

Hírsatorna

A MAGYAR VÍZ- ÉS SZENNYVÍZTECHNIKAI SZÖVETSÉG LAPJA

2024/2. szám



**A VIZNEK ÉRTÉKE VAN!
ÉS ÁRA?**

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: Rózsa Bálint (főtitkár)

Főszerkesztő: Papp Mária

Szerkesztő: Göttlinger Dóra

Fordítások: Rózsa Bálint

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
SZAKMAI - TUDOMÁNYOS ROVAT	
Agglomerációs vízválság Budapest térségében	5
A piliscsabai szennyvíztisztító telep bővítése az üzemem kívüli műtárgyblokk felhasználásával - <i>Boda János - Mélyépterv Komplex Zrt., Serény József - Envirosys Kft.</i>	15
Antibiotikum apokalipszis: ami igazán Értelmet ad a negyedik fokozatnak a szennyvíztisztításban - <i>Bezsényi Anikó, Nagy-Mezei Csenge, Gyarmati Imre1, Makó Magdolna</i>	28
Gyógyszerhatóanyagok eltávolíthatósága kommunális szennyvíztisztító telepen: mit nyújt a meglévő technológia negyedik tisztítási fokozat nélkül?	40
<i>Nagy-Mezei Csenge, Bezsényi Anikó, Gyarmati Imre, Makó Magdolna, Kardos Levente</i>	
A hévizi-tó vízméregének, hőháztartásának és víz-levegő határfelületi cserefolyamatainak együttes vizsgálata	53
Budapesti csapadékvíz tározó öntözési célú hatékonyságának értékelése a zöldfelületek öntözési vízigényének tükrében	66
<i>Szentirmai Piroska, Ács Tamás, Decsi Bence, Horváth-Varga Laura</i>	
Költségek helyett értékteremtés rövid szakaszú csőrekonstrukciók választásával	78
<i>Vojtilla László - tanácsadó</i>	
Működési bevételek szerepe a vízügyi állami szervezetek gazdálkodásában	82
<i>Pesala Antal FETIVIZIG</i>	
ÁGAZATI HÍREK	
Pureco a "Környezet Védelméért"	86
Gratulálunk!	87
A jövő nagy feladatai...	89
A Magyar Hidrológiai Társaság XLI. Országos Vándorgyűlése Szolnok, 2024. július 3. és 5. között	91
Környezetmérnök Szakmai Nap a Magyar Víz – és Szennyvíztechnika Szövetséggel és a Környezetvédelmi Szolgáltatók és Gyártók Szövetségével közös szervezésben az Óbudai Egyetem Rejtő Karán	92
IWA 14. Szakkonferencia a nagy szennyvíztisztító telepek tervezéséről, üzemeltetéséről és gazdaságosságáról, Budapest 2024	95
Szükséges új kompetenciák – felmérés	96
Események a Szövetség szervezésében, vagy részvételével 2024 április-június	97
Óveges József technikum látogatása az érdi szennyvíztelepen	99
NEMZETKÖZI KITEKINTÉS	
Decentralizált vízügyi infrastruktúra a fenntarthatóság elérése és az ellenálló képesség kiépítése érdekében - <i>(Pradip P. Kalbar; Shweta Lokhande)</i>	102
Az időzített csapadék- és folyóvízhozam adatok gépi tanulási modellekbe történő integrálásának módszertana a tisztítóművet ellátó nyersvíz minőségi paramétereinek előrejelzésének javítása érdekében - <i>(Pradip P. Kalbar; Shweta Lokhande)</i>	103
Mesterséges intelligencia alapú intelligens vízgazdálkodási rendszerek terjedésének vizsgálata - <i>(Padam Jee Omar; Pankaj Gupta; Qi Wang)</i>	104
A települési szennyvíz térbeli és időbeli változékonysága a csatornahálózatban	106
AI-alapú segédrendszerek a szennyvíziparban	107
A HWP hazai és nemzetközi eseményei - 2024 március-április-május	108
TÖRTÉNETI VISSZATEKINTÉS	
A Megújuló energiák... - Dr Juhász Endre CSc.	110
KÉPZÉSI AJÁNLÓ - ESEMÉNYEK	
Az Óbudai Egyetem hirdeteménye	125
Pótfelvételi a Nemzetközi Közszolgálati Egyetemen: nemzetközi vízpolitikai és vízdiplomáciai szakértő mesterképzés	126

BEKÖSZÖNTŐ

KEDVES OLVASÓK!



A most megjelenő Hírcsatorna címe „**A víznek értéke van! És ára?**”

Nem véletlenül!

Napjainkban egyre inkább előtérbe kerül az agglomeráció

ós vízválság kérdése, mely érinti a lakosságot, az önkormányzatokat, vízi közmű társaságokat és **nem utolsó sorban a kormányokat.**

Cél az egészséges vízellátás biztosítása, a szennyvizek elvezetése, tisztítása.

Ehhez szükséges, hogy a legfontosabb természeti kincsünk: a víz, rendelkezésre álljon és jusson pénz arra, hogy a felhasználókhöz elérjen. A bevezető cikk arról szól, hogy „**a víz önmagában alapvető szükséglet, de a víz konkrét felhasználása megváltoztatja** annak gazdasági besorolását”.

A magyarországi vizes-szennyvizes műtárgyak átfogó rekonstrukciója a jövőben elkerülhetetlen lesz és az **„üzemen kívüli műtárgyak további felhasználása”** jó példa arra, hogyan lehet hasznosítani a „régit” a szennyvíztisztító telepek bővítése során.

Továbbra is fontos téma a szennyvíztisztítás negyedik fokozata, különösen a gyógyszerfogyasztásunk tükrében.

A következő három cikkben a 2024.évi Dulovics Szimpózium három díjazott dolgozatát olvashatjuk.

Ezúton is gratulálunk a Szerzőknek.

Folytatva azt a gondolatot, hogy az anyagi forrásokban szegényes időszakban felértékelődnek az **„önköltség csökkentő beruházások”,** a teljesség igénye nélkül találunk példákat a csőrekonstrukció területén.

A vízügyi állami szervek **elsődlegesen közfeladatokat látnak** el a vízkinccs megőrzése érdekében, ebből adódóan finanszírozásuk állami költségvetésből történik. Sajnos a működésük fenntartásához szükséges, egyéb tevékenység folytatása is, ami időnként összeférhetetlenségi kérdéseket is felvet.

Az Ágazati és Nemzetközi hírek rovatunk is gazdag kínálattal jelentkezik

- MHT Vitális díj

- 2023. évi Környezeti Díj

- IWA Konferencia Budapest-szeptember

- IFAT- München –kiállítói részvétel

Befejezésként a mindig aktuális téma **„mit nevezünk megújuló energiának?”**

Reméljük ezzel a számunkkal is sikerült érdekes szakmai információkat összegyűjteni az Olvasóink számára.

Mindenkinek kellemes pihenést és nyaralást kívánok a Szerkesztő Bizottság nevében.

Dr. Papp Mária
főszerkesztő

AGGLOMERÁCIÓS VÍZVÁLSÁG BUDAPEST TÉRSÉGÉBEN

Az agglomerációs vízfogyasztást befolyásoló legfontosabb tényezők meghatározása

Gönczi Gábor Fővárosi Vízművek Zrt.

PROBLÉMA MEGHATÁROZÁSA

Budapest lakossága 1,6 millió fő, agglomerációval együtt 2,5 millió fő. Az elmúlt 10 évben az agglomeráció lakossága 10%-al növekedett, amíg Budapest lakossága csökkent. Ez gyors populáció változás nagy igénybevételt okozott az agglomerációs infrastruktúrára, beleértve a közműveket. A vízi-közműrendszer ezen idő alatt nem alkalmazkodott ezekhez az új vízigény-eloszlásokhoz, hiszen az utolsó nagy közműfejlesztés a 70-es években zajlott le.

A kialakult helyzet magában hordozta az ellátási probléma kialakulását. 2022 nyarán Solyvár ivóvízellátó rendszere túlterhelődött a nyári hőségben, az agglomerációs város bizonyos területén vízhiány alakult ki. Ez a válsághelyzet nem elszigetelt probléma egyetlen agglomerációs város számára, hanem általános aggodalomra ad okot a nyári hőség hullámok idején, amikor a vízfogyasztás a csúcson van. Ennek oka, hogy a budapesti agglomerációs területek a vízellátási láncnak a végén találhatóak, gyakran kis átmérőjű és kis kapacitású vezeték(ek)kel kapcsolódnak a budapesti vagy más regionális vízhozóhoz.

Az agglomeráció népességnövekedést több tényező is fokozza, mint például a térség társadalmi átalakulása, ahol a városközpontból az agglomerációba költöznek, amihez a kormány állami támogatású lakáshitelei is

hozzájárulnak. Továbbá az egyedülálló rezsi árpolitika is ennek környezetnek a jellemzője, ahol a vízdíjak 2012-ben rögzítésre kerültek, ami jelentősen befolyásolja a fogyasztói viselkedést. Végül a jövőben a globális felmelegedés csak fokozza ezeknek a hőhullám-jelenségeknek a gyakoriságát és mértékét és változtatások nélkül több ivóvíz-ellátási probléma fog jelentkezni az agglomerációs térségben.

KUTATÁSI CÉLJA

Az agglomerációs vízváltás négy fő csoportot érintenek: önkormányzatok, víziközmű társaságok, háztartások, kormány. Mindegyik csoportnak ugyanaz az elsődleges célja, hogy az agglomerációs területen biztosítsa a zavartalan ivóvízellátást, de megvalósítási módszerük eltérőek. A probléma okait is az egyes érintettek eltérően értelmezik, ez a probléma összetettségéből adódik, hiszen technikai, társadalmi és jogi vonatkozásai is vannak. Jelen kutatás célja meghatározni azokat a kulcstényezőket, amelyek befolyásolják az agglomerációs vízváltást.

FOGYASZTÓI SZOKÁSOK

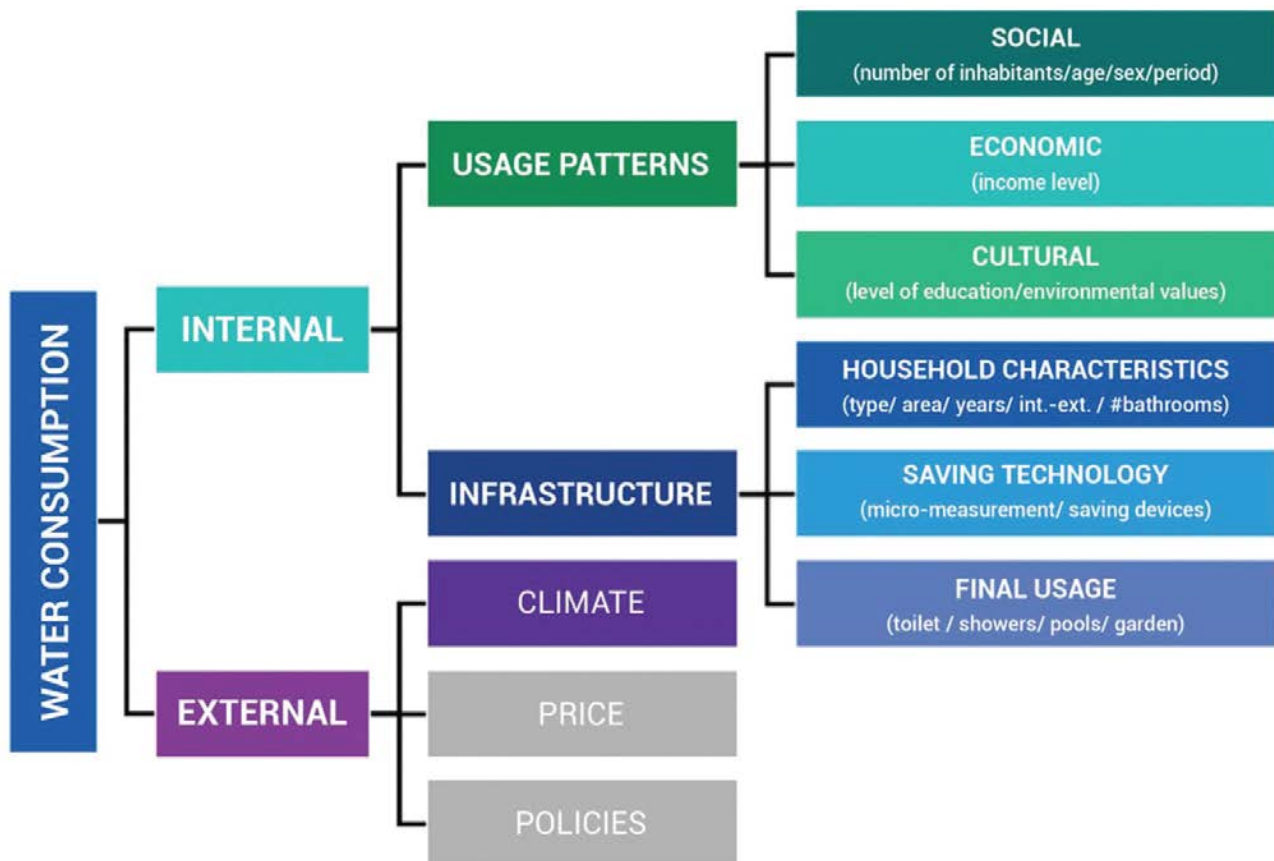
A kialakult válsághelyzet megértéséhez a fogyasztói szokások elemzése szükséges. A fogyasztói szokások elmélete a pszichológiát és a közgazdaságtant magában foglaló komplex tudományterület. Az ivóvíz a fogyasztási

cikkek egy speciális fajtája, amelyet alapvető vagy szükségleti áruként definiálhatunk. A víz önmagában alapvető szükséglet, de a víz konkrét felhasználása megváltoztathatja annak gazdasági besorolását. Az ivóvíz nemcsak a fiziológiai és biztonsági szükségleteket elégíti, hanem közvetve a magasabb hierarchikus rend elemei is vízfogyasztást generálnak (Maslow, 1943).

A tervezett viselkedés elméletesen az egyéni viselkedési szándékokat három tényező befolyásolja. Az első tényező a viselkedéshez való hozzáállás. A vízfogyasztásról kapcsolatban ez magyarázható például az emberek víztakarékossági attitűdjével, például azzal, hogy környezetvédelmi okokból vagy költségmegtakarítás miatt fontosnak tartják, ez befolyásolhatja víztakarékossági

szándékukat. A második befolyásoló tényező a szubjektív norma, amely akkor következik be, amikor az egyén nyomást érez környezetétől egy bizonyos viselkedés végrehajtására. A vízfogyasztásra példa lehet, ha az egyén azt látja, hogy környezete, barátja, családja takarékoskodni kezd a vízzel, akkor ő maga is bátorítást kaphat a víztakarékosságra. A harmadik tényező az észlelt viselkedéskontroll mértéke, amely az adott viselkedés nehézségéről alkotott elfogult vélemény. Ezen összetett viselkedést befolyásoló tényezők alapvetően határozzák meg az emberek vízfogyasztásának mértékét (AJZEN, 1991).

A vízdíjak 2012-befagyasztása a fogyasztói szokásokat nagymértékben befolyásolhatja. A háztartások bevétele nőtt, az ivóvíz ára arányosan olcsóbb lett. Ez jelentősen



1.ábra: Vízfogyasztást befolyásoló tényezők (Daniel R. Rondinel-Oviedo, 2020, p. 3)

befolyásolta az ivóvíz kereslet jövedelem rugalmasságát, ami azt vizsgálja, hogy a keresett mennyiség, esetünkben az ivóvíz értékesített mennyisége hogyan változik a fogyasztói jövedelem változásával. Egy felett luxuscikkekről beszélhetünk, nulla és egy között normál javak találhatóak nullához közeli értékek az alapvető szükségletekre jellemző és negatív értékeknél fordított arányosság áll fent a fogyasztói jövedelem és a keresett mennyiség között. Az agglomerációk esetében ez azért 0,5 feletti, ami a vízfogyasztási szokások átalakulását jelenti.

A kutatás alapja annak megértése, hogy mi befolyásolhatja a háztartási vízfogyasztást. Az ivóvíz fogyasztás több elemből áll, az emberi fogyasztás a háztartási vízfogyasztás legkisebb hányadát teszi ki. A fogyasztás nagy részét az egyéb napi tevékenységek, mint a mosakodás, zuhanyozás stb. Az alábbi ábrán látható, hogy mi befolyásolja leginkább a fogyasztói szokásokat.

Két fő tényezőt különböztethetünk meg, a belső és a külső tényezőket. A belső tényezők közé tartoznak a fogyasztói minták szokások és az infrastruktúra típusa. A külső befolyásoló tényezőkhöz tartozik a klíma, a víz ára és a vonatkozó törvények, rendelkezések és vízfogyasztást befolyásolni célzó kampányok.

TÁRSADALMI ÉS URBANIZÁCIÓS VÁLTOZÁSOK

A kialakult agglomerációs vízváltás tanulmányozásához át kell tekinteni a térség társadalmi és urbanizációs változásait is. Az urbanizáció szó a következőt jelenti: a népesség vidéki területekről városi területekre vándorol, ami a városi népesség növekedését és a vidéki lakosság számának csökkenését okozza.

Budapestre Ernest Burgess koncentrikus zóna modelljéhez hasonlítható leginkább, amely elméleti keretet ír le a városok növekedésére és a városok földhasználati mintáira. A koncentrikus zóna modellje alkalmazható Budapest történelmi városfejlődésére. Az első zóna e modell szerint a központi üzleti negyed. Ez a terület a város központi történelmi csomópontjaként szolgál, itt összpontosul a kereskedelmi és adminisztratív tevékenység. A második zóna az átmeneti zóna, amely vegyes területhasználatból áll, beleértve a lakossági és kereskedelmi tevékenységeket is. A következő zóna a Working-Class zóna, ahol megfizethető lakások találhatóak és ipari tevékenység is jelen van. A negyedik zóna a Lakossági zóna, amely tágasabb ingatlanokból áll. Általában közép- és felső-középosztálybeli lakosok települnek ide, elválasztva magukat az ipari területektől. Az utolsó zóna az ingázó zóna, ahol gazdagabb, magasabb jövedelmű lakosok élnek egy külvárosi területen, nagyobb otthonokkal és zöldebb környezettel. A vízellátó rendszer a város ilyen struktúrájához került kifejlesztésre (Burgess, 1925).

Az agglomeráció terjeszkedése és lakosság számának növekedése a szuburbanizáció következménye, ami az urbanizációs elmélet része. A szuburbanizáció során az emberek, a gazdasági tevékenységek és iparágak a városi központokból az agglomerációba költöznek. Ez a jelenség az urbanizált terület bővüléséhez és a népsűrűség csökkenéséhez vezet. A jelenség nem csak Budapesten figyelhető meg, a világon városi népsűrűség mindenhol csökken, és a városi terület kiterjedése gyorsabban nő, mint a városi lakosság száma. A modellek előrejelzése szerint a városi területeken évi két százalékos népesség sűrűségcsökkenés várható (Angel, 2012).

Magyarország lakosságának 65 százaléka, 6,3 millió ember él városokban és azok agglomerációs területein. Budapest lakossága a 90-es évekhez képest 300 ezerrel csökkent, ez a csökkenés több, mint a többi régióközpont népességvesztesége, ahol átlagosan 200 ezres a népességfogyás. A szuburbanizációs tendencia tovább folytatódik, ha nem tesznek lépéseket ennek megállítására. Az agglomerációs városok és falvak népességnövekedése fokozott környezetterhelést jelent, csökken a zöldfelületek aránya.

Az agglomerációba vándorlást Budapest esetében három tényező befolyásolja: az életminőség, a lakhatás és a közlekedés ára. Az agglomeráció ingatlanárai alacsonyabbak Budapest árainál. Továbbá új ingatlanfejlesztések a ránya is magasabb az agglomerációban, ahol lakásállomány 9%-a újult meg még Budapesten ez az érték csak 5%. A turisztikai ágazat a rövid távú lakásbérlettel emelte az ingatlanárakat, ahol a befektetők a város kiemelt területein vásárolnak ingatlanokat az Airbnb számára. 2022-ben Budapest összes lakásának 17,7%-a (170 ezer) áll üresen a nem megfelelően szabályozott lakásbérlet rendszer miatt.

A munkavállalói szokások változása is hozzájárult az agglomeráció népszerűségéhez. A koronavírus által felgyorsított új irodai munkakultúra is jelentősen befolyásolja az agglomeráció népszerűségét. A home office-t jóval a világjárvány előtt elkezdték használni, de a vírus gyorsító hatással volt a home office terjedésére és népszerűségére. Ebben az új rendszerben a munkahét egy része home office-ból is elvégezhető, így a cégeknek kisebb méretű irodája lehet, és a munkavállaló akár a hosszabb ingázási időt is elfogadja az agglomerációból.

VÁROS- ÉS KÖZMŰGAZDÁLKODÁS

A modern technológiákkal megjelent a Smart City koncepció, ahol a hagyományos hálózatokat és szolgáltatásokat digitális megoldások felhasználásával hatékonyabbá teszik a lakosság és az üzleti élet javára. A várostervezés átalakulása visszatükröződik a közműgazdálkodás általános elveiben is, ahol elsődleges szempont a termékminőség (ivóvízbiztonság) és a vevői elégedettség, majd ezt követik a vállalat optimális működésével és a fenntarthatóságra vonatkozó irányelvek. A modern közműcég ezekkel a modern elvekkel tudja hatékonyan integrálni a tevékenységét a Smart City koncepciójába.

A modern vízgazdálkodási irányzatok eltávolodnak a hagyományos központosított vízgazdálkodási megközelítéstől és holisztikus nézetet alkotnak a gazdálkodási rendszerről. A megfelelő vízgazdálkodás érdekében a víz körforgásának nagy részét le kell fedni, több érdekelt fél bevonásával. A vízgazdálkodásnak ezt az új holisztikus megközelítést „Water Sensitive Cities-nek” nevezik. Víz-érzékeny városoknak három fő pillérüknek kell lenniük: 1, A városoknak vízgyűjtőknek kell lenniük, vagyis több vízforrással kell rendelkezniük, ezt modern központi irányítású és decentralizált infrastruktúrával lehet megvalósítani. 2, A városoknak ökoszisztéma-szolgáltatásokat kell nyújtaniuk a természetes és mesterséges környezet fenntartása és védelme érdekében. 3, A városoknak víz érzékeny közösségekből kell összetevődni, ahol az emberek tudatos vízhasználók és a város vezetése a fenntarthatóságra helyezi a hangsúlyt. Ennek az irányítási módszernek a valós alkalmazása megmutatta, hogy ugyanazon szervezeten belül, különböző területek együttműködésével nehézségek is adódhatnak. Az összes

gazdálkodási folyamat tökéletes integrációja lehetetlen lesz, de a holisztikus megközelítés és néhány kulcsfontosságú terület integrálása hatékonyabb vízgazdálkodási rendszert eredményez. A korábbi vízgazdálkodási módszereket nagyrészt a mérnöki terület irányítja és ellenőrzi. A Water Sensitive City menedzsment megközelítését viszont egy interdiszciplináris csapat irányítja. A társadalomtudományok ennek az új vízgazdálkodási rendszernek elengedhetetlen részei lesznek, mivel megérthetik, hogyan viszonyulnak és reagálnak az emberek és a társadalmak a modern kor kihívásaihoz (Younos & Parece, 2016).

KLÍMAVÁLTOZÁS

A klímaváltozás alapvető szerepet játszik Budapest agglomerációs vízválságában. A 2022-es vízhiányos esetek mind a nyári hőség hullámok idején fordultak elő, amikor az emberek az általuk tapasztalt extrém hőség miatt több vizet fogyasztottak. Az aszály egy másik környezeti jelenség, amely veszélyezteti a vízforrások mennyiségét és minőségét. Másrészt a vízhez való hozzáférés árvizek formájában is veszélyes lehet a vízforrások elszennyeződése és az infrastruktúra károsodása miatt. A hőmérséklet éves és szezonális átlag emelkedése a közeljövőben 1,1°C és 1,5°C, hosszú távon pedig 3,6°C és 4,7°C prognosztizálható. Az éves csapadékmennyiség a teljes vízgyűjtőre átlagolva változatlan marad, de a medence északi több, míg a déli része kevesebb csapadékot kap. Jelentős változás várható a szezonális csapadékeloszlásban is. A nyári hónapok 58%-kal lesznek szárazabbak, a téli hónapok csapadéka pedig 34%-kal nő. A szélsőséges időjárás fokozódása várható, ami intenzívebb és gyakoribb nyári hőhullámokat, csapadékot jelent (Roswitha Stolz,

2018). Az EU Duna Régió Stratégiája (EUSDR) többek közt hivatott arra, hogy a klímaváltozás okozta régiós problémákra megoldást találjon. Irányelvei a Nemzeti Vízstratégiába a Kvassay Jenő tervbe is bekerültek és az uniós stratégiák általános elképzeléseit valósítja meg. Fő fókusza az árvíz- és aszályszabályozás, valamint a vízkészlet-gazdálkodás. Ez az új nemzeti vízstratégia jó lépés az éghajlatváltozás hatásai elleni küzdelem felé, de még mindig nem egy teljes terv, mivel nem kezeli megfelelően a bevezetőben bemutatott víziközmű-szektor problémáit.

VIZSGÁLAT MÓDSZERTANA

Három alapvető tudományág, a mérnöki, társadalom- és gazdaságtudományi folyamatok befolyásolják a kialakult agglomerációs vízválságot. A helyi sajátosságok, mint a társadalmi elrendezés vagy a városi terület alkalmazott gazdálkodási típusa és működési környezete korlátozni fogják az általános irányelvek és elméletek alkalmazását. Az objektív vizsgálathozátfogó kvantitatív vizsgálati módszerre van szükség, ami a lehető legtöbb a fentebb leírt területre terjed ki.

Számos kvantitatív kutatási módszer létezik, és a témának megfelelő módszer kiválasztása a kutatás alapvető kiindulópontja. Ennek megvalósításához kiválasztási kritériumrendszerre van szükség. Mindenekelőtt meg kell határozni elsődleges változókat, amely kutatásunk fókuszában áll. Az agglomerációs vízválságok sokféle változóval jellemezhetők, de a legtriviálisabb és legfontosabb, ami a vízhiányt mutatja, a vízfogyasztás. Az összes többi változót függetlennek tekintjük, amely valamilyen hatással van a vízfogyasztásra. A kiválasztott kvantitatív kutatási módszereknek ezt az összefüggést kell azonosítani és számszerűsíteni.

A módszernek tartalmaznia kell egy változó redukciós technikát is a nagy mennyiségű változó miatt. Ezért a választott módszernek többváltozós elemzésnek kell lennie, ahol több változó elemzése is lehetséges egy kapcsolathalmazban (Hair, Black, Babin, & Anderson, 2010).

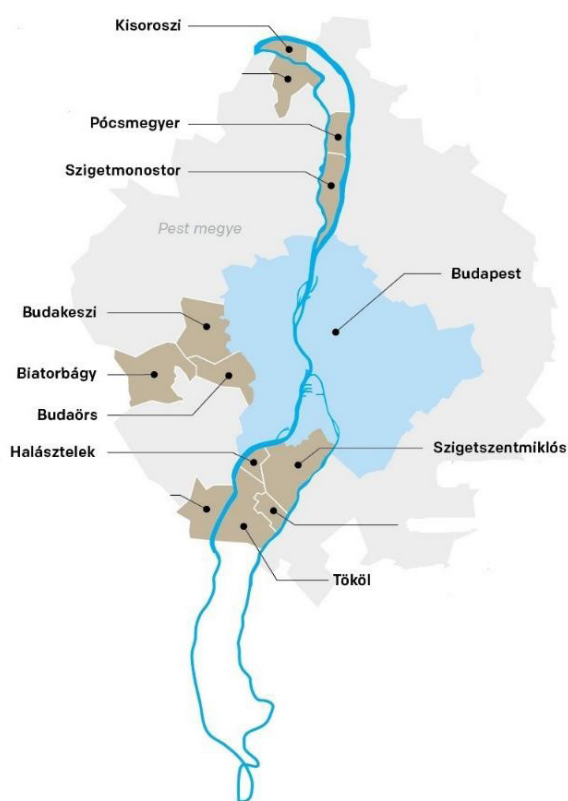
A szempontok alapján a kiválasztott vizsgálati módszer a főkomponens-analízis és a többszörös regressziós analízis. A főkomponens-analízis (PCA) egy többváltozós statisztikai eljárás. Központi gondolata, hogy csökkentse a nagyszámú, egymással összefüggő változóból álló adatkészlet dimenzióit, miközben a lehető legtöbbet megtartja az adatkészletben jelen lévő varianciából (Jolliffe, 2010). Többszörös regressziós analízis (MRA) vizsgálati módszer egy függő változó és több független változó közötti kapcsolatot elemzi. A független változók az előző PCA elemzés által meghatározott főkomponensek. Az MRA csak eszközként szolgál annak meghatározására, hogy ezek az összetevők milyen hatással vannak a vízfogyasztásra (Hair, Black, Babin, & Anderson, 2010).

A kutatás optimalizálása érdekében csak a szükséges másodlagos adatokat gyűjtjük össze, ez az adatok kategorizálásával történik. A vízfogyasztást befolyásoló adatok első

nagy kategóriája a társadalmi-gazdasági adatok. Ez az adattípus olyan gazdasági adatokat tartalmaz, mint a háztartások átlagjövedelme, különböző iparágak adatai, népességi adatok stb. A másik adatkategória, amely befolyásolja a vízfogyasztást, a klímaadatok. Ehhez a kutatáshoz csak társadalmi-gazdasági és éghajlati adatokat gyűjtünk, mivel ezek lefedik a legtöbb olyan változót, amelyek jelentős hatással lehetnek a vízfogyasztásra. A társadalmi-gazdasági adatok általában éves átlagok; két hónap között nincs lényeges változás. Az éghajlati adatok viszont a négy évszaktól álló regionális kontinentális éghajlat miatt a havi átlagokban is drasztikusan változnak. Itt ismét vissza kell térnünk elsődleges célunkhoz, hogy meghatározzuk azokat a mögöttes hatásokat, amelyek hosszú távon befolyásolják az agglomerációs vízfogyasztást, és amelyek az agglomerációs vízhiányt okozták. Célunk eléréséhez elegendő a klímaadatok éves átlagainak összegyűjtése (Gledsneli M.L. Lins, 2010). A kutatás célja a vízfogyasztás hosszú távú változásának elemzése, nem pedig az éves csúcspont vizsgálat. Az éves adatok elemzéséhez tíz év szükséges, ezért az adatgyűjtés 2013-tól történt. A kutatáshoz kiválasztott másodlagos adatokat az alábbi táblázat mutatja be.

	Név	Dimenzió
Társadalmi-gazdasági változók	Vízfogyasztás	m ³
	Lakosság szám	
	Építőipar	MFt/év
	Állami támogatású lakáshitel	MFt/év
	Átlagos havi jövedelem	Ft/hónap
Éghajlati változók	Éves átlaghőmérséklet	°C
	25 °C feletti meleg napok száma	
	Csapadék mennyiség	mm

1. táblázat: Vizsgálathoz használt másodlagos adatok

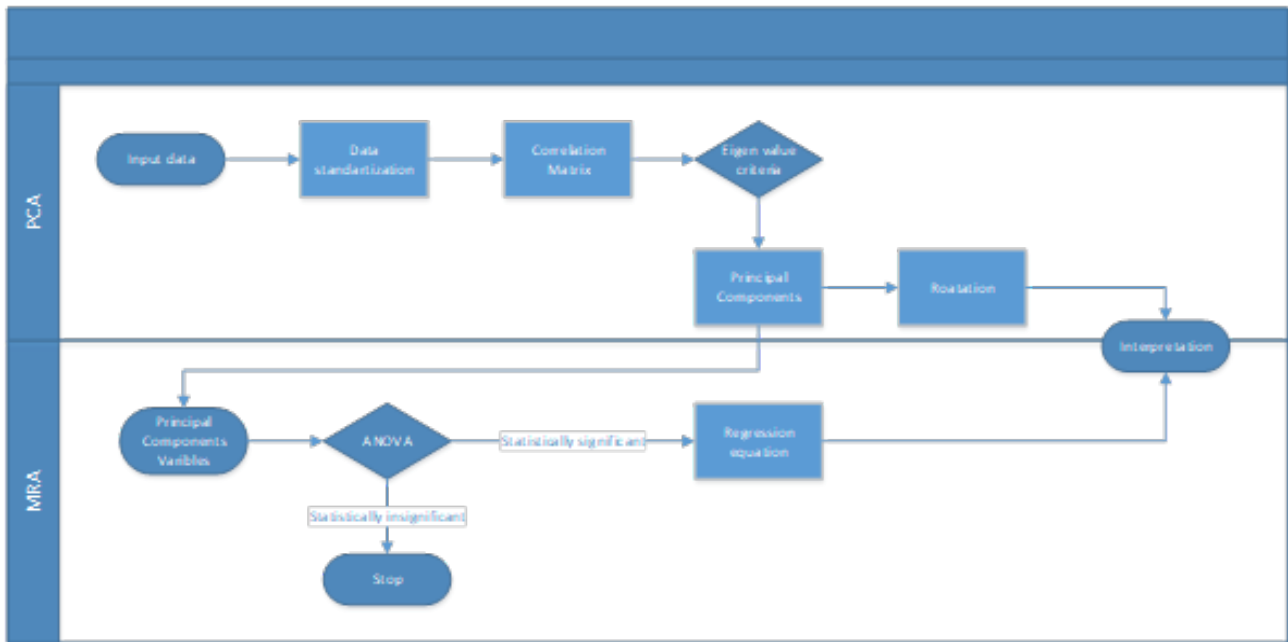


2. ábra: Vizsgált agglomerációs települések

A kutatás tárgyául szolgáló kiválasztott tizenegy agglomerációs várost és községet a Fővárosi Vízművek üzemelteti. Méretük 1011 és 40560 fő között változik. Három területen található, Budapesttől északra, főként a Szentendrei-szigeten, Budapesttől nyugatra és a fővárostól délre.

A főkomponens-analízis első lépéseként az adatok standardizálására kerül sor Z-score normalizálással, ami során ki kell számítani az adott változó középértékét, majd a szórást is. Az egyes adatpontok standardizált értékének megszerzéséhez az eredeti változóból ki kell vonni a középértéket, majd el kell osztani a szórással. Ezáltal az eltérő mértékegységű adatok összevethetőek. A következő lépés a korrelációs mátrix létrehozása. A korrelációs

mátrix a főkomponens-elemzés alapvető kiinduló eleme. Megmutatja az adatkészlet változói közötti kapcsolatot. Egytől mínusz egyig terjed. A pozitív értékek pozitív korrelációt jeleznek a változók között; együtt szoktak növekedni vagy csökkenni. Negatív korreláció esetén az egyik változó növekszik, ahogy a másik csökken. Minél közelebb van az érték plusz vagy mínusz egyhez, annál erősebb a korreláció. A korrelációs mátrix segít azonosítani a mintákat és a redundanciákat az adatokban. A PCA elemzi ezt a mátrixot, hogy meghatározza a főkomponenseket az Eigen kritérium segítségével. A főkomponens-analízissel azonosítottuk a szórások többségéért felelős komponenseket, de további elemzésre van szükség annak megértéséhez, hogy ezek a főkomponensek milyen hatással vannak a vízfogyasztásra. A többszörös regressziós elemzés (MRA) a kutatás utolsó lépése. Az MRA-ban van egy függő változó, esetünkben a vízfogyasztás és a független változók, esetünkben az előző PCA analízisben azonosított főkomponensek. Az MRA célja a függő és a független változók közötti kapcsolat vizsgálata és a függő változó előrejelzése. Ebben a kutatásban a vízfogyasztás és a főkomponensek kapcsolatának vizsgálata áll a középpontban, előrejelzés nem készül, mivel nem ez a kutatás célja. Minden független változót a regressziós analízis súlyoz, a súlyok a független változó relatív hozzájárulását jelzik a függő változó összértékéhez, megkönnyítve az értelmezést. A független változók közötti korreláció alkotja a regressziós egyenletet, a független változók lineáris kombinációját, amely a legjobban leírja a függő változót (Hair, Black, Babin, & Anderson, 2010).

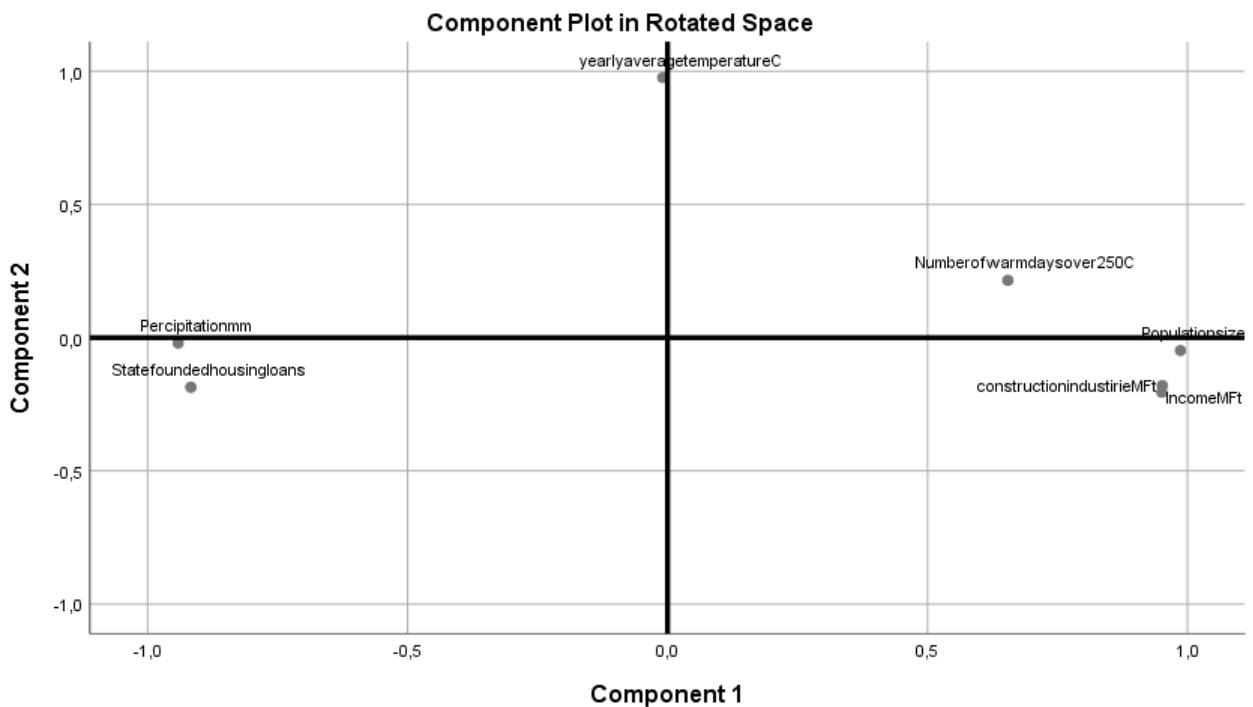


3. ábra: A vizsgálat módszertana

VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK

A végrehajtott főkomponens analízis két olyan domináns komponenst mutatott ki, amelyek az adatsor varianciájának több mint 84%-át magyarázzák. A két azonosított komponens

közül az 1. komponensnek van a nagyobb jelentősége, evvel a komponenssel önmagában több mint 65%-os variancia magyarázható. Az esetek többsége hasonló mintákat mutatott.



4. ábra: Két fő komponenst leíró változók Biatorbágy esetén

A szocioökonómiai változók (jövedelem, népességnagyság, szűkületi ágazat) pozitív terhelést adnak az első komponensre, míg a csapadék és az állami alapítású lakáshitel negatívan terheli ezt a komponenst. Az első komponens leginkább társadalmi-gazdasági változókból áll, de jelen vannak környezeti változók is. A második komponens egy környezeti változó, az éves átlaghőmérséklet terheli. A többszörös regresszió analízissel generált lineáris regressziós egyenlet a vízfogyasztás lineáris regressziós modelljének tekinthető. Itt is megfigyelhető egy mintázat, hogy az első komponens nagyobb mértékben befolyásolja a függő változót, esetünkben a vízfogyasztást a nem standardizált együtthatók szerint. Ez a mintázat nem olyan erős, mint a korábban megfigyelt PCA mintázat, egyes agglomerációs településeken mindkét komponens nagy hatással van a vízfogyasztásra.

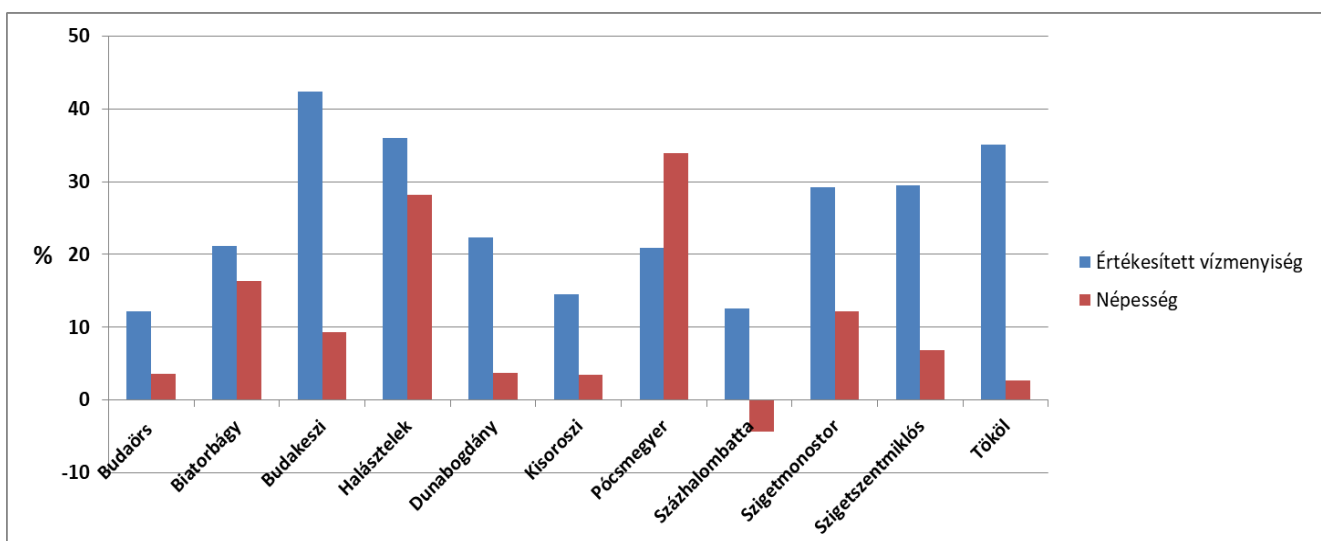
$$Y = 2e - 10 + 0,932X_1 - 0,242X_2$$

1. Egyenlet: Biatorbágy vízfogyasztása az első és második főkomponens függvényében

KONKLÚZIÓ

A PCA és az MRA elemzési eredménye megerősíti, hogy Budapest térségében az agglomerációs vízfogyasztás összetett változó, amelyre több összetevő is hatással van. Tévesnek bizonyult a hipotézis, miszerint a népességváltozás a kulcs és legfontosabb változó, amely befolyásolja a vízfogyasztást. A lakosságszám és a vízfogyasztás között nincs közvetlen lineáris kapcsolat.

A kutatás lezárásaként és a kutatási kérdés megválaszolásaként: „Melyek azok a kulcs-tényezők, amelyek befolyásolják az agglomerációs vízváltást?” megállapíthatjuk, hogy ezt a „váltást” több tényező okozza. A PCA és MRA elemzés meghatározta azokat a legfontosabb társadalmi-gazdasági változókat, amelyek magát a vízfogyasztást befolyásolják. Bebizonyosodott, hogy a vízfogyasztás mesterségesen szabályozott környezete fogyasztói magatartásváltozást okozott. A vízgazdálkodás hiányosságai megakadályozták az agglomeráció vízellátási problémájának elhárítását, megelőző intézkedés nem volt végrehajtható.



5. ábra: Értékesített vízmennyiség változása és a népességszám változása az elmúlt 10 évben

A jövőben a döntéshozóknak több társadalmi-gazdasági változót is figyelembe kell venniük a várható vízfogyasztás elemzésekor és

meghatározásakor. Továbbá fenntartható vízfogyasztás fogalmát újra meg kell ismertetni a lakossággal.

A SZERZŐRŐL:



Gönczi Gábor 2008 óta dolgozik a Fővárosi Vízműveknél gépészmérnökként. Műszaki tanulmányait a Budapesti Műszaki Egyetemen végezte. Áramlástanai modellezéssel, ezen belül a három dimenziós műtárgyvizsgálatokkal, gépház és víztároló optimalizálással, többfázisú áramlások modellezésével és hálózat hidraulikai modellezéssel foglalkozik. Több kutatás fejlesztési projektben vett részt. 2021-2023 között a FH Campus Wien Alkalmazott Tudományok Egyetemén végzett mesterképzést, Nemzetközi Kapcsolatok és Várospolitikai szakirányon. Mostani cikke az egyetemi képzése során végzett kutatómunkáin alapul.

▶ IRODALOMJEGYZÉK



A PILISCSABAI SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEP BŐVÍTÉSE AZ ÜZEMEN KÍVÜLI MŰTÁRGYBLOKK FELHASZNÁLÁSÁVAL

Boda János

Mélyépterv Komplex Zrt.

Serény József

Envirosys Kft.

Elkészült és 2024. március 20.-án sikeres beüzemeléssel zárult a KEHOP- 2.2.2-15-2023-00186 azonosítós számú „Piliscsaba szennyvíztisztító telep bővítése” megnevezésű Projekt, melynek eredményeképpen megszűnt a tisztítótelep esetenkénti túlterhelése és lehetővé vált a csatornahálózat fejlesztése. A bővítés terveit a Mélyépterv Komplex Zrt. készítette az Envirosys Kft. közreműködésével.

A megrendelő Piliscsaba város önkormányzata, a Kivitelező az ÁVM Általános Vállalkozási Műhely Kft, a Mérnök az Eccober Mélyépítési – és Környezetvédelmi Mérnöki Vállalkozási Iroda volt.

A Próbaüzemi feladatokat a DMRV Duna Menti Regionális Vízmű Zrt. munkatársai látták el a tervezők irányításával.

A SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEP BŐVÍTÉSÉNEK ÁLTALÁNOS LEÍRÁSA

Piliscsaba szennyvíztisztító telepét korábban a KEOP-1.2.0 IB-10-2010-0020 azonosító számú projekt keretében a 2010-es évek közepén bővítették. A bővítés során a túlterhelt, nem megfelelő hatásfokkal üzemelő teleprész létesítményeit üzemem kívül helyezték, helyettük egy új BioCos technológiájú teleprészt építettek, mechanikai előtisztítással, tápanyag eltávolításos eleveniszapos biológiai

tisztítással, fertőtlenítéssel, a tisztított víz befogadóba vezetésével, iszapsűrítéssel és víztelenítéssel, a szippantott szennyvizek fogadásával, a telepi közművek, az energiaellátás és az irányítástechnika szükség szerinti fejlesztésével.

Az 1300 m³/d hidraulikai és 10833 LE BioCos SBR biológiai kapacitású új teleprész terhelése időnként meghaladja a tervezett értékeket, a kapacitását a település fejlesztési igényeinek megfelelően növelni kellett. Ez az üzemem kívüli biológiai műtárgyblokknak és fűvógépháznak a felhasználásával volt lehetséges, figyelemmel a pénzügyi és határidős feltételeknek való megfelelésre.

A bővítés mértéke a rendelkezésre álló reaktorterek figyelembevételével 650 m³ /d és 5416 LE lehet, így a két teleprész együttes hidraulikai kapacitása 1950 m³ /d-re, a biológiai pedig 16 249 LE-re volt emelhető.

A szennyvíz megosztva kerül feladásra a BioCos műtárgyas teleprész és az újonnan üzembehelyezett rács és homokfogóval kiegészített műtárgyblokk között úgy, hogy az utóbbira jutó szennyvízmennyiség 650 m³ /d legyen. Ennek megvalósítására a szennyvíz betápláló vezetékbe indukciós mérő és szabályozó szerelvény került beépítésre.

A rács és homokfogóval előtisztított szennyvíz kétfelé osztva a kétsoros biológiai műtárgyblokkba folyik. A. korábbiakban

anaerob, a továbbiakban előanoxikus terület követő anoxikus, aerob és utóanoxikus reaktorterek, valamint az utóülepítők funkciója nem változott.

Az utóülepítőkből elfolyó tisztított szennyvíz elvezetésére fogazott bukóvályúk kerültek beépítésre. A vályúkból a vizet a meglévő fertőtlenítő medencén keresztül, vagy azt megkerülve a befogadóba vezetik.

Az úszóiszap lefölezésére, gyűjtőtartályba engedésére a bukóvályúk előtti, hosszanti a tengelyek körül elforgatható vályúk szolgálnak. A tartályból az uszadék és a fölösiszap szivattyúzva jut a sűrítőbe.

A biológiai blokk csövezetéseit, szerelvényeit, vályúit saválló anyagúra cserélték. A keverők, a recirkulációs és fölösiszap szivattyúk, a fúvók és a levegőztető elemek, valamint az elektromos kapcsoló szekrény is cserére kerültek. Az ülepítőben lévő rossz hatásfokú mamutszivattyúkhelyére

búvárszivattyúkat terveztünk. A recirkulációs iszapot az utóülepítő medencékből és a nitrát-recirkulációt az utóanox medencékből az előanox medencékbe szivattyúzzák.

A fölösiszapot az utóülepítők első zsompjaiból pedig a meglévő iszapsűrítőbe emelik. A BioCos műtárgy és a felújított biológiai blokk fölösiszapját a sűrítő együtt sűríti. A sűrített iszapot ugyancsak a meglévő centrifugával víztelenítik. A sűrítő és a centrifuga megfelel a fejlesztés során megnövekedő iszapterhelésnek.

A vegyszeres foszfor eltávolításhoz szükséges kicsapatószer tárolására, az előanox medencébe való adagolására a meglévő felújított tartályok szolgálnak kültéri adagoló szivattyús állomással.

A bővítés kialakítását a látkép és a fénykép-felvételek szemléltetik.



1. kép A bővítés látképe

A KAPACITÁS BŐVÍTÉS KIALAKÍTÁSA ÉS TECHNOLÓGIAI MŰVELETEI

A szabályozott szennyvíz osztás után a mechanikai előtisztítást követő átfolyásos eleveniszapos biológiai tisztítási technológia nitrifikációval, elő-denitrifikációval, vegyszeres foszforeltávolítással egészül ki. Az utóülepítőből elfolyó tisztított víz esetenkénti fertőtlenítésének, befogadóba vezetésének és az iszapkezelésnek a módja nem változik.

– Meglévő nyomás alatti osztás a BIOCOS és a kapacitás-bővítés műtárgyai között elektromosan működtetett laptolózárral. A tolózár működését nyitás – zárás időtag és a beépített indukciós mennyiségmérő jele befolyásolja. A rendszer napi 650m³/d szennyvizet enged a tisztító rendszerre.

– Mechanikai előtisztítás egy új kombinált rác és homokfogó KOMBI berendezéssel

- gépi rác, 3 mm-es rácsszűréssel, 80 - 90 m³/h kapacitással, rácsszemét présel
- homokfogó 80 – 90 m³/h kapacitással, légbefúvással, homokkihordó csigával.

– Biológiai tisztítás kapacitás bővítése a felújított műtárgyblokkban két vonalas eleveniszapos tápanyag-eltávolításos biológiával, vegyszeres foszfor eltávolítással:

- elő-anoxikus medencével a régi anaerobban, keverővel
- anoxikus medencével, keverővel
- sorba kapcsolt két aerob medencével új finombuborékos mély-légbefúvással
- utó- anoxikus medencével, keverővel és nitrát- recirkulációs búvárszivattyúval
- hosszanti átfolyású ülepítő, meglévő zompokba telepített 3 db frekvenciaváltóval szabályozott iszaprecirkulációs búvárszivattyúval, a technológiai sor

szerintiutolsózsonpba telepített 1 db-fölösizap szivattyúval

- uszadékeltávolítás lehetősége légfúvással és forgatható lefölközö-csövel
 - szennyvízelvezetés merülöfállal telepített bukóvályúval
 - új biológiai légfúvók a meglévő gépházba telepítve, 2 + 1 db
 - vas-klorid oldat tároló - adagoló állomás, a vas-klorid oldat bevezetése az Előanox medencékbe.
- Tisztított szennyvíz elvezetése a meglévő fertőtlenítőn keresztül a végátemelőbe
- Izszapkezelés:

- iszapsűrités a meglévő folyamatos üzemi sűritőben
- iszapvíztelenítés a meglévő centrifugával, 8 h/d üzemi idővel
- iszapelszállítás engedélyezett módon történő tovább-kezelésre

A jókarba helyezett műtárgyblokk reaktortereinek a térfogat adatai: a 6.3/50/108 vizikönyvi számú vízjogi üzemeltetési engedélyben felsoroltak szerint:

- anaerob, tervünkben elő-anox: 2x17 m³
- anox: 2x25 m³
- aerob: 4x85 m³
- utó-anox, utódenitrifikáló: 2x36 m³
- utóülepítő: 2x108 m³, 2x36,3 m²

A tervezők a műtárgyblokk méreteit helyszíni mérésekkel ellenőrizték. A műtárgyblokk medencéinek víztartási próbája sikeresen zárult, ami igazolta, hogy a műtárgy alkalmas volt a tervezett fejlesztésre.

A KAPACITÁS BŐVÍTÉS TECHNOLÓGIAI TERVEZÉSÉNEK JELLEMZŐI

A felújított műtárgyblokk tervezési alapadatai:

Szennyvíz hőmérséklet:

- minimum: 10 °C
- maximum: 26 °C
- méretezési: 10 °C

Levegő hőmérséklet:

- minimum: - 20°C
- maximum: 34 °C
- átlag: 16°C

Tengerszint feletti magasság 268,00 m

Szennyezőanyag terhelési alapadatok

BOI5	325 kg/d	500 mg/l
KOI	650 kg/d	1000 mg/d
TN	71,5 kg/d	110 mg/l
NH ₄ ⁺ -N	45,5 kg/d	70 mg/l
TP	10,4 kg/d	16 mg/l
TSS	312 kg/d	480 mg/l

Hidraulikai alapadatok

Napi szennyvízhozam: 650 m³/d
 Órai átlagos hozam: 46 m³/h
 Órai csúcshozam: 57,02 m³/h
 Átlagos szennyvíz hozam: 27,08 m³/h

Határértékek és tervezési értékek

A szennyvíztisztító telep üzemeltetési engedélyét módosító 6.3/50/113 vizikönyvi és 35100/17334/2021. ált. hivatkozási számú határozatában rögzítettek szerint:

A Kenyérmezei patakba vezetett szennyvizek minőségének meg kell felelnie aviszszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó

határértékekről és alkalmazásuk egyesszabályairól szóló 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet 2. sz. mellékletében az „Időszakosvízfolyás befogadó”-ra jellemző oszlopban feltüntetett komponensek tekintetében az alábbi táblázat második oszlopában feltüntetett követelményeknek.

Szennyező anyag	Határérték mg/l
KOI	75
NH ₄ ⁺ -N	5
NO ₃ ⁻ -N	25
TP	5
TSS	50
BOI5	25

TECHNOLÓGIAI GÉPÉSZETI BERENDEZÉSEK ISMERTETÉSE

Motorikus késtolóvár elektromos hajtóművel a szennyvíz fogadás szabályozásához

EBRO WB11 típusú elektromosan működtetett DN150 PN10 késtolóvár, 1 db

Hajtómű típusa: AUMA SA07.6 F10-A, P=0,1 kW
 Kapcsolás módja: NYIT / ZÁR , Nyomatékhátárolás

Indukciós vízmennyiségmérő a szennyvíz fogadás méréséhez

Siemens MAG 5100W típus DN150 PN10 mérettel, 1 db

Kombinált rács és homokfogó

KM-90 típus, szabadban telepítettKOMBI berendezés: Q=80-90m³/h, : 1 db,

A berendezés (gépi rács, rács szemét prés, homokfogócsiga, komokkihordó csiga),összes P=2,37 KW

Pálcaosztás mérete 3 mm

Anyaga: 1.4541

A kombinált mechanika feladata a ráérkező nyers szennyvíz mechanikai szűrése,

a homoktartalom kiülepítése. A kiszűrt rácsszemét prézelést követően kerül a gyűjtőtartályba, a kiülepített homokot kihordócsiga juttatja a gyűjtőtartályába.

Kézi tisztítású rács (mechanikai tisztítóegység megkerülésére)

Egyedi gyártású, 10 mm-es pálcaközű, zárt kialakítású kézirács túlfolyóval, kezelő pódiummal, 1 db

Anyaga: 1.4404

Rácsszemét gyűjtés: 120 l-es kerek kukában történik

Légfúvó berendezés

típusa: Robuschi ROBOX ES 45 / 2P, 2 db üzemi +1 db melegtartalék

Levegő szállítás 50Hz - 25 Hz szabályozással: 501 Nm³/h - 204 Nm³/h

Nyomáskülönbség: 450 mbar

Hajtás módja: Ékszíjhajtás, Fúvó fordulatszám: 3880 1/perc - 1940 1/perc

Fúvó teljesítményigény: 9,8 kW - 4,8 kW, Motor teljesítmény: 15,0 kW

Hangnyomás szint: kb. <96 dB(A), zajvédő burkolattal <71 dB(A)

Légfúvó gépház szellőztető ventilátor

Fali elszívó ventilátor: HELIOS HQD 315/2, 1 db
Légszállítás szabad kifúvásnál: V_{max}=4080 m³/h, P=0,53 kW

Trafós fordulatszámvezérlő: RDS 2 típus

Levegőbevezetés a meglévő kétszárnyú bejárati ajtón utólag kialakítva:

HELIOS RAG500 típusú esővédős, rovarhálós fix zsalu 2 db

Tervezett levegőztető elemek

Levegőztető medencék:

- medence száma: 4 db

- vízmélység: 3,5 m
- egy medence alap méret: szélesség: 5,0 m, hossz: 5,4 m

Tervezett levegőztető elemek:

OTT levegőztető rendszer AirRex AR2 alapvezetékkel, medence-terenként szakaszolva

OTT MAGNUM-1500 csődiffúzor FLEXSIL (SZILIKON) membránnal:

- kiosztás medencénként: 32 db / medence, 128 db / telep
- levegőztető cső / alapvezeték: 16 db / telep
- levegő bekötés DN 100: 1 db / medence
- levegőztető elem légterhelése: 6,3 – 6,6 m³/m
- rendszer nyomása: 450 mbar

Gyártó/forgalmazó: ÖKOTECHNIK Kft.

Búvárkeverők (vezetőcsővel; sugárgyűrű nélkül)

Kevert közeg: kommunális szennyvíz, mechanikailag tisztítva.

Előanox– Anox medencékben: 2 x 2 db keverő

Medence méretek: előanox 1,93x2,77 m, vízmélység: 3,5 m, anox 1,93x2,77 m, vízmélység: 3,5 m,

Flygt SR4610.410 07SF típus, Anyagminőség: ASTM316L, kiemelő szerkezettel
P=0,9 kW

Utóanox medencékben: 2 x 1 db keverő

Medence mérete: 3,40x3,55 m, vízmélység: 3,5 m

Flygt SR4620.410 13SF típus, Anyagminőség: ASTM316L, kiemelő szerkezettel
P=1,5 kW

A szivattyúk adatai a technológiai méretezések alapján:

Nitrát recirkulációs szivattyú	Recirkulációs szivattyú	Fölösiszap szivattyú
$Q=50-120 \text{ m}^3/\text{h}$ $= 13,8 - 33,4 \text{ l/s}$ $H=1,10-1,50 \text{ m}$ $H_{\text{geod}}=1,00 \text{ m}$ 2 x 1 db	$Q=10,6-12 \text{ m}^3/\text{h} = 2,9 - 3,4 \text{ l/s}$ $H=1,20-1,25 \text{ m}$ $H_{\text{geod}}=1,10 \text{ m}$ 2 x 3 db	$Q_{\text{min}}=18 \text{ m}^3/\text{h}= 5 \text{ l/s}$ $H=3,00-4,00 \text{ m}$ $H_{\text{geod}}=1,20 \text{ m}$ 2 x 1 db

Recirkulációs szivattyú frekvenciaváltóval szabályozva

FLYGT DP3069 MT414 típus, 6 db, áthelyezhető kiemelő szerkezettel
 Munkapont: $Q=3,8 \text{ l/s}$, $H=1,3 \text{ m}$, $P=1,5 \text{ kW}$,
 $U=400 \text{ V}$

Fölösiszap szivattyú

Típus: FLYGT DP3069 MT413 típus, 2 db, áthelyezhető kiemelő szerkezettel
 Munkapont: $Q=5,8 \text{ l/s}$, $H=3,50 \text{ m}$, $P=1,5 \text{ kW}$,
 $U=400 \text{ V}$

Nitrát recirkulációs szivattyú frekvenciaváltóval szabályozva

FLYGT NP3069 MT432 típus, 2 db, áthelyezhető kiemelő szerkezettel
 Munkapont: $Q=29 \text{ l/s}$, $H=1,70 \text{ m}$, $P=1,5 \text{ kW}$,
 $U=400 \text{ V}$

Hab és uszadék eltávolító szivattyú DN50/2"

Pedrollo VX8/50-N típus, 1 db + 1 db tartalék
 $Q=5 \text{ l/s}$, $H=4,30 \text{ m}$, $P=0,55 \text{ kW}$, $U=400 \text{ V}$

Biológiai tisztítás műszerei:

Indukciós vízmennyiségmérő fölösiszap méréséhez

Siemens MAG 5100W típus DN80 PN10 mérettel, 2 db

Oldott oxigénmérő oldalfali tartószerkezettel

Hach LDO 2 sc típus, cikkszám: LXV416.99.20001, 2 db

Aerob medencék elfolyásához telepítve
 Beépítésre kerül: 2 db

Hidrosztatikus szinttávadó hab-uszadékeltávolító szivattyú vezérléséhez

Nivelco NIVOPRESS NBK-441-4 típus, 1 db, habfogó tartály védőcsövében kiépítve

Vegyszertároló tartály - Adagoló szivattyúk

Az FeCl_3 tárolása a telephelyen meglévő szárazaknában elhelyezett 2 db 1 m^3 -s térfogatú műanyagtartályban történik. A vasklorid adagoló szivattyúk kültéri temperált szekrénybe települtek.

Szivattyú típusa: DDC 6-10 A-PP/E/C-F-31U2U2FG

Max. térfogatáram: 6 l/h , Min. térfogatáram: 6.0 ml/h , Maximális üzemi nyomás: 10 bar
 $P= 22 \text{ W}$, $U=100 - 240 \text{ V}$, $50 / 60 \text{ Hz}$, IP65

Villamosenergia ellátás

A felújításhoz szükséges beépített villamos fogyasztók összteljesítménye $64,3 \text{ kW}$.

A számított maximális egyidejű beépített energia igény a technológia részére $49,3 \text{ kW}$. Az új elosztószekrény a fűvógépház. épületben került elhelyezésre, az energiaellátást a jelenleg meglévő földkábelén keresztül kapja.

Ez biztosítja felújított biológiai műtárgyblokk gépeinek energiaellátását.

Irányítástechnika

A telep jelenlegi irányítástechnikai rendszere a helyi PLC-kre és a központi diszpécser számítógépére épült. A bővítés irányítástechnikai része is helyi PLC-re épült, és csatlakozik a meglévő SCADA rendszerhez.

A szennyvíztisztító telep szennyvízvezetékének bővítésekor megépített új üzembe helyezett technológiák szabályozásához és felügyeletéhez az alábbi mérések létesültek:

- Az 1 sz. szerelvényaknából érkező nyers szennyvíz mennyiségének mérése: 1 db
- Fölösiszap mennyiségmérése: 2 db
- Oldott oxigén mérések: 2 db (Aerob medencék elfolyásához fixen telepítve)
- Iszapkoncentráció mérések: 2 helyen (Utóülepítők elfolyásánál mérőhengerrel mérve)

A mérőszondák a folyamatáramokban foglalnak helyet és mért jeleiket távadók fogadják, melyek biztosítják a mért folyamatjellemzők helyi digitális kijelzését mérnöki egységekben és azok kondicionált továbbítását a helyi PLC felé. A helyi adatgyűjtő és jelfeldolgozó PLC a fúvógépházban került elhelyezésre az új elektromos szekrényben.

A helyi PLC végzi a következő feladatokat:

- A terepen lévő technológiai gépek vezérlését és szabályozását látja el analóg, digitális és terepi buszcsatolt kimeneteken keresztül.
- A különböző reteszfeltételek megvalósítása.

- Az új légbefúvó gép hajtás szabályozása a levegőztető medencékben elhelyezett oldott mérések alapján.
- A fontosabb mérési eredmények pillanatnyi értékének kijelzése a műszer-szekrény homloklapján.
- Kommunikáció terepi buszon a diszpécser PLC-vel.

A helyi PLC Profibus terepi buszos rendszeren kommunikál a diszpécser PLC-vel,

Vezérlés-működtetés

Az új KM-90 típusú mechanikai tisztítóegységre feladott nyers szennyvíz mennyiségét egy indukciós vízmennyiségmérő szabályozza, mely az időben és időszakonként feladható szennyvízmennyiséget egy beépített elektromos működtetésű késtolózárral vezérli (zárás-nyitás).

Keverők, rec. és nitrát szivattyúk 24 h folyamatos üzeműek. A szivattyúk VDF szabályozásúak.

Fölösiszap szivattyúk működését a csővezetékbe épített indukciós mennyiségmérőn beállított idő és a beállított elvett iszap mennyiségének függvényében. (Nyit-zár)

A kézi iszapkoncentráció mérések tájékoztató adata alapján van lehetőség az elvett fölösiszap mennyiségének csökkentésére, vagy növelésére a fölösiszap szivattyú üzem idejének kézi úton történő módosításával.

A kiépített automatikus üzemű O2 mérők szabályozzák az adott tisztítási sorra dolgozó fúvók működését.

Hidrosztatikus szintmérő szabályozza az uszadék-habeltávolító szivattyú működését.

Üzemszerűen történő automatikus működés esetén a 0- 24 h alatt feladott nyers szennyvíz 650 m³/d. Ennél a mért mennyiségnél az AUMA hajtómű lezárja a további feladást.

Az új teleprész beüzemelése és próbaüzeme A teleprész kivitelezése 2023. decemberben, a mechanikai és üzempróbák 2024. januárban befejeződtek. A sikeres próbákat követően a biológia beüzemelését a már üzemelő BIOCOS technológia eleveniszapjával történő átoltással terveztük. Ehhez 150 – 200 m³ oltóiszapra lett volna szükség.

Az oltóiszap nem volt biztosítható a telepi SBR technológiából, a 9 °C-os szennyvízből nem keletkezett elég fölösiszap a szennyvíztisztító telepen. Ezért a szennyvíz fogadására 2024. februárban került sor, amikor a telepi SBR fölösiszap mellett a Pilisjászfalu szennyvíztisztító telepről is beszállítható volt a szükséges oltóiszap. A beüzemelés – beoltással együtt megkezdődött 180 – 200 m³ nyers szennyvíz fogadása az iszapterhelhetőséget figyelembe véve. Az érkező szennyvíz hőmérséklete még februárban is csak 10 – 11 °C volt és nagyon lassan kezdődött meg az iszapszaporulat a biológiában. Ezért március elején további 2x60 m³ Pilisjászfalu telepi iszap ráoltás után a hónap végére 450 – 500 m³/d-re volt növelhető a szennyvíz fogadása. Április végén a szennyvíz hőmérséklete 13°C-os volt, az iszap szaporodása még mindig lassú, a mért szárazanyag-tartalom 3 – 3,5 g/l volt. A próbaüzem résztvevői tudomásul vették, hogy tervezett 4,5 – 5 g/l iszapkoncentráció még nem alakult ki a biológiában és a 650 m³/d terhelés eléréséhez további 1 – 2 hónap szükséges.

Április hónapban megtörténtek a finombeállítások, a biológiai oldottoxigén szint 1,5 – 2,5 mg/l közé beszabályozása és a vasklorid adagolással a szimultán foszforkicsapatás optimalizálása, továbbá a fölösiszap elvétele. A jellemző paraméterek a telepi SCADA által követhetők és a kezelői beállítások elvégezhetők.

Az üzemeltető DMRV Zrt laboratóriuma heti gyakorisággal ellenőrzi a telepre érkező szennyvíz minőségét, valamint a kapacitásbővítés teleprészről is elfolyó tisztított szennyvíz fő jellemzőit: vízhőmérséklet, KOI, NH₄-N, Nitrát, TP és a biológiai szárazanyag értékeket. Május közepén az iszapkoncentráció elérte a 3,5 g/l értéket és 525 m³/d terhelésnél a tisztított szennyvízben mért értékek (KOI=40 – 45 mg/l, NH₄-N=0,3 - 0,36 mg/l, Nitrát=26 – 34 mg/l (megfelelő NO₃-N=6 – 8 mg/l), TP=3,2 – 3,5 mg/l) az előírt határértékek alattiak voltak. Afőlősiszap elvétel szabályozásával elérhető, hogy május végéig az iszapkoncentráció 4,5 g/l -re növekedjen és a hidraulikai terhelés elérje apróbaüzem zárásához tervezett 650 m³/d értéket.

FÉNYKÉPFELVÉTELEK



2. kép A bővítés műtárgyai és berendezései



3. kép Az új rács és homokfogó az átépített fúvógépházzal



4. kép A fűvógépház az új fűvókkal, kapcsolószer-
rényvel, fordulatszám szabályozókkal



5. kép Az üzemelő biológiai műtárgyblokk

A SZERZŐKRŐL:



Boda János okleveles építőmérnök, Környezetvédelmi szakmérnök a Mélyépterv Komplex Zrt. technológus főmérnöke, az igazgatóság tagja.

Több évtizedes munkája során számos hazai és külföldi szennyvíztisztító telepnek és kapcsolódó létesítményeinek az előkészítő, engedélyezési és kiviteli tervezésénél, megvalósulásánál technológus főtervezőként működött közre. Feladatai között szerepelt környezeti hatástanulmányok, uniós és egyéb pályázatok összeállítása, műszaki irányelvek, szabadalmak kidolgozása, kutatás-fejlesztési munkák irányítása is. Speciális szakterülete a membrán bioreaktoros szennyvíztisztítás, a ko-fermentációs iszaprothasztás és a gázmotoros biogázhasznosítás.

Mintegy 100 publikációval, előadással járult hozzá a szakmai ismeretek bővítéséhez.

A MaSzeSz alapító tagja, az MHT csatornázási és szennyvíztisztítási szakosztályának vezetőségi tagja, a Magyar Tudományos Akadémia Vízellátási és Csatornázási Bizottságának a tagja.

Eddigi munkásságát Pro Aqua, Lampl Hugó, Bogdánfy Ödön, Sajó Elemér, Vásárhelyi Pál, Kvassay Jenő díj adományozásával ismerték el.



Serény József okleveles gépészmérnök, gyártástechnológus mérnök az Envirosys Kft ügyvezetője

Több évtizedes munkája során számos hazai és külföldi szennyvíztisztító telep technológiáját tervezte és azok megvalósítását irányította.

A Zenon Kft, majd a GE Water Kft főtechnológusaként a membrántechnológián alapuló szennyvíztisztítás technológiájának fejlesztője. Közép és Kelet Európában 42 MBR szennyvíztisztító telep tervezésének és megvalósításának irányítója hazai és külföldi mérnökirodákkal együttműködve. Több éven keresztül a technológia oktatója a Bajai Főiskolán és a Budapesti Műszaki Egyetemen.

Az MBR kommunális és ipari alkalmazások előtt és mellett kommunális telepeket tervezett hagyományos technológiával, illetve ipari szennyvíztisztítókat flotációval, vagy anaerob technológiával a keletkező biogáz hasznosításával.

Publikációkkal, szakmai előadásokkal, szakkönyv lektorálásával és diplomatervező konzultációkkal járult hozzá a szakmai ismeretek bővítéséhez - átadásához.

A MaSzeSz alapító tagja, az MHT csatornázási és szennyvíztisztítási szakosztályának tagja, az MMK Vízgazdálkodási és Vízépítési, Környezetvédelmi, Épületgépészeti szakmai tagozatok tagja.

Eddigi munkásságát Magyarországon Pro Aqua, Lampl Hugó díj, Környezetvédelemért díj, MHT Nívódíj és Szlovéniában EU Projekt My Projekt díj adományozásával ismerték el.

ANTIBIOTIKUM APOKALIPSZIS: AMI IGAZÁN ÉRTELMET AD A NEGYEDIK FOKOZATNAK A SZENNYVÍZTISZTÍTÁSBAN

Bezsenyi Anikó^{1,2}, Nagy-Mezei^{1,3} Csenge, Gyarmati Imre¹, Makó Magdolna¹

¹ Fővárosi Csatornázási Művek Zrt., 1087 Budapest, Asztalos Sándor út 4.

² Óbudai Egyetem, Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola, Budapest

³ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Környezettudományi Intézet, Agrárkörnyezettani Tanszék 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

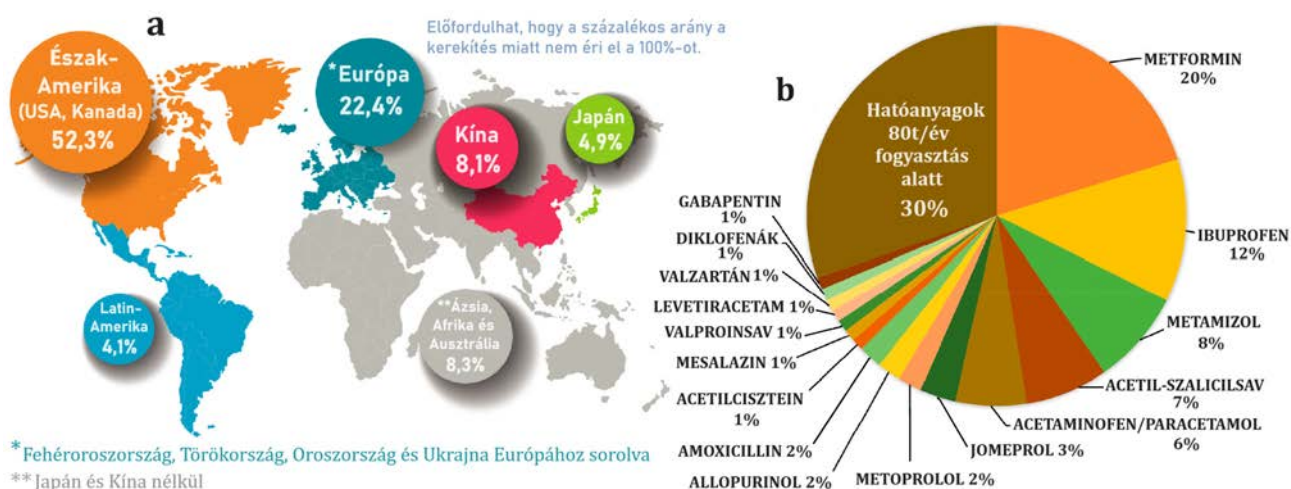
ABSZTRAKT

Globális katasztrófával fenyeget az antibiotikum rezisztencia (AR) terjedése. 2014-ben látott napvilágot az O'Neill-jelentés, amelyet David Cameron akkori brit miniszterelnök kérésére állított össze egy szakértői csapat Jim O'Neill közgazdász vezetésével. A jelentés szerint az antibiotikum-rezisztencia következtében évente 10 millió ember halhat meg 2050-től, így többen halnak meg antibiotikum-rezisztencia következtében, mint rákban és közúti balesetekben együtt. De nem csupán a jövő problémájáról van szó. Becslések szerint a bakteriális antibiotikum rezisztencia több mint 1,2 millió halálesetet okozott 2019-ben. A multirezisztens kórokozókkal való megfertőződés kockázata az egészségügyi intézményekben a legnagyobb, a legveszélyeztetettebb korosztály az 5 éven aluliaké. 2023-ra odáig jutottunk, hogy minden ötödik öt éven aluli elhunyt gyerek halála ehhez köthető. Bár a szennyvíz természetesen nem mint a probléma forrása érintett, de terjedési közegként szolgál az antibiotikumoknak és az ezeknek immár gyakran ellenálló rezisztens baktériumoknak is. A hagyományos szennyvíztisztítási technológiák általában nem

alkalmasak az antibiotikumok és a rezisztens baktériumok, illetve terjedő génjeik (ARG) eltávolítására. Az utóbbi években zajlott 'A települési szennyvíz kezeléséről szóló' 91/271/EGK irányelv módosítása, amely talán legköltésesebb igénye a negyedik tisztítási fokozat kötelező megvalósítása a 150 000 LEÉ feletti terhelésű szennyvíztisztító telepeken. A határidő jelenleg 2045. A 10 000 – 150 000 LEÉ terhelésintervallumba eső tisztítóművek között is akad majd érintett indokolt esetben (érzékeny befogadó). A 91/271/EGK irányelv módosítása ugyan nehéz anyagi terheket ró az érintett üzemeltetőkre és országokra egyaránt, de a lehetőséget is meg kell látnunk benne. A negyedik fokozat kiépítése az egyik fontos eszköze lehet az antibiotikum rezisztencia elleni küzdelemnek.

A SZENNYVÍZ A GYÓGYSZER-FOGYASZTÁSUNK TÜKRÉ

A különböző vízformákban literenként mikrogramm, illetve nanogramm koncentrációban megtalálható mikroszennyezők az életfolyamatok feltételeit ronthatják, és a víznek az ember számára való felhasználhatóságát csökkenthetik, rosszabb esetben



1. ábra A világ (vényköteles) gyógyszerpiaca 2022-ben, illetve a különböző geopolitikai egységek részese-dése a piacból (a) [3], és a gyógyszerfogyasztás hatóanyagokra vetített mintázata a világon 2013-ban (b) [2]. Gyógyszerhatóanyagok: metformin (cukorbetegség kezelésére), ibuprofen, metamizol, acetil-szalicilsav, paracetamol/acetaminofen, (nemsteroid gyulladáscsökkentő, fájdalom-csillapító = NSAID), jomeprol (kont-rasztanyag), metoprolol (béta-blokkoló), allopurinol (húgsavszint csökkentő, köszvény kezelésére), amoxicillin (antibiotikum), acetilciszteín (nyálkaoldás, köptetőszer), mesalazin (gyulladásos bélbetegségek enyhítése), valproinsav (epilepszia, bipoláris zavar, depresszió, skizofréna kezelésére), levetiracetam (epilepszia kezelésére), valzartán (vérnyomáscsökkentő), diklofenák (NSAID), Gabapentin (epilepszia kezelésére).

megakadályozhatják. Biológiailag nem vagy nehezen bonthatók, így a szennyezőforrástól időben és térben is távol kerülhetnek. A hagyományos szennyvíztisztítási eljárások nem alkalmasak minden, a tisztítótelepre kerülő szennyezőanyag eltávolítására. A mikroszeny-nyezők gyakran változatlan formában jutnak keresztül a szennyvíztisztító rendszereken, és a felszíni vizek közvetítésével eljuthatnak a későbbi vízhasználókhoz. Szerves és szervetlen vegyületek alkotják ezt a rendkívül komplex csoportot.

A felszíni vizekben detektálható mikroszeny-nyezők közül a gyógyszerek kiemelkedő je-lentőséggel bírnak, hiszen igen elterjedten és nagy mennyiségben alkalmazza az emberiség ezeket a vegyületeket. Becslések szerint évente több százezer tonna farmakológiailag aktív anyagot használunk világszerte ember-és állatgyógyászati célokra [1].

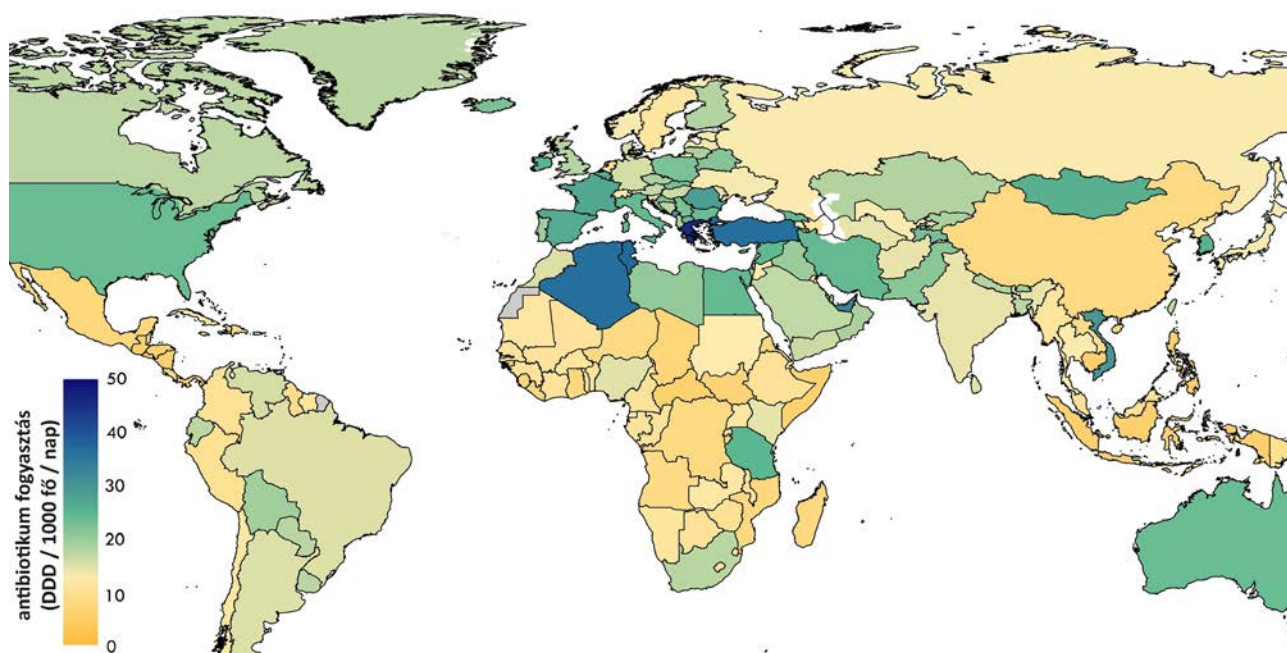
Bár számos országban rendelkezésre állnak gyógyszerfogyasztási adatok, azok mégsem elegendők pontos országspecifikus adat-sorok felállításához. A gyógyszerfogyasztás nyilvántartási rendszere nagymértékben eltér országonként, és sok helyen a gyógyszereket szabályozatlan, „recept nélküli” formában is értékesítik, ami megnehezíti a valódi fogyasz-tás felmérését és a felhasználási szokások fel-térképezését [2].

A világ (vényköteles) gyógyszerpiaca 2022-ben becslések szerint elérte az 1 222 921 millió eurót (1 287 736 millió dollárt). Ez az összeg természetesen a gyártói árat mu-tatja. Az észak-amerikai piac (USA és Kanada) továbbra is a világ legnagyobb piaca 52,3%-os részesedéssel, jóval megelőzve Európát, Kínát és Japánt [3]. A világ gyógyszerpiacá-nak geopolitikai felosztása és a gyógyszer-fogyasztás hatóanyagokra vetített mintázata a 1. ábrán látható.

A 2013-ban leggyakrabban felírt – tehát vényköteles – gyógyszerhatóanyagok között a cukorbetegség és inzulin-rezisztencia esetében alkalmazott metformin vezet. Ezen kívül két gyulladáscsökkentő és fájdalomcsillapító szer foglalja el a dobogós helyeket. Az öt leggyakoribb gyógyszer közül négy tartozik az utóbbi kategóriába. Az amoxicillin nevű antibiotikum a kilencedik helyet foglalja el [2]. Az antimikrobiális rezisztencia globális kutatására szerveződött Global Research on Antimicrobial Resistance (GRAM) számos értékes adattal szolgál az antibiotikumokkal kapcsolatos témakörökben. 2018 évre vonatkozó tanulmányuk összehasonlító elemzést ad a világ lakosságának teljes antibiotikum fogyasztásáról 1000 lakosra jutó napi dózisban (defined daily doses, DDD) kifejezve. Ez az adatsor látható térkép alapú formában a 2. ábrán. Észak-Amerikában, Európában és a Közel-Keleten nagy az antibiotikum-fogyasztás, ezzel szemben a szubszaharai Afrikában és Délkelet-Ázsia egyes részein nagyon kis

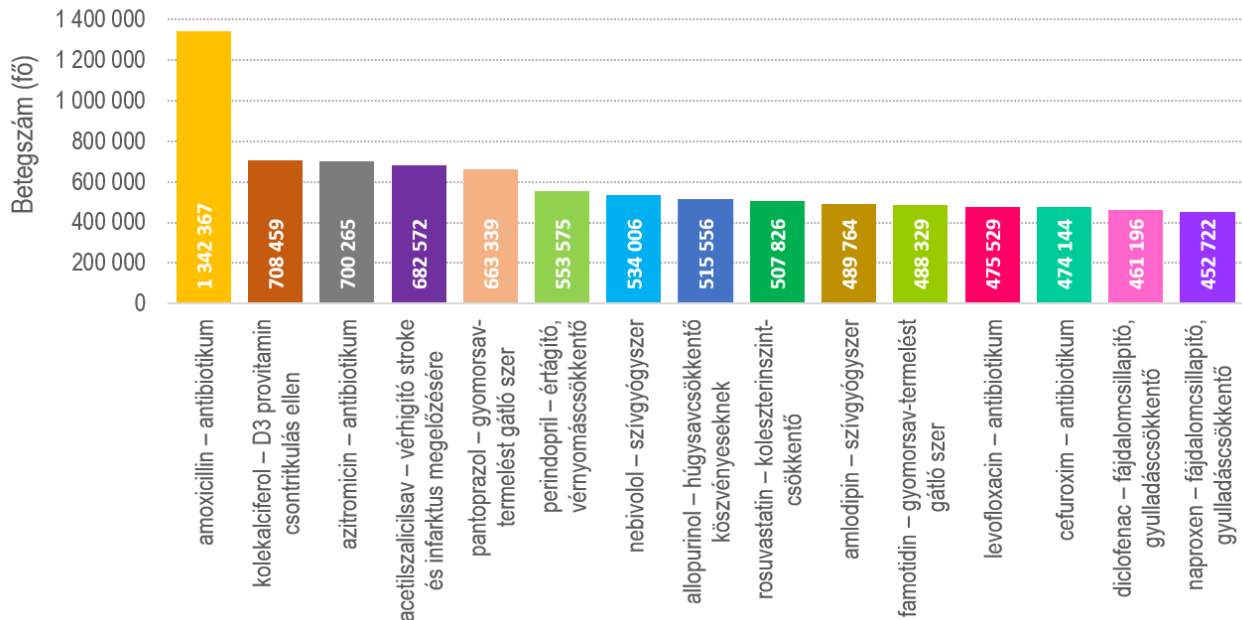
fogyasztási arány tapasztalható. A teljes antibiotikum-fogyasztási arány közel tízszeres eltérést mutatott az országok között, így 5,0 DDD-től 45,9 DDD-ig terjedt. 2000 és 2018 között az antibiotikum-fogyasztás globális aránya 46%-kal nőtt (9,8-ről 14,3 DDD-re). A magas jövedelmű országokban a fogyasztási ráták stabilak maradtak 2000 és 2018 között, míg az alacsony és közepes jövedelmű országokban 76%-os növekedést regisztráltak (7,4-ről 13,1 DDD/1000 naponta). Az antibiotikumok fogyasztásának legnagyobb növekedése az észak-afrikai és közel-keleti régióban (111%-os növekedés) és Dél-Ázsiában (116%) volt tapasztalható [4].

2023-ban az Amerikai Egyesült Államokban a leggyakoribb antibiotikum az amoxicillin volt, amely a felírt és kiadott antibiotikumok 24%-át tette ki. Az amoxicillint bakteriális fertőzések, például tüdőgyulladás, hörghurut, bizonyos bőrbetegségek, valamint vese- és vérfertőzések kezelésére használják. Ez az antibiotikum a penicillin gyógyszerek



2. ábra A világ (204 ország) antibiotikum fogyasztása 2018-ban a meghatározott napi adag/1000 fő/nap (defined daily doses, DDD) egységeiben kifejezve [4].

A LEGGYAKRABBAN HASZNÁLT GYÓGYSZERHATÓANYAGOK MAGYARORSZÁGON

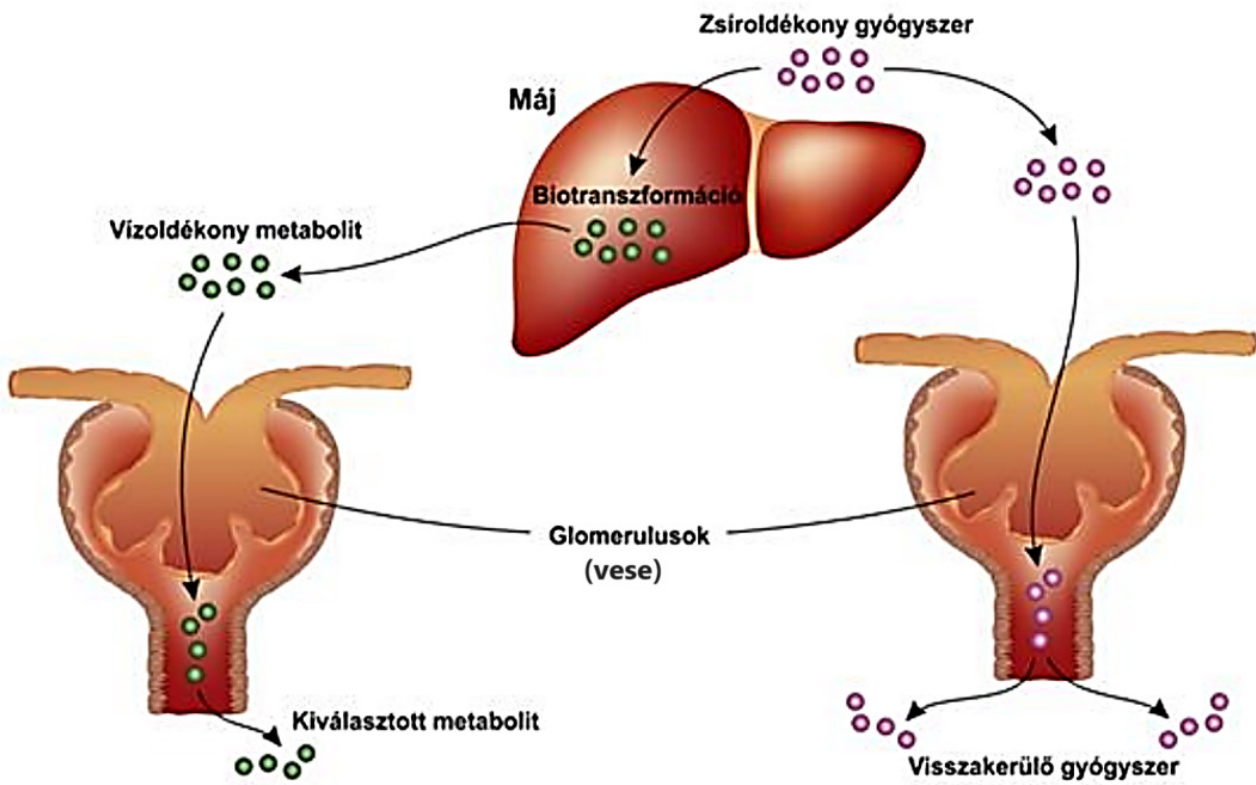


3. ábra A leggyakrabban használt gyógyszerhatóanyagok Magyarországon, a 2018-ban a legtöbb betegnek felírt gyógyszerfajta alapján. Nemzeti Egészségbiztosítási Alapkezelő (NEAK) nyilvános adatai alapján összeállított lista [6].

csoportjába tartozik. Valójában a második helyezett az antibiotikum ranglistán szintén az amoxicillin, bár speciális kombinációban, klavulánsavval (kálium-klavulanát formájában), amely segít megakadályozni, hogy bizonyos baktériumok rezisztenssé váljanak az amoxicillinnel szemben, így az amoxicillin hosszabb ideig aktív marad. Ez a kombinált szer 13,6%-át tette ki a hivatalos antibiotikum fogyasztásnak. A harmadik leggyakoribb antibiotikum az azitromicin volt, amely a felírt és kiadott antibiotikumok 11,6%-át tette ki 2023-ban. Az azitromicin az antibiotikumok makrolidok csoportjába tartozik, és gyakran használják szexuális úton terjedő fertőzések, bizonyos légúti fertőzések és bőrbetegségek, például akné kezelésére. A orvosok gyakran írják fel ezt az antibiotikumot a penicillinre allergiás betegeknek. Negyedik helyen a cefalexin végzett (10,0%), ötödik a szulfametoxazol

és a trimetoprim kombinációja (6,1%), amely Co-trimoxazol néven is ismert, és Magyarországon Sumetrolim néven forgalmazzák. Ezt követi a metronidazol (Klion, Supplin, Rozex néven, 5,2%), a ciprofloxacín (4,4%), a klindamicin hidroklorid és foszfát formában (3,3 és 2,8%) és a sort az ofloxacín zárja (2,8%) [5].

A Magyarországon leggyakrabban használt gyógyszerhatóanyagok 2018-as TOP15 listája követhető a 3. ábrán. A magyar gyógyszerfogyasztás Covid-19 betegség hatásaival még nem érintett adatsorában két antibiotikum (amoxicillin és azitromicin) ért el dobogós helyezést, mellettük még a csontritkulás ellen szedett D3 provitamin (kolekalciferol) fért el az élvonalban. Az első tizenöt hatóanyag között még két antibiotikum szerepel (levofloxacin és cefuroxim), így négyre egészül ki az antibiotikumok száma. Ezen kívül



4. ábra A gyógyszerek metabolizmusának és a gyógyszerek kiválasztásának áttekintése (a) [7].

fájdalomcsillapítók (diklofenák, naproxén), szívgyógyszerek (nebivolol, amlodipin), gyomorsavtermelést gátló szerek (pantoprazol, famotidin), egy vérhígító (acetilszalicilsav), egy vérnyomáscsökkentő (perindopril), egy koleszterinszint csökkentő (rosuvastatin) és egy húgysavszint csökkentő szer (allopurinol) van a lista elején [6].

A gyógyszerek, illetve hatóanyagaik eltávolítása az emberi szervezetből kémiai átalakítás (metabolizáció) vagy kiválasztás útján történik. A vesék a vízben oldódó anyagok kiválasztásának fő szervei. A máj metabolizmusa gyakran növeli a gyógyszer polaritását és vízoldhatóságát, így a keletkező metabolitok ezután könnyebben ürülnek ki a vizelettel. A gyógyszerek metabolizmusának és kiválasztásának általános sémáját a 4. ábrán

mutatjuk be. Bizonyos gyógyszerek nem a veséken keresztül távoznak a szervezetből, hanem a májon való áthaladás után változatlan formában kiválasztódnak az epébe. Az epe az emésztőtraktusba kerül, majd innen a gyógyszermolekula a széklettel ürül ki. Az is előfordulhat, hogy újra felszívódik a véráramba, majd ott tovább kering. Általában a bél, a nyál, a verejték, az anyatej és a tüdő (illékony érzéstelenítők kilégzése) szerepe a kiválasztásban csekély [7][8][9]. Bizonyos gyógyszerek (pl. doxiciklin, tetraciklin) esetében a hatóanyag akár 70-90%-a is változatlan (metabolizálatlan) formában távozik a szervezetből a veséken keresztül (= exkreciós vagy kiválasztási ráta) [10]. Az antibiotikumokat jelentősen túldozírozzák a megfelelő hatás érdekében. Néhány antibiotikum exkreciós rátáját az 1. táblázatban gyűjtöttük össze.

1. táblázat Az antibiotikumok kiválasztási (exkréció) rátja, amely azt mutatja, hogy a hatóanyag milyen arányban távozik változatlan formában az emberi szervezetből [10].

ANTIBIOTIKUM	EXKRÉCIÓ (%)	ANTIBIOTIKUM	EXKRÉCIÓ (%)
amoxicillin	80-90	erythromycin	>60
ampicillin	30-60	roxitromicin	>60
penicillin V (benzilpenicillin)	~40	klaritromicin	>60
oxacillin	~40	klóramfenikol	5-10
G penicillin (fenoximetilpenicillin)	50-70	klórtetraciklin	>70
dikloxacillin	~65	tetraciklin	80-90
szulfametoxazol	~15	oxitetraciklin	>80
trimetoprim	~60	doxiciklin	>70

Tehát a szervezetbe juttatott (orálisan, anélisan, injekcióval stb.) hatóanyagok kisebb-nagyobb része a vizelettel a szennyvízbe kerül, de a széklet is szállít metabolizálatlan gyógyszerhatóanyagokat [10]. Ezek alapján az egyes régiók, országok gyógyszerfogyasztásának tükrö a szennyvíz. Csak abban az esetben végezhető releváns környezeti felmérés az egyes területeken, ha a gyógyszerfogyasztási mintázattal is tisztában vannak a felmérést végző kutatók.

RÖVIDEN AZ ANTIBIOTIKUMOKRÓL

Az antibiotikum az emberi, illetve állati szervezetben megtelepedett baktériumokat elpusztítja (baktericid), vagy csak a szaporodásukat gátolja (bakteriosztatikus). Az antibiotikumok eredendően természetes vegyületek, amelyeket baktériumok vagy gombák állítanak elő, hogy elpusztítsák a versenytársaikat. A baktériumok olyan részeit támadják (sejtfal), amelyek az emberi sejtekben nem találhatóak, vagy olyan folyamatokat (enzimeket) gátolnak, amelyek csak a baktériumokra jellemzőek (folsavsintézis) [11][12]. Az antibiotikumok

hatásmechanizmusait és a rezisztenciamechanizmusokat a 5. ábrán foglaltuk össze.

Eredetileg csak azokat a vegyületeket nevezték antibiotikumoknak, melyeket valamilyen élőlény (gomba, baktérium) termelt. Azonban mesterségesen előállított baktériumellenes szerek is léteznek, amelyekre a kemoterapeutikumok nevet használták eredetileg. A mai hatóanyagok között számos olyan vegyület található, amelyet eredetileg valamilyen penész termelt, de nagyipari gyártását szintézissel valósítják meg (klorocid), esetleg a fermentációval előállított alapvegyület kémiai reakciókkal utólag módosítják (penicillin-származékok). Így ma már nem teszünk különbséget az elnevezésben, és egységesen az antibiotikum elnevezést használjuk.

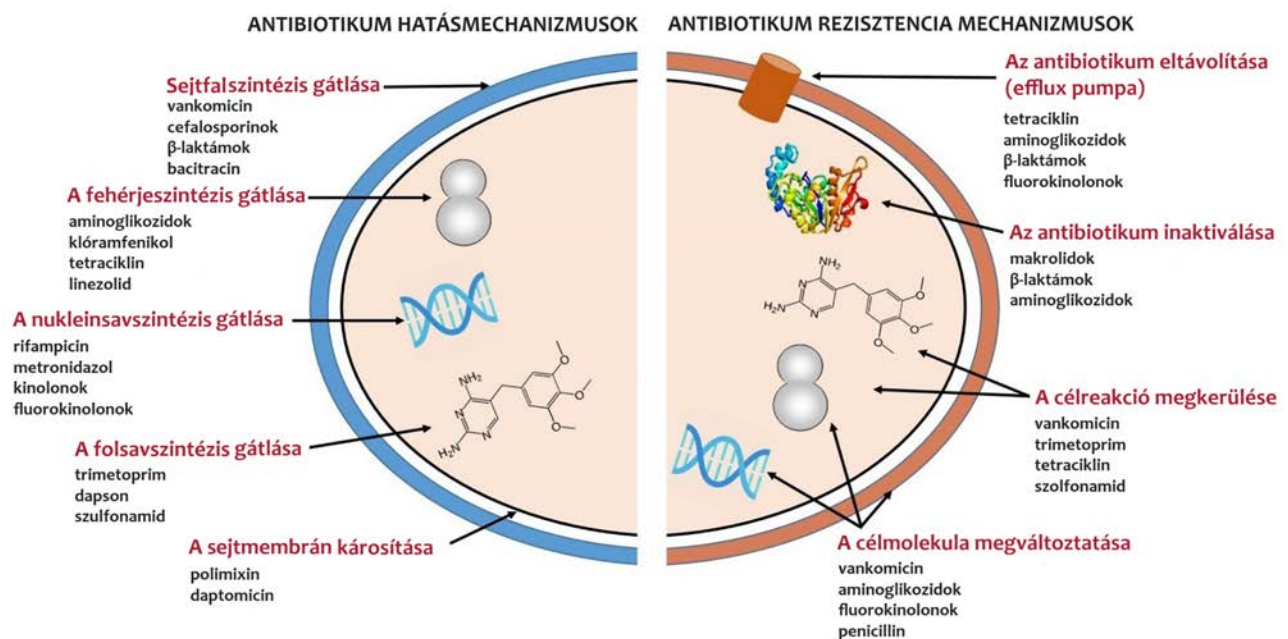
Az antibiotikumok bakteriális fertőzések kezelésére vagy megelőzésére javalltak, és mint a fentiekben kiemeltük, a világon a leggyakrabban felírt gyógyszerek közé tartoznak. A szűk spektrumú antibiotikumok csak a mikroorganizmusok egy szűk csoportjára hatnak, míg a széles spektrumúak azok széles körét pusztítják el, vagy gátolják [13].

AZ ANTIBIOTIKUMOK ÖKOLÓGIAI ÉS HUMÁNEGÉSZSÉGÜGYI JELENTŐSÉGE

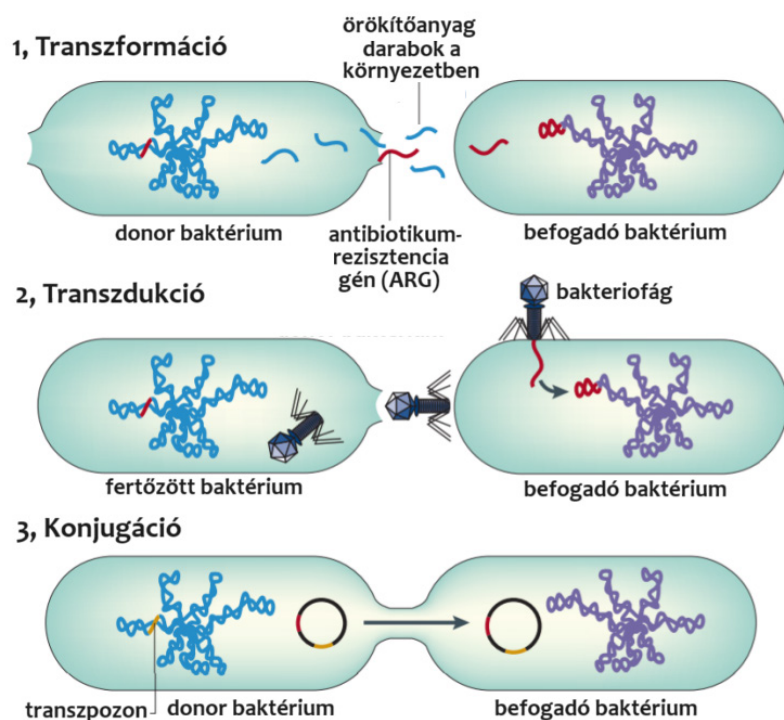
Ma még nem tudjuk pontosan, hogy a különböző gyógyszermaradványoknak, illetve ezek bomlástermékeinek mekkora az ökotoxicitási értéke, azonban az antibiotikumok hatása, illetve jelenlétük kockázata sajnos vitathatatlan. A literenkénti μg , illetve ng koncentrációjuk ellenére is kiemelt jelentőségűek az antibiotikum-rezisztencia fokozott terjedése miatt. Az antibiotikum-rezisztencia – amely ellenállóvá teszi a kórokozót egy antimikrobiális gyógyszerrel szemben – hátterében az áll, hogy a baktériumok különböző stratégiákat fejlesztenek az antibiotikus hatás elkerülésére. Például a sejtfal áteresztőképességét változtatják meg, vagy a sejtbe bekerülő gyógyszert kipumpálják a sejten kívülre [12][13]. Az antibiotikum(ok)nak való kitettség stressztényező a baktériumok számára, amihez alkalmazkodniuk kell, ha életben akarnak maradni [11][14]. Nemcsak természetes antibiotikum (penicillin), de természetes antibiotikum-rezisztencia

is létezik. Például a baktériumot olyan védőburok (sejtfal) veszi körül, amely bizonyos antibiotikumok számára áthatolhatatlan. Tehát egy faj összes tagjának élettani tulajdonságai lehetővé teszik, hogy ellenálljon bizonyos antibiotikumok hatásának. Ezt intrinsic rezisztenciának is nevezik [15]. Ha a baktériumok eredendően nem rendelkeznek rezisztenciával, akkor meg tudják szerezni (szerzett rezisztencia). Örökítőanyag-szinten történik olyan változás, amely ellenállóvá teszi az adott antibiotikummal szemben. Egyrészt mutáció léphet fel magában a sejtben, másrészt más baktériumoktól is átvehet rezisztenciagéneket. Ez utóbbit horizontális génátvitelnek (géntranszfer) nevezzük, és különböző baktériumfajok között is megtörténhet, így ez az egyik fő útvonala a rezisztencia terjedésének [11][14][16].

A horizontális génátvitel többféleképpen zajlik. Ezeket a 6. ábrán foglaltuk össze. Egyrészt a baktériumok képesek a külvilágból hosszabb DNS- vagy RNS-molekulákat felvenni,



5. ábra Az antibiotikumok hatásmechanizmusai és a rezisztenciamechanizmusok [12].



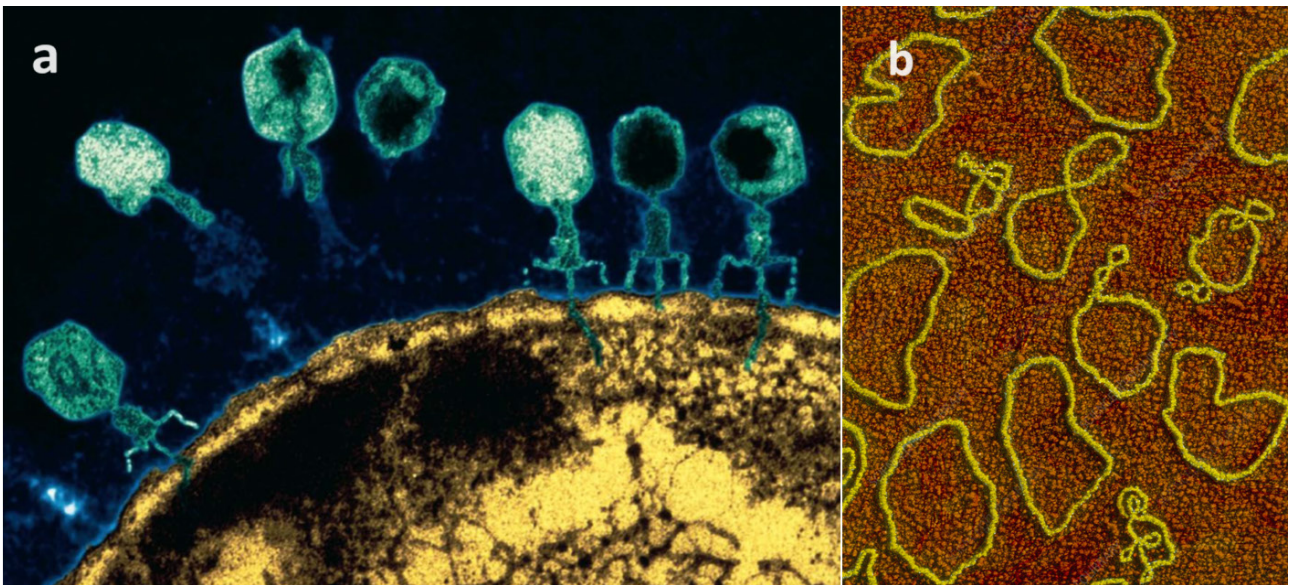
6. ábra A horizontális génátvitel (géntranszfer) formái [17]. A transzpozonok (ún. ugráló gének) olyan DNS szakaszok, amelyek képesek megváltoztatni helyüket az örökítőanyagban. A baktériumok transzpozonjai sok esetben tartalmaznak antibiotikum rezisztencia gént.

és azokat beépíteni a saját örökítőanyagukba (transzformáció, 6. ábra/1). Ezek a felvett DNS/RNS-darabok tartalmazhatnak antibiotikumrezisztencia géneket. Másrészt egy baktériumot megfertőző vírus (bakteriofág, 7. ábra/a) is átszállíthat DNS-t egy másik baktériumba (transzdukció, 6. ábra/2). Harmadrészt az egyik baktérium összekapcsolódhat egy társával (konjugáció, 6. ábra/3), amit sokszor a baktériumok szexuális szaporodásának neveznek, és átadhatja neki a lemásolt örökítőanyag egy példányát [17]. Fontos megemlítenünk az ún. plazmidokat, amelyek gyűrű alakú (cirkuláris) DNS darabok (7. ábra/b). A plazmidot a kromoszómától függetlenül másolhatja a sejt. Előfordul, hogy a baktérium kromoszómájába integrálódik, és gyakran rezisztencia géneket hordoznak. Tehát

lényegében egy olyan mozgékony genetikai elem, amely megkönnyíti az antibiotikum rezisztencia gének terjedését.

Érdemes megemlíteni a rezisztencia speciális formáját is. Ez a keresztrezisztencia, amely akkor fordulhat elő, ha különböző antimikrobiális szerek ugyanazon a ponton támadják meg a baktériumot. A végeredményként az egyik antibakteriális szerrel szembeni rezisztencia kialakulása egy másik szerrel szembeni rezisztenciával jár együtt [18]. A ko-rezisztencia egynél több antibiotikum-csoporttal szembeni rezisztencia jelenlétét jelenti ugyanabban a baktériumtörzsben. Ez a különböző rezisztencia gének közötti fizikai

kapcsolat miatt következik be, vagyis az örökítőanyagban egymáshoz közel helyezkedik el a két rezisztenciagén, így együtt kerülnek át egyik egyedből a másikba. A nehézfém-rezisztencia gének (HMRG-k), különösen a cink és a réz elleniek, növelik az AR terjedésének sebességét a ko-rezisztencia révén [12][18]. A szennyvízben a nehézfémek is jelentősebb koncentrációban vannak jelen (Cu: 10–100 $\mu\text{g L}^{-1}$; Zn: 100–1600 $\mu\text{g L}^{-1}$), így hatásuk az AR kialakulására nem hanyagolható el [19]. A természetes antibiotikumok és a rezisztencia jelensége már évmilliók óta jelen van a természetben, de mi, emberek, felgyorsítottuk a folyamatokat. Az ún. szelekciós nyomást növeltük meg az antibiotikumok mesterséges előállításával és fejlesztésével, hiszen napjainkban a baktériumok sokkal



7. ábra *E. coli* baktériumot fertőző bakteriofágok (baktériumok vírusai)(a, Eye of Science), és az örökítőanyag mobilis, gyűrű alakú egységei: a plazmidok (b, Science Photo Library). Elektronmikroszkópos felvételek.

több antibiotikumnak vannak kitéve. A túlélésért rezisztenssé kell, váljanak. Súlyosította a helyzetet a helytelen, mértéktelen antibiotikum-használat (az állattenyésztésben is), az állati eredetű termékek nemzetközi kereskedelme, a turizmus világméretűvé válása [11].

A mezőgazdaságban az antibiotikumokat nem kizárólag az állatok kezelésére használták. A tápok a kezelési dózis alatti mennyiségben tartalmaztak antibiotikumokat, amelyek nem csak a betegségek megelőzésére szolgáltak, hanem ún. hozamnövelésre is, mivel a haszonállatok testsúlygyarapodását jelentősen növelték. Egyes országokban a humán egészségügyben is jelentős antibiotikumok teljes fogyasztásának körülbelül 80%-áért az állattenyésztés volt a felelős, amely főként az egészséges állatok növekedését szolgálta [20].

Az antibiotikumok növekedésserkentő célú felhasználását 2006-ban betiltották a takarmányozási célra felhasznált adalékanyagokról

szóló, az Európai Parlament és a Tanács 2003. szeptember 22-i 1831/2003/EK rendelete alapján az antimikrobiális rezisztencia leküzdésére irányuló szabályozás keretében [21]. 2024. január 1-től élelmiszer-termelő állatok számára antibiotikumot kizárólag hatósági engedéllyel rendelkező állatorvos írhat fel, így az antibiotikumok megelőzés célú alkalmazása is megszűnt az Európai Unióban [22]. Az intézkedéseknek köszönhetően 2011 és 2022 közötti időszakban 53%-kal csökkent az állatgyógyászatban alkalmazott antimikrobiális szerek felhasználása. Szerencsére Európa nincs egyedül az antibiotikum felhasználás csökkentésében. Az Állategészségügyi Világszervezet (WOAH) az állatgyógyászatban felhasználásra kerülő antimikrobiális szerekről készített 2023-as éves jelentésében megerősíti, hogy az állategészségügyben alkalmazott antimikrobiális szerek globális felhasználása 2017 és 2019 között 13%-kal csökkent [23]. A haszonállatok hasonló mértékben ürítik vizeletükkel

a környezetükbe az antibiotikumokat, mint az ember [24].

2014-ben látott napvilágot az O'Neill-jelentés, amelyet David Cameron akkori brit miniszterelnök kérésére állított össze egy szakértői csapat Jim O'Neill közgazdász vezetésével. Az elemzők többek között az antibiotikumoknak ellenálló bakteriális fertőzések társadalmi és gazdasági hatásait igyekeztek felmérni. A jelentés szerint az antibiotikum-rezisztencia következtében évente 10 millió ember halhat meg 2050-től. Ez azt jelenti, hogy minden harmadik másodpercben ez okozza egy ember halálát, illetve többen halnak meg antibiotikum-rezisztencia következtében, mint rákban és közúti balesetekben együtt. De nem csupán a jövő problémájáról van szó, hiszen 2016-os adatok szerint a világon évente 700 ezer ember halálát okozza az antibiotikum-rezisztencia, ebből 50 ezren Európában és az Egyesült Államokban hunynak el [25]. A rezisztens kórokozók egyre gyakoribb megjelenése mellett a gyógyszercegek csökkent érdeklődése az újabb fejlesztések iránt is komoly gondot jelent. Az újonnan törzskönyvezett antibiotikumok száma 90%-kal csökkent az elmúlt 30 évben [26][27].

Becslések szerint a bakteriális antibiotikum rezisztencia több mint 1,2 millió halálesetet okozott 2019-ben [4]. A multirezisztens kórokozókkal való megfertőződés kockázata az egészségügyi intézményekben

a legnagyobb, a legvesélyeztetettebb korosztály az 5 éven aluliaké. 2023-ra odáig jutottunk, hogy minden ötödik öt éven aluli elhunyt gyerek halála ehhez köthető [28].

AMI NEM ÖL MEG, AZ MEGERŐSÍT?

Az antibakteriális szerek laboratóriumi értékelése során leggyakrabban a minimális gátló koncentráció (MIC) és a minimális baktericid koncentráció (MBC) kifejezéseket használják. A MIC a gyógyszer legalacsonyabb koncentrációja, amely megakadályozza egy baktérium látható növekedését egy éjszakán át tartó tenyésztés után. Minél kisebb a MIC érték annál hatásosabb az antibiotikum. Az MBC az antimikrobiális szer legalacsonyabb koncentrációja, amely megakadályozza a mikroorganizmusok növekedését az antibiotikummentes táptalajra történő áttöltés után (nem növekszik, mert elpusztította a sejteket az antibiotikum) [29][30]. Az MBC-t meghatározhatjuk úgy is, hogy az antibiotikum legalacsonyabb koncentrációja, amely meghatározott időn belül elpusztítja a kiindulási populáció meghatározott hányadát. Például az MBC99 az antibiotikum azon koncentrációja, amely a kiindulási populáció 99%-át pusztítja el [31].

Általában a MIC és MBC értékeket mg L⁻¹ vagy mg mL⁻¹ egységben rögzítik. Ha az MBC értéke nem különbözik jelentősen a MIC értéktől a szer baktericid. Ha a két érték között a különbség jelentős, a szer bakteriosztatikus (pl. tetraciklin). A különbség gyakran

2. táblázat A baktériumok csoportosítása a hatás erőssége szerint [32]

BAKTERIOSZTATIKUS (gátló hatás)	BEKTERICID (baktériumölő)
doxiciklin, eritromicin, klórtetraciklin, oxitetraciklin, szulfametoxazol, trimetoprim	oxacillin, kloxacillin, piperacillin, szulfametoxazol + trimetoprim együtt (5:1 keverék Co-trimoxazol néven)

olyan jelentős, hogy klinikailag elérhetetlen az MBC az emberi gazdaszervezet károsodása nélkül [30]. A 2. táblázat a kísérletek során használt antibiotikumok hatáserősség szerinti besorolását tartalmazza.

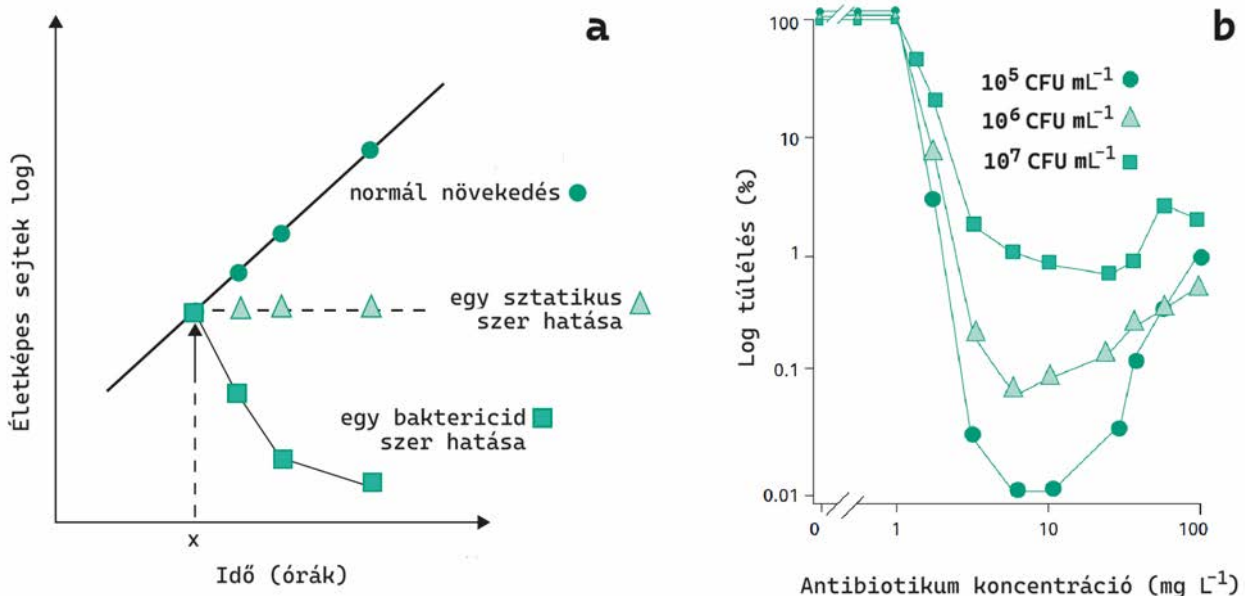
Azonban ezek az értékek önálló törzsek és planktonikus (nem képez biofilmet) szervezetek esetében értelmezhetők. Az MBEC az antimikrobiális szer minimális koncentrációja, amely a mikrobiális biofilm elpusztításához szükséges. A hagyományos antibiotikumok esetében az MBEC-érték 1000-szer magasabb lehet, mint ugyanazon planktonikus mikroorganizmusok MBC-értéke [30]. Biofilm képzés nélkül is befolyásolhatja a nagy sejtszám az antibiotikumok hatását. A nagyobb kezdeti populációsűrűség (baktériumszám) egyes antibiotikumokkal szemben alacsonyabb érzékenységet eredményezhet, ezt

a jelenséget oltóanyag-hatásnak nevezik (inoculum effect) [15].

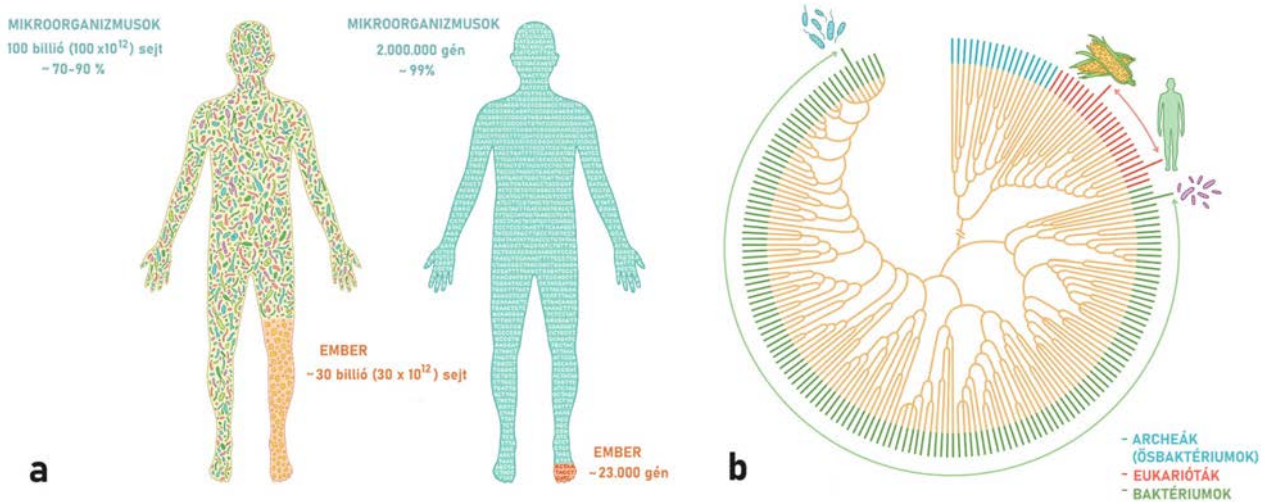
A bakteriosztatikus és a baktericid szerek hatása a későbbi növekedés mintázatára a 8. ábra 'a' grafikonján látható. Az oltóanyag-hatást az *Enterococcus faecalis* és egy fluorokinolon antibiotikum példáján mutatjuk be a 'b' grafikonon.

MI KÖZE EHHEZ A SZENNYVÍZNEK?

A gyógyszerek az elfogyasztásukat követően különböző mértékben átalakulva (anyagcsere-reakciók) ürülnek ki az emberi szervezetből, majd a csatornahálózaton keresztül a szennyvíztisztító üzemekbe jutnak. Ugyancsak ez a sorsa nagyrészt a lejárt szavatosságú gyógyszereknek, amelyekről a lakosság nem szabályos útvonalon szabadul meg, azaz a lefolyóba dobja. Ezzel azonban csak a probléma egyik oldalát világítjuk meg, ugyanis



8. ábra Az 'a' grafikonon látható az X időpontban hozzáadott gátló (bakteriosztatikus) vagy ölő (baktericid) szerek hatása a későbbi növekedés mintázatára (a normál növekedési mintát a vonal jelzi). A 'b' grafikon az ún. oltóanyag-hatás figyelhető meg. *Enterococcus faecalis* túlélése 4 órán át 37 °C-on zajló fluorokinolon hatásának kitéve. Három kiindulási bakteriális koncentrációt vizsgáltak: 10⁵ CFU mL⁻¹ (●), 10⁶ CFU mL⁻¹ (▲) és 10⁷ CFU mL⁻¹ (■) [30].



9. ábra (a) Az ember és mikrobiomjának mennyiségi összehasonlítása (b) A filogenetikai életfa, amely szemlélteti, hogy a különböző élőlények genetikailag mennyire különböznek egymástól [34].

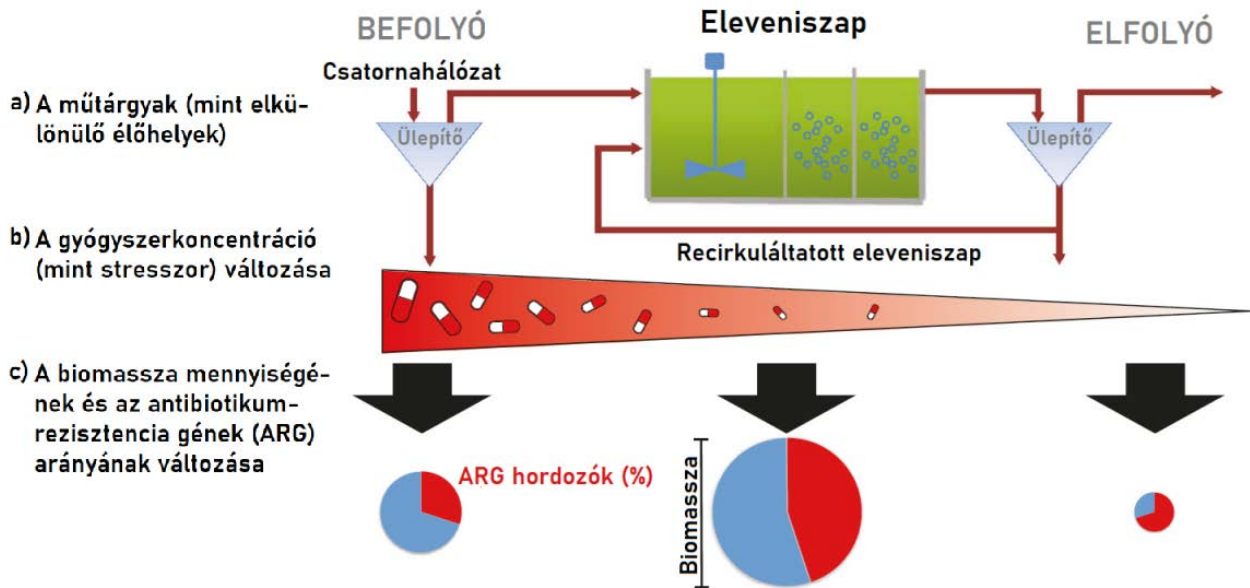
a gyógyszereken kívül a rezisztens baktériumok, illetve a rezisztenciagének transzportja is zajlik.

Az emberi test baktériumok, gombák és más mikroorganizmusok billióinak (10^{12}) ad ott-hont (mikrobiom), amik természetes módon együtt tenyésznek a bőrön, az emésztőrendszerben és a szervezet más pontjain. Körülbelül tízszer annyi mikrobiális sejtet tartalmazunk, mint emberi sejtet, és csak a teljes bélmikrobióta (a baktériumok összessége) akár 2 kg-ot is nyomhat [33]. Becslések szerint az emberi testben 30 billió (30×10^{12}) sejt – kevesebb mint egyharmada – emberi. A másik 70-90% baktériumok és gombák sejtjeiből áll. A szervezetben található egyedi gének kilencvenkilenc százaléka bakteriális, és csak körülbelül egy százaléka emberi gén. Ráadásul a genetikai változatosságot sem az emberi rész adja. A filogenetikai életfa – amely szemlélteti, hogy a különböző élőlények genetikailag mennyire különböznek egymástól – az ember sokkal közelebb van a kukoricához, azaz egy zöld növényhez,

mint akár két közönséges baktérium egymáshoz [34].

A széklet egyetlen grammjával több feleslegessé vált, elhullott baktérium távozik a szervezetből, mint amennyi ember él a Földön [33]. Sokan a betegség tüneteinek enyhülésekor önkényesen abbahagyják az antibiotikum szedését, így a gyógyszerre kevésbé érzékeny kórokozók nem pusztulnak el, és ez fokozza a gyógyszerre rezisztens törzsek kialakulásának esélyét [13]. Ezek a rezisztens baktériumok is kiürülnek egyszer a széklettel. Ráadásul – mint fentebb láttuk – mindegy, hogy élő a baktérium, vagy sem, mert a genetikai anyaga hozzáférhetővé válik a sejt szétesésével. Így az antibiotikum rezisztencia gének is hozzáférhetőek. Emellett a vizelettel antibiotikumok is érkeznek a csatornahálózatba.

Az antibiotikumok a szennyvízben ng L^{-1} , illetve $\mu\text{g L}^{-1}$ koncentrációban jelennek meg, így mennyiségük ahhoz kevés, hogy a szennyvíz baktériumait elpusztítsák, vagy szaporodásukat gátolják. Ugyanakkor



10. ábra A gyógyszer-koncentráció, a mikrobiális biomassza és az antibiotikumrezisztencia-gének (ARG) arányának elméleti változása a szennyvíztisztítás során [35].

a rezisztencia kialakulásához ez a közeg kedvező. A kórházak mellett a szennyvíztisztító telepek is forró pontjai az ún. multirezisztens törzsek kialakulásának. A másik fontos faktor az, hogy rengeteg baktérium van egy helyen, és egymásnak képesek átadni a rezisztenciagéneket (horizontális génátadás) [11][35][36]. Így nem kell közvetlenül találkoznia az antibiotikumnak és a baktériumnak. A génátadásnak annál nagyobb a valószínűsége, minél több baktérium halmozódik fel egy helyen. Ha van ilyen közeg, akkor az a nyers szennyvíz, amelyben milliliterenként 10⁵-10⁸ CFU (telepszám) baktérium tenyészik [12][37][38]. Ráadásul a modern biológiai szennyvíztisztító telepeken a biomaszasűrűség 3 nagyságrenddel növekszik a bioreaktorokban [12]. A MIC-nél kisebb antibiotikumkoncentrációnak is van hatása a baktériumra, de a bakteriosztatikus/baktericid hatást csak a MIC feletti koncentrációnál várhatunk. A MIC

alatti antibiotikumkoncentráció veszélye lehet, hogy a baktériumok közül elpusztítja az érzékenyeket, így a kevésbé érzékenyek, illetve a rezisztensek túlnövekedése várható. Nehéz meghatározni az antibiotikumok biztonságos koncentrációját a szennyvízben, mivel az eredmények nem egyeznek meg azzal kapcsolatban, hogy a MIC-nél alacsonyabb antibiotikumkoncentrációk okozzák-e az ARG szelekcióját [12]. Egyre nyilvánvalóbb azonban, hogy a MIC alatti antibiotikumkoncentrációk pozitívan szelektálhatják a rezisztencia mutációkat, növelhetik az antimikrobiális rezisztenciagének horizontális génátvitelét, és növelhetik a mutációs rátákat. Mindezek növelik a rezisztencia kialakulásának valószínűségét [15].

A szennyvíztisztító telepek jelenleg nem tudnak kellő figyelmet fordítani a mikro-szennyezők eltávolítására, hiszen nem áll

rendelkezésükre megfelelő technológia. A mikroszennyezők az adott vegyület fizikai-kémiai sajátosságaitól függően különböző mértékben távolíthatók el a szennyvízből a tisztítóművekben. Eltávolításuk hatásfoka 0 és 100% között változhat, és a két szélsőérték között bármilyen értéket felvehet. A gyógyszerekkel sincs ez másként. Az Acetaminofen (más néven paracetamol, fájdalomcsillapító) közel 100%-os eltávolítási hatásfoka mellett az Eritromicin (antibiotikum) közel 30%-os eltávolítása jellemző. Azonban az eltávolítás hatékonysága a szennyvíztisztítási technológiától függ leginkább, így létezhet olyan technológia, amelynél az Eritromicin egyáltalán nem vonható ki a rendszerből [39].

A szennyvíz rezisztómiájának nevezzük a szennyvízminták teljes örökítőanyag-készletében előforduló antibiotikum rezisztencia gének összességét, vagyis a szennyvíz antibiotikum rezisztencia gén-gyűjteményét. Az átfogó rezisztómvizsgálatok kimutatták, hogy a szennyvízben megjelenő antibiotikumok és azok hatását blokkoló antibiotikumrezisztencia-gének megjelenése a közegben szorosan összefügg. Az elméleti összefüggéseket a gyógyszer-koncentráció, a mikrobiális biomassza és az antibiotikumrezisztencia-gének (ARG) arányának változása között a 10. ábrán mutatjuk. Ez szinte az összes vizsgált rezisztenciagénre igaznak bizonyult. Kivéteklént az ún. bla géneket említhetjük. A β -laktám antibiotikumok az osztódó baktériumokra hatnak, a sejtfaluk alakját torzítják el. A baktériumok védekező mechanizmusának egyik módja a β -laktamáz enzim előállítás, mely hatástalanítja a gyógyszert. Ezt az enzím típust kódolják a bla gének, amelyek gyakran előfordultak a szennyvízben, annak ellenére, hogy

a β -laktám antibiotikumokat ritkán sikerült kimutatni a vizsgált mintákból [35].

A rezisztenciát gyakran úgy határozzák meg, mint egy sejt öröklődő képességét, hogy magas antibiotikum-koncentráció mellett növekedjen, függetlenül az expozíció időtartamától. A kórházak mellett a szennyvíztisztító telepek is forró pontjai az ún. multirezisztens törzsek kialakulásának, amelyekkel szemben több antibiotikum is hatástalan [11][35][36]. Az ilyen, ún. superbaktériumoknak új dimenzióját jelentik a pánrezisztens baktériumok, mivel nemcsak többféle, hanem jóformán az összes antibiotikummal szemben ellenállóak. A pánrezisztens baktériumok jelenléte sem csupán fantázia kérdése, hiszen a szennyvizek kiterjedt vizsgálata Izraelben igazolta több ilyen kórokozó jelenlétét [40].

NEGYEDIK FOKOZAT ÉS AZ ANTIBIOTIKUM REZISZTENCIA

Az utóbbi években zajlott 'A települési szennyvíz kezeléséről szóló' 91/271/EGK irányelv módosítása. Az irányelv követelményeket fogalmaz meg a szennyvíztisztító telepek energiasemlegességével, az üvegházhatású gázok kibocsátásával, valamint a szennyvíztisztítás hatásfokával kapcsolatban. Az egyik legfontosabb, és egyben legköltségesebb igény, amely a szennyvíztisztító telepekkel szemben jogi szabályozást ölt a mikroszennyezők eltávolítását biztosító negyedik tisztítási fokozat megvalósítása. Ez a szigorítás nem érint minden üzemeltetőt. Elsősorban a 150 000 LEÉ feletti terhelésű szennyvíztisztító telepeket kötelezik a megvalósításra 2045-ig, de a 10 000 – 150 000 LEÉ terhelésintervallumba eső tisztítóművek között is akad majd érintett, indokolt esetben (érzékeny befogadó).

A szerves mikroszennyező anyagok hatékony eltávolítása a szennyvízből negyedik tisztítási fokozat kiépítésével érhető el. A számításba vehető technológiák közül a tisztítási hatások, a beruházási és az üzemeltetési költségek, valamint az energiaigény figyelembevételével, az ózonnal történő oxidáció és az aktív szénen történő adszorpció (PAC: powdered activated carbon, GAC: Granular activated carbon) tekinthető nagyüzemi méretekben is megvalósítható megoldásnak [41]. Az utóbbi pár évben felzárkózni látszik az ózonnal történő oxidáció mellé egy másik nagyhatékony-ságú oxidációs eljárás is (Advanced Oxidation Processes, AOPs), amelynél az ionizáló sugárzást elektrongyorsító segítségével állítják elő.

A negyedik fokozat megválasztásánál fontos szempont lehet a jövőben az adott eljárás antibiotikum, antibiotikum rezisztencia gén (ARG) és kórokozó eltávolítási (eliminációs) hatékonysága.

KONKLÚZIÓ

A szennyvíz nem termelője, hanem terjesztője az antibiotikumoknak. Bár az antibiotikum rezisztencia géneknek átadásában szerepe van a túlzottan optimális környezetnek, amelyet a szennyvíz biztosít, de a gének forrása sem maga a szennyvíz általában. Ezért fontos hangsúlyoznunk, hogy mindig a szennyezés forrásánál kell eliminálni a szennyezést. Nincs ez másként a gyógyszerekkel, így az antibiotikumokkal sem.

Az emberiség felelőssége kollektíven értelmezhető csak ebben a kérdésben, így minden társadalmi szinten megfelelő óvintézkedésekre van szükség. A gyógyszergyártók részéről fontos a megfelelő kisserelési méretek felkínálása, a környezetvédelmi szempontok

integrálása az új hatóanyagok és új terápiák fejlesztésébe. A visszavételi rendszerek kialakítása is feltétlenül szükséges, ahol még nincs meg. A lakosság, illetve az antibiotikum felhasználók részéről elengedhetetlen a felelősségteljes viselkedés, azaz antibiotikumot csak orvosi felírás után szedjenek, a lejárt szavatosságú gyógyszereket ne juttassák a csatornahálózatba. A gyógyszerforgalmazók, gyógyszereszek feladata a betegek tájékoztatása, adott esetben a visszavételi rendszerekben való részvétel. A kórházak esetében fontos lenne a jövőben a sárga szennyvíz (vizelet) elkülönítése, amely valószínűleg az antibiotikumok jelentős hányadát hordozza. A fekete szennyvíz (széklet) külön kezelése az antibiotikum rezisztencia gének miatt indokolt. Ezeket a leválasztott szennyvizet a csatornába vezetés előtt célszerű kezelni, úgy nem terhelné a csatornahálózatot és a szennyvíztisztítókat. Az orvosok részéről megvalósuló felelősségteljes magatartás része, hogy csak a szükséges esetekben és mennyiségben írjanak fel antibiotikumot. Továbbá a betegek megfelelő tájékoztatása is nélkülözhetetlen. Sokan nincsenek tisztában az antibiotikum szedés szabályaival.

A szennyvíztisztítók üzemeltetőinek törekedniük kell a fejlettebb, az antibiotikumok, az antibiotikum rezisztens baktériumok és a rezisztencia gének eltávolítására megfelelő technológiák bevezetésére. Jelenleg a szennyvíztisztítók üzemeltetői nincsenek birtokában a megfelelő anyagi fedezetnek a negyedik fokozat bevezetésére. A jogalkotók felelőssége, hogy segítsenek megteremteni az anyagi hátteret a megvalósításhoz. Mivel nem egyszerűen nemzeti, hanem globális érdek az antibiotikum-rezisztencia megfékezése, fontos, hogy minden ország

kormány felelősségteljesen nyúljon ehhez a problémához. És ugyanez igaz a szakmai szervezetekre is.

‘A települési szennyvíz kezeléséről szóló’ 91/271/EGK irányelv módosítása ugyan nehéz anyagi terheket ró az érintett üzemeltetőkre és országokra egyaránt, de a lehetőséget is meg kell látnunk benne. A negyedik fokozat kiépítése az egyik fontos eszköze lehet az antibiotikum rezisztencia elleni küzdelemnek.

Végül, de nem utolsó sorban kiemelnénk a témához kapcsolódó felvilágosítás

jelentőségét az iskolákban. Az adott korosztályok számára befogadható formában integrálni szükséges a jelenlegi tudásunkat, ismeretanyagunkat. Ezt a tevékenységet jelenleg csak bizonyos üzemeltetők végzik nagyrészt lakossági tájékoztatás formájában. Az egyetemeken ez a komplex témakör megjelent már az oktatásban, főként a környezetmérnök és az orvosi, biológia képzésformák karolták fel az antibiotikum rezisztencia ügyét. Fontos lenne, hogy a középiskolai szintű tananyagban is megjelenjen ez a problémakör. A jövő generációi nem követhetik el újra a hibáinkat.

▶ REFERENCIÁK



GYÓGYSZERHATÓANYAGOK ELTÁVOLÍTHATÓSÁGA KOMMUNÁLIS SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEPEN: MIT NYÚJT A MEGLÉVŐ TECHNOLÓGIA NEGYEDIK TISZTÍTÁSI FOKOZAT NÉLKÜL?

Nagy-Mezei Csenge^{1,2}, Bezsenyi Anikó^{1,3}, Gyarmati Imre¹, Makó Magdolna¹, Kardos Levente²
(*Dulovics Szimpózium díjazottak 2024.*)

¹ Fővárosi Csatornázási Művek Zrt., 1087 Budapest, Asztalos Sándor út. 4.

² Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Környezettudományi Intézet, Agrárkörnyezettani Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

³ Óbudai Egyetem, Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola, 1034 Budapest, Bécsi út 96/b

Kulcsszavak

Kommunális szennyvíz; 91/271/EGK irányelv; gyógyszerhatóanyagok; kometabolizmus

KIVONAT

A felszíni és felszín alatti vízbázisok megóvása mindig is az egyik legfontosabb feladata volt az emberiségnek, azonban a széleskörben alkalmazott, jelentős mennyiségben környezetbe jutó szerves és szervetlen mikroszennyezők környezeti és egészségügyi károsodásokat idézhetnek elő. A több ezer mikroszennyezőből számos vegyületet kimutattak már a szennyvízben, élővizekben is. Mennyiségük csökkentése, a meglévő szennyezés kezelése a közeljövőben a környezetvédelem és az egészségügy egyik kiemelten kezelendő kérdésköre lesz, melynek elősegítéséhez hozzájárulnak a Települési szennyvíz kezeléséről szóló 91/271/EGK irányelvnek a mikroszennyezők eltávolítására és nyomon követésére vonatkozó követelményei is. A gyógyszermaradványok kiemelkedő jelentőséggel bírnak a szerves mikroszennyezők csoportján belül, az antibiotikumoknak pedig külön figyelmet kell szentelnünk

a kapcsolódó antibiotikum-rezisztencia jelensége miatt. A mikroszennyezők csoportján belül a gyógyszerhatóanyagokat vizsgáltuk a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep tisztítósora mentén, a mért koncentrációk alapján következtettünk arra, hogy a kimutatott komponensek eltávolíthatók-e a tisztítóműben (milyen mértékben és melyik egységben), avagy szignifikáns koncentráció-változás nélkül távoznak a tisztított szennyvízzel.

1. MIKROSZENNYEZŐK A KÖRNYEZETÜNKBEN

Általánosan megfogalmazva azokat az anyagokat nevezzük mikroszennyezőknek, melyek már igen kis koncentrációban ($\mu\text{g/L}$, ng/L , $\mu\text{g/kg}$, ng/kg) egészségügyi és környezeti károsodást idézhetnek elő. A mikroszennyezők csoportján belül megkülönböztetünk szervetlen (pl. nehézfémek) és szerves (pl. gyógyszerhatóanyagok, műanyagok, peszticidek,) anyagokat (1. ábra).



1. ábra: A környezetben és a természeti szférákban megjelenő különféle szerves és szervesetlen mikroszennyező anyagok

PTE: Potenciálisan toxikus fémek

PCP: Personal Care Products

A mikroszennyezők körébe tartozó anyagok gyakran perzisztens jellegük miatt nehezen vagy egyáltalán nem bonthatók biológiai úton, ezáltal akkumulálódhatnak a természeti közegekben (pl. élővizek, talaj) és az élő szervezetben is. A mikroszennyezők csoportján belül számos vegyületet széles körben és nagy mennyiségben alkalmaznak az iparban, emiatt jelentős mennyiségben vannak jelen környezetünkben. Szakirodalmi adatok szerint a mikroműanyagok oly mértékben perzisztensek és elterjedtek, hogy ezeket az anyagokat kimutatták már az emberi vérben (Leslie és mtsai 2022), tüdőszövetben (Yee és mtsai 2021), valamint anyatejben (Ragusa és mtsai 2022) is. Az antibiotikumok hatása, jelenlétük kockázata az antibiotikum rezisztencia fokozott terjedése miatt ma már vitathatatlan. Az antibiotikumok túlzott fogyasztásának eredményeként (humán egészségügyi vagy állatgyógyászati célból egyaránt) egyre több, az antibiotikumokkal szemben ellenálló baktérium törzs fejlődik

ki (Kon és Rai 2016, Méhi 2019). 2019-ben a WHO az antibiotikum rezisztenciát a világ egészségét fenyegető tíz legnagyobb veszély közé sorolta (who.int). Az antimikrobiális rezisztencia visszaszorítása érdekében számos intézkedést hozott az Európai Unió (eca.europa.eu).

A mikroszennyezők kérdésköre jelentősen érinti a szennyvíztisztítási ágazatot, mivel ezek az anyagok jelentős része a vízi közegben, a szennyvízzel terjed, dúsul. Eltávolításuk speciális és drága tisztítási technológiát (ún. negyedik tisztítási fokozatot) igényel, mivel a hagyományos szennyvíztisztítási eljárások nem alkalmasak minden, a tisztítótelepre érkező szennyezőanyag eltávolítására.

2. GYÓGYSZERFOGYASZTÁS VILÁGSZERTE: MILYEN HATÓANYAGOKAT TALÁLHATUNK A SZENNYVÍZBEN?

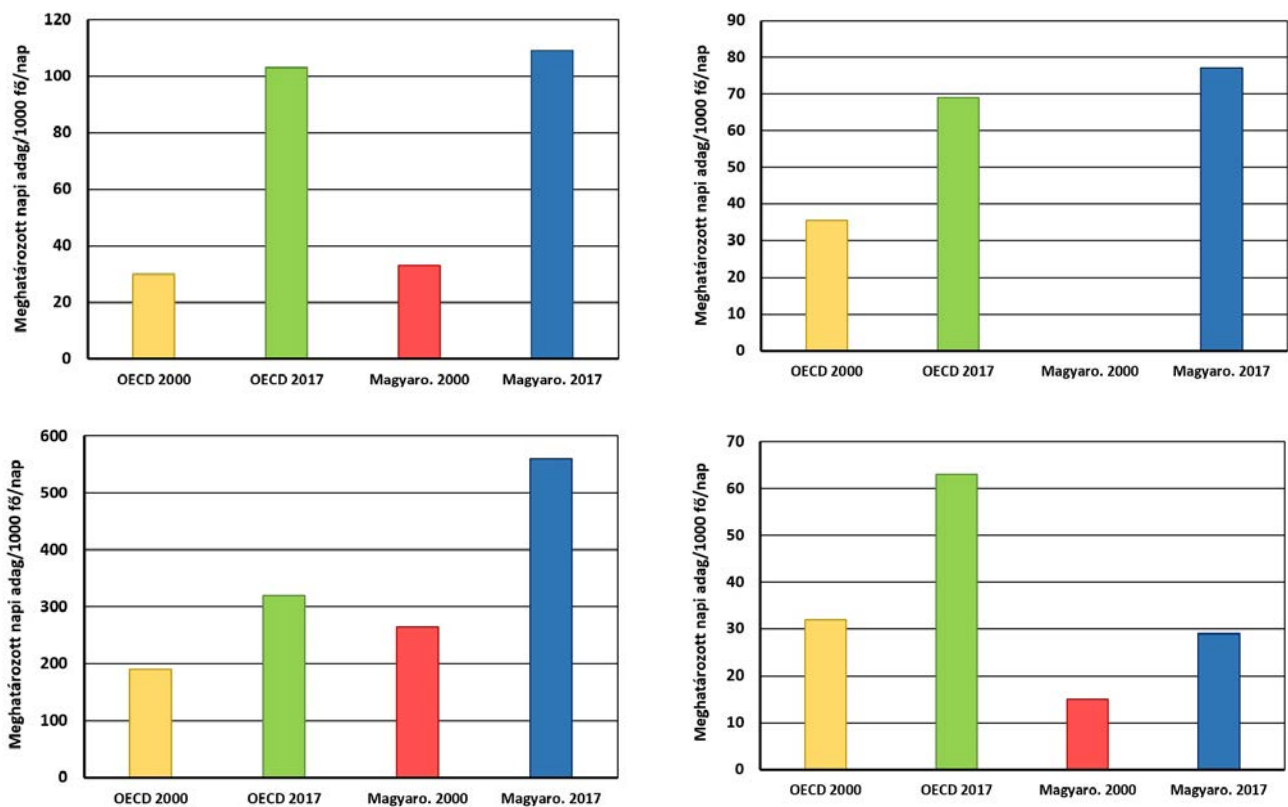
A vízi közegekben (pl. felszíni vizekben, szennyvízben) megjelenő mikroszennyezők közül

a gyógyszerek kiemelkedő jelentőséggel bírnak, hiszen ezeket a vegyületeket nagy mennyiségben alkalmazza az emberiség, emellett változatos módon hathatnak az élőlényekre, bizonyos gyógyszertípusok (pl. antibiotikumok) pedig komoly népegészségügyi kockázatot is hordozhatnak (who.int). Becslések szerint ember- és állatgyógyászati célokra évente több százezer tonna gyógyszerhatóanyagot használunk világszerte (Zenker és mtsai 2014).

Az utóbbi évek tendenciáját tekintve megállapíthatjuk, hogy az ezredforduló óta növekszik a gyógyszerfogyasztás mértéke. A Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD) országainak fogyasztási adatai alapján a koleszterinszint-csökkentők (pl. atorvasztatin, fluvasztatin, gemfibrozil,

(2. ábra, a), az antidiabetikus gyógyszerek (pl. metformin, ramipril) (2. ábra, b), a vérnyomáscsökkentő készítmények (pl. amlodipin, enalapril, metoprolol) (2. ábra, c), valamint az antidepresszánsok (pl. fenobarbitál és a fluoxetin) (2. ábra, d) használata is jelentősen megugrott 2000-től 2017-ig, ezt a tendenciát hazánkban egyaránt megfigyelhetjük (González Peña és mtsai 2021).

Ha megtekintjük a korábbi évek gyógyszerfogyasztási adatait Magyarországon (1. táblázat), következtethetünk arra, hogy mely gyógyszerhatóanyagokkal találkozhatunk nagyobb valószínűséggel a különféle felszíni és felszín alatti vizekben. A 2018. évi összesítő adatok alapján több antibiotikum is megjelenhet a szennyvízben, az amoxicillin mellett az azitromicin, a levofloxacin

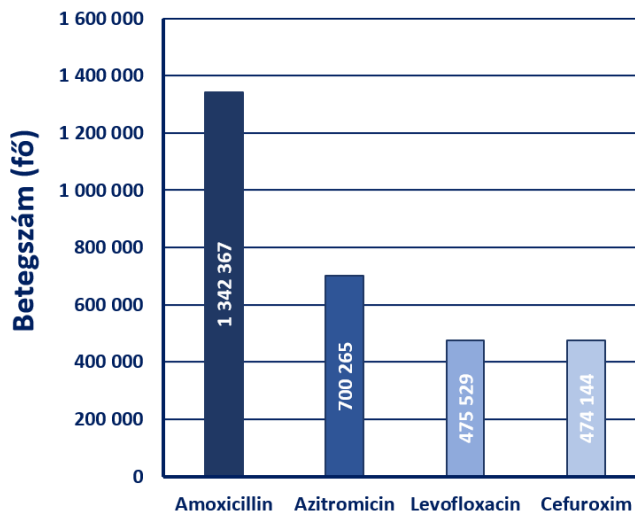


2. ábra: Gyógyszerhatóanyagok fogyasztása az OECD-országokban 2000 és 2017 között (González Peña és mtsai 2021)

Gyógyszerhatóanyag	Betegszám (fő)
Amoxicillin	1 342 367
Kolekalciferol	708 459
Azitromicin	700 265
Acetilszalicilsav	682 572
Pantoprazol	663 339
Perindopril	553 575
Nebivolol	534 006
Allopurinol	515 556
Rosuvastatin	507 826
Amlodipin	489 764
Famotidin	488 329
Levofloxacin	475 529
Cefuroxim	474 144
Diclofenac	461 196
Naproxen	452 722

1. táblázat: Magyarországon 2018-ban leggyakrabban alkalmazott gyógyszerhatóanyagok (neak.gov.hu)

és a cefuroxim is helyet kapott a hazánkban gyakran használt antibiotikumok sorában (3. ábra) (neak.gov.hu). Láthatjuk, hogy 2018-ban csaknem 3 millió fő váltott ki antibiotikumot Magyarországon. Antibiotikumok mellett pl. koleszterinszint-csökkentőt (rosuvastatin), nem-szteroid gyulladáscsökkentőket (Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drugs, NSAIDs) (diklofenac, naproxen) és gyomorsavtermelést gátlókat (pantoprazol, famotidin) is találunk (1. táblázat). Fontos azonban megjegyezni, hogy az efféle adatbázisokban közölt, éves összesítő adatok alapján nem kapunk pontos képet a beérkező szennyvíz minőségéről, mivel az itt feltüntetett gyógyszerkészítmények csupán a vényre kapható termékek, továbbá szükséges tanulmányozni a havi/évszakos fluktuációt, illetve a helyi viszonyokat (pl. gyógyszergyár jelenléte a vízgyűjtő területen) is annak érdekében, hogy következtetni tudjunk a szennyvízben jelenlévő hatóanyagok jelenlétére.



3. ábra: Magyarországon 2018-ban leggyakrabban alkalmazott antibiotikumok (neak.gov.hu)

3. MIKROSZENNYEZŐKKEL KAPCSOLATOS JOGI SZABÁLYOZÁS AZ EURÓPAI UNIÓBAN: A 91/271/EGK IRÁNYELV ÉS ANNAK MÓDOSÍTÁSA

A települési szennyvíz kezeléséről szóló 91/271/EGK irányelvet 1991. május 21-én fogadta el az Európai Közösségek Tanácsa. Az irányelv a települési szennyvíz összegyűjtésére, kezelésére és kibocsátására, valamint egyes ipari szektorok (pl. agrár-élelmiszeripar) szennyvizének kezelésére és kibocsátására vonatkozó uniós szintű szabályokat határoz meg, célja pedig a vízi környezet megóvása a szennyvízkibocsátások káros hatásaitól. A 91/271/EGK irányelv 1991. május 29-én lépett hatályba, ezt követően több módosítása is napvilágot látott, melyekben az egyes uniós országokban különbözőképpen értelmezett szabályokat egyértelműsítik (eur-lex.europa.eu). Az irányelv legújabb módosítása az utóbbi években szakmai egyeztetés alatt állt,

a módosított szöveget 2024 áprilisában fogadta el az Európai Parlament. Az irányelv követelményeket fogalmaz meg a szennyvíztisztító telepek energiasemlegességének megvalósítására, az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére, valamint a szennyvíztisztítás hatásfokának növelésére vonatkozóan. Utóbbi egyrészt a tisztított szennyvíz kibocsátási határértékeinek szigorításával (pl. nitrogén- és foszforformák koncentrációja), másrészt a mikroszennyező anyagok eltávolításával valósulhat meg. A mikroszennyezők eltávolítása speciális, ún. negyedik tisztítási fokozat bevezetésével történhet, ilyen tisztítási fokozatra a magyarországi szennyvíztisztító telepeken jelenleg nincs példa (ksh.hu). Az irányelv módosításában a negyedik tisztítási fokozat kiépítési kötelezettségét lakos-egyenértéktől (LE, 1 LE = 60 g BOI5/fő/nap) és kockázatértékeléstől függően állapítják meg. Várhatóan 2045-ig a 150 000 LE feletti terhelésű telepeknek, indokolt esetben a 10 000 – 150 000 LE terhelésű telepeknek is szükséges létesíteni a mikroszennyezők eltávolítására alkalmas szennyvízkezelési technológiát (91/271/EGK irányelv legutóbbi módosítása, 2024). A negyedik tisztítási fokozat kiépítése mellett az irányelv tartalmazza a mikroszennyezők minőségi és mennyiségi meghatározásának és nyomon követésének kötelezettségét is.

4. MI TÖRTÉNIK A GYÓGYSZERHATÓANYAGOKKAL A SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEPEN?

A kommunális és ipari szennyvízzel érkező gyógyszerhatóanyagok és metabolitjaik sorsa számos fizikai-kémiai paramétertől, környezeti tényezőtől, valamint technológiai

adottságtól függhet. Ezek alapján a tisztítótelepeken a gyógyszerhatóanyagok:

- a) Adszorbeálódhatnak a primer vagy főlős iszapon, illetve abszorbeálódhatnak a biomaszra belső szerkezetében,
- b) Lebontásra kerülhetnek a tisztítótelep baktérium közössége által,
- c) Eltávolításra kerülhetnek a negyedik tisztítási fokozaton,
- d) Távozhatnak a tisztított szennyvízzel a befogadóba

A szerves molekulák különféle fizikai-kémiai jellemzőik alapján szorpciós folyamatokban vehetnek részt. Adszorpció (a) során a gyógyszerhatóanyagok pozitív töltésű molekuláriszei kerülnek kölcsönhatásba az eleveniszap negatív töltésű baktériumpelyheivel, illetve abszorpció (a) esetén a szerves molekulák vagy molekuláriszei a biomaszra lipofil belső szerkezetébe jutnak. Ilyen fizikai-kémiai jellemzők a savi disszociációs állandó (pKa), az n(normál)-oktanol – víz megoszlási hányados (Kow), valamint a szerves szén – víz megoszlási hányados (Koc) (4. ábra). A szennyvíz jellemző pH értéke a szennyvízvonali technológiában 7,5 – 8,0 érték közötti. Amennyiben a vizsgált gyógyszerhatóanyag savi disszociációs állandója kisebb, mint a szennyvíz pH értéke, a molekula disszociál a szennyvízben. Ez azt eredményezi, hogy negatív töltésű ionként, oldott formába kerül a gyógyszerhatóanyag molekula. Ha a vizsgált gyógyszerhatóanyag savi disszociációs állandója nagyobb, mint a szennyvíz pH értéke, a molekula nem disszociál a szennyvízben, ezáltal nagyobb valószínűséggel dúsulhat a biomaszában. Az n-oktanol – víz megoszlási hányados, illetve a szerves szén – víz megoszlási hányados a molekulák szerves fázishoz való kötődési hajlamáról, lipofilitásáról adnak információt.

	LogKow	pKa	logKoc
	n-oktanol - víz megoszlási hányados	Savi disszociációs állandó	Szerves szén - víz megoszlási hányados
	Kow = koncentráció n-oktanolban / koncentráció vízben	Egy sav oldatbeli erősségének kvantitatív mértéke, a savak disszociációjának egyensúlyi állandója	Koc = koncentráció a talaj szerves széntartalmában / koncentráció vízben
KATEGÓRIÁK	I. $\log Kow < 1,5$ Nagyon alacsony szorpciós potenciál II. $1,5 < \log Kow < 2,5$ Alacsony szorpciós potenciál III. $2,5 < \log Kow < 4$ Közepes szorpciós potenciál IV. $4 < \log Kow$ Nagy szorpciós potenciál	I. $<$ Szennyvíz jellemző pH-ja A gyógyszer disszociál a szennyvízben II. Szennyvíz jellemző pH-ja $<$ A gyógyszer nem disszociál a szennyvízben	I. $\log Koc < 3$ jellemzően nem kötődik az iszapfázishoz II. $3 < \log Koc < 5$ szignifikáns kötődés az iszapfázishoz III. $5 < \log Koc$ teljes mértékben kötődik az iszapfázishoz

4. ábra: A gyógyszerhatóanyagok szorpciós és biológiai lebontási folyamatainak értékelése során figyelembe vett fizikai-kémiai paraméterek

Az említett megoszlási hányadosok nagyobb értékei esetén (4. ábra, „KATEGÓRIÁK” sor) feltételezhetjük az adott gyógyszermolekuláról, hogy feldúsulhatnak a szennyvíziszapban (Omil és mtsai 2009, Melicz és Oláh 2022).

A gyógyszermaradványok biológiai lebontása (b) gyakran az ún. kometabolizmussal valósul meg, amely során különféle baktériumok, az enzimeik véletlenszerű hibás működése következtében képesek lehetnek gyógyszermolekulákat is bontani. Ehhez szükséges, hogy az adott szerves mikroszennyező

mellett bőségesen rendelkezésre álljon a baktérium alapszubsztrátja (pl. autotróf nitrifikáló baktériumok esetében ammónia, avagy heterotróf denitrifikáló baktériumok esetében gyorsan bontható szervesanyag) is (Omil és mtsai 2009, Melicz és Oláh 2022).

A kometabolizmus jelenségét számos baktérium törzsnél igazolták már. A szakirodalmi adatok szerint vannak olyan gyógyszerhatóanyagok, melyeket a baktériumok nagy határfokkal képeset kometabolikus úton bontani, erre néhány példát találunk az 2. táblázatban. Más források szerint az acetaminofen

Gyógyszerhatóanyag	Lebontási hatékonyság	Biomassa/törzs	Forrás
Acetaminofen	~100%	<i>Delftia tsuruhatensis</i>	De Gusseme és mtsai (2011)
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	
Diklofenák	75%	Eleveniszap	Langenhoff és mtsai (2013)
	70%	<i>Labrys portucalensis</i> F 11	
Ibuprofén	35%	Brevibacterium D4	Bessa és mtsai (2017)
	~100%	Eleveniszap	Langenhoff és mtsai (2013)
Karbamazepin	50%	<i>Pseudomonas</i> sp. CBZ-4	Li és mtsai (2013)

2. táblázat: A kometabolikus lebontás néhány igazolt esete

(paracetamol) és az ibuprofén kometabolikus bontása igazoltan nagy hatásfokkal működik az eleveniszapos fokozaton, csaknem 100 %-os eltávolítási hatásfokra lehetnek képesek a baktériumok (jellemzően ammónia-oxidáló – Ammonia oxidizing bacteria, AOB; és nitrit-oxidáló – Nitrite oxidizing bacteria, NOB) (Bezsenyi és mtsai 2019).

Fontos megjegyezni, hogy a szorpciós folyamatok elősegítik a szén- és tápanyagforrásul szolgáló szubsztrátok biológiai lebontását, tehát esetenként a gyógyszerhatóanyagok biológiai bontását is, mivel e folyamatok segítségével hozzáférhetőbb formába kerülnek a tápanyagok a baktériumok számára.

A negyedik tisztítási fokozat (c) a mikroszennyezők eltávolításának speciális technológiáit foglalja magába. Ezek közül legismertebbek a nagyhatékonyságú oxidációs eljárások (Advanced Oxidation Processes, AOPs), melyek során szabad gyökök generálása történik (pl. ózonnal történő oxidáció, UV sugárzás alkalmazása, radiolízisen alapuló módszerek), ezzel történik a szerves molekulák kémiai oxidációja. Az AOP technológiák előnye, hogy segítségével nemcsak eltávolíthatók, hanem bonthatók is a gyógyszerhatóanyagok. Jelentős szerephez juthatnak ezáltal a jövőben az AOP technológiák az antibiotikum-rezisztencia elleni küzdelemben, hiszen kémiai oxidáció útján képesek roncsolni a rezisztenciagének szerkezetét is. Az AOP technológiák mellett széleskörben elterjedten használt negyedik fokozatú eljárások az aktívszenes szűrés (Powdered activated carbon – PAC, Granular Activated Carbon – GAC) vagy a membrántechnológia. A negyedik tisztítási fokozattal már rendelkező szennyvíztisztító telepeken gyakran az említett technológiákat kombinálják a mikroszennyezők minél

nagyobb hatásfokú eltávolítása érdekében, valamint az AOP technológiák alkalmazása során keletkező potenciálisan káros melléktermékek (pl. formaldehid) kezelésére. Ilyen kombinált eljárás például az ózonnal történő oxidáció, kiegészítve aktívszenes szűréssel (Liu és mtsai 2015, Qutob és mtsai 2022).

Magyarország szennyvíztisztító telepein jelenleg sehol nem áll rendelkezésre negyedik tisztítási fokozat, azonban a korábbi fejezetekben említett 91/271/EGK irányelv legutóbb elfogadott módosításában foglaltak szerint a 150 000 LE feletti terheléssel rendelkező tisztítótelepeken kötelezően be kell vezetni a negyedik tisztítási fokozatot 2045-ig.

A szennyvízzel beérkező gyógyszerhatóanyagok egy része akár koncentrációcsökkenés nélkül, változatlan formában távozhatnak az élővizekbe (d). Ha nem történik fizikai (szorpció vagy valamilyen szűrési eljárás), biológiai (kometabolizmus) vagy kémiai (AOP technológiák) eltávolítás, akkor a befogadó víztest vízhozama által létrejövő hígulási, keveredési folyamatok idézik elő a környezetbe kerülő gyógyszerhatóanyagok koncentrációjának természetes csökkenését. Különböző környezettoxicológiai mutatók segítenek annak meghatározásában, hogy az élővizekbe jutott gyógyszerhatóanyagok milyen koncentráció érték alatt nem hoznak jelentős környezeti kockázatot.

5. GYÓGYSZERHATÓANYAGOK ELTÁVOLÍTHATÓSÁGA KOMMUNÁLIS SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEPEN

5.1. Mintavételi helyek meghatározása

A gyógyszerhatóanyagok eltávolíthatóságát, annak hatásfokát, valamint koncentrációjának változását vizsgáltuk a Dél-pesti

Szennyvíztisztító Telepen. A Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep Magyarország első szennyvíztisztítója, 4 budapesti kerület (XVIII., XIX., XX. és XXIII.), továbbá néhány agglomerációs település (Gyál, Üllő és Vecsés) területén keletkező és elvezetett, jellemzően kommunális szennyvíz, valamint részben az itt összegyűjtött csapadékvíz tisztításáról gondoskodik. A tisztítómű lakosegyenértékben kifejezett kapacitása 293 000 LE, hidraulikai kapacitása 80 000 m³/nap, míg átlagos napi terhelése ettől lényegesen kisebb (50 – 55 000 m³/nap). A tisztított szennyvíz befogadója a Ráckevei (Soroksári)-Duna, mely fokozottan érzékeny vízbázis.

A tisztítótelep szennyvízvonalai technológiájának jellemző pontjain mintavételi helyeket határoztunk meg, összesen ötöt. A vizsgált gyógyszerhatóanyagok eltávolítási hatásfokát a befolyó nyers szennyvízben és az elfolyó tisztított szennyvízben kimutatott gyógyszerhatóanyagok koncentrációjának változásával határozhatjuk meg. A tisztítótelepen kétlépcsős biológiai tisztítófokozat működik. A mechanikai tisztítást követő nagyterhelésű eleveniszapos egység előtt és után is vettünk mintavételt annak érdekében, hogy az első biológiai tisztítási fokozat gyógyszerhatóanyag eltávolítási hatásfokát meghatározzuk, ahol a reaktorok térrészének első 25 %-ban anoxikus körülmények uralkodnak (elő-denitrifikáció), a fennmaradó 75 %-ban pedig aerob körülmények között a szennyvíz szervesanyag-tartalmának eltávolítása zajlik. A második biológiai tisztítási fokozaton a szennyvíz nitrogén-tartalmának eltávolítása történik. Ez a folyamat a BIOFOR™ műtárgyban, kétlépcsős (nitrifikáció, majd utó-denitrifikáció) fix-filmes, égetett agyagszemcse töltetű bioszűrő rendszerben valósul meg.

Annak érdekében, hogy a nitrifikációs, illetve a denitrifikációs bioszűrők gyógyszereltávolítási hatásfokáról is nyerjünk információt, köztes mintavételre is sor került (nitrifikációs szűrők után). A denitrifikációs szűrőkről távozó víz az utolsó mintavételi pont, ami a telepről távozó tisztított szennyvíz gyógyszerhatóanyag-tartalmáról ad információt.

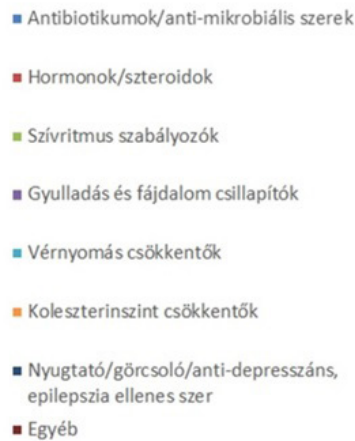
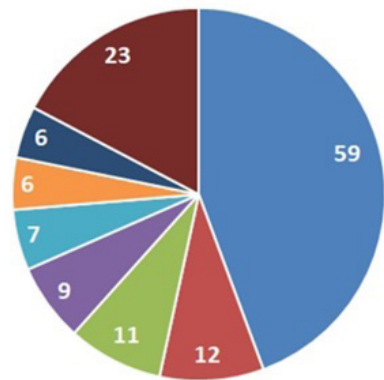
5.2. Mintavételi és vizsgálati módszer

A gyógyszermaradványok koncentrációváltozásának meghatározásához átlagmintákat vettünk a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep szennyvízvonalai technológiai sorának öt pontjáról (ld. 5.1. fejezet). A mintavétel időtartama egységesen 24 óra volt, 2023.08.23. 7:30 – 08.24. 7:30 intervallumban. A vizsgált gyógyszerhatóanyagok koncentrációinak meghatározását egy, az adott komponensek vizsgálatára akkreditált laboratórium végezte el nagy teljesítményű folyadékkromatográfiával kapcsolt tandem tömegspektrometria (HPLC-MS/MS) eljárással. A legtöbb gyógyszerhatóanyag esetében a laboratórium belső szabványa, néhány komponens esetén pedig az EPA Method 1694:2007 szabvány szerint történt a vizsgálat. A kimutatási határ 0,1 µg/L, valamint 0,01 µg/L volt alkalmazott technikától függően, egyedi komponensek esetén pedig 5 µg/L (metformin), illetve 20 µg/L (amoxicillin) volt.

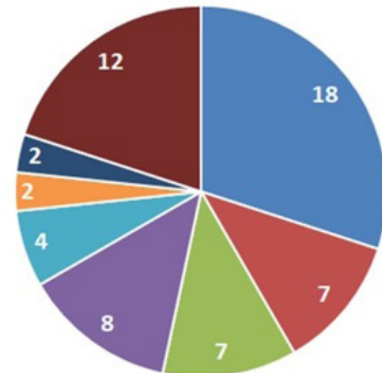
5.3. Eredmények és értékelésük

A szennyvízvonalai mintavételek mellett a szennyvíztelep iszapvonalán is vettünk átlagmintákat, azonban a szennyvíziszapoknál alkalmazott magas kimutatási határ miatt csupán néhány komponens jelenlétét sikerült

Vizsgált gyógyszermaradványok
(összesen 133 db)



Kimutatott gyógyszermaradványok
(összesen 60 db)



5. ábra: Vizsgált és kimutatott gyógyszerhatóanyagok a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep szennyvíz és szennyvíziszap mintáiban

igazolni. Ebből kifolyólag ez a tanulmány kizárólag a szennyvízvonal mintáiból kimutatott gyógyszerhatóanyagok elemzésével foglalkozik. A laboratórium által vizsgált 133 komponens közül 60-at sikerült legalább egy szennyvíz vagy szennyvíziszap mintából kimutatni. A vizsgált és kimutatott gyógyszerhatóanyagok megoszlását az 5. ábra szemlélteti. Az eredmények értékelésénél figyelembe vettük az adott gyógyszervegyület szorpciós tulajdonságait, az adott technológiai fokozat sajátosságait, és az adott technológiai fokozaton jellemzően előforduló baktériumközösséget. Az értékelt gyógyszerhatóanyagok közül a néhány jellemző példát a következő alfejezetekben ismertetünk.

5.3.1. Hazánkban leggyakrabban alkalmazott gyógyszerhatóanyagok megjelenése és eltávolítási hatásfoka a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telepen

A 15 leggyakrabban kiváltott gyógyszer közül 5 komponenst sikerült kimutatni a szennyvízmintákból (6. ábra). Az amoxicillin jelenlétét

nem sikerült igazolni, amit az alkalmazott vizsgálati módszer kiemelkedően magas kimutatósi határa (20 µg/L) indokolhat.

Az azitromicint, Magyarországon a 3. leggyakrabban kiváltott gyógyszert, azonban szintén csak kis koncentrációban sikerült kimutatni a szennyvíztisztító telepre befolyó, nyers szennyvízben (0,08 µg/L). A csurgalékvízbeli viszonylag magas koncentrációja (0,5 µg/L) alapján valószínűsíthető, hogy a leválasztott nyers és fölősiszapon adszorbeálódik, amit fizikai-kémiai jellemzői (pKa = 8,74, logKow = 3,2, logKoc = 3,64) is megerősítenek, illetve koncentrációja a biológiai tisztítási sor mentén csak minimális mértékben csökken.

A magas vérnyomás kezelésére szolgáló amlodipin a technológiára jellemző semleges pH-n nem disszociál, alacsony affinitással adszorbeálódik a szennyvíziszapon (pKa = 9,4, logKow = 2,1, logKoc = 1,57), ennek ellenére a csurgalékvízbeli koncentrációja egy nagyságrenddel nagyobb, mint a tisztítás főáramában.

A gyomorsav termelődését gátló famotidin koncentrációja az előüleptetés során

nagymértékben lecsökken, ami arra utalhat, hogy a primer iszapon adszorbeálódik.

A diklofenák nem-szteroid gyulladáscsökkentő gyógyszer, koncentrációja a technológia jellemző pontjain közel azonos, biológiai bontása a szakirodalom szerint kis hatékonysággal megy végbe, ennek hatásfoka 35 és 75 % közötti (Bezsenyi és mtsai 2019). A $pK_a = 3,99-4,3$ a jellemző szennyvíz pH alatt van, tehát negatív töltésű ionokra disszociál, várhatóan a vízfázisban dúsul, azonban LogKow és LogKoc értékei (rendre 4,0 és 2,76) alapján a szerves anyagokhoz való kötődése valószínűsíthető, ez utóbbit támaszthatja alá az anaerob rothasztás csurgalékvizében mért magasabb koncentráció érték (3,7 $\mu\text{g/L}$) is.

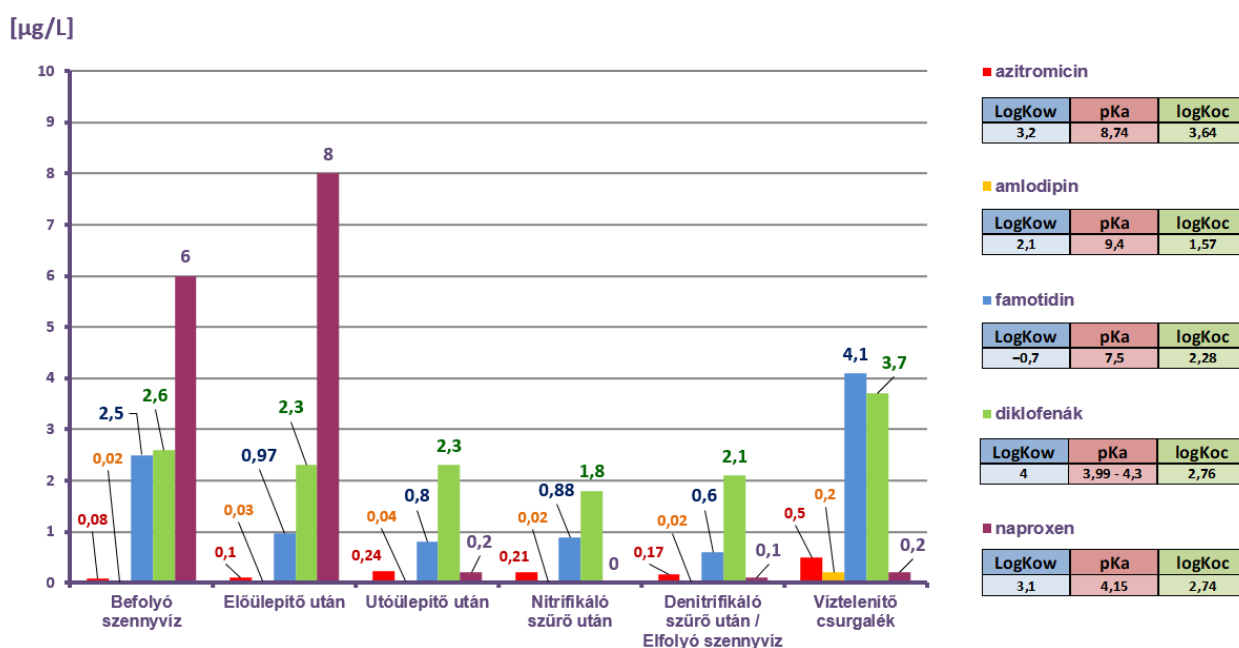
Szintén nem-szteroid gyulladáscsökkentő hatóanyag a naproxen, szakirodalmi adatok alapján nem tartozik a könnyen bontható mikroszennyezők közé, ugyanakkor a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep nagyterhelésű

eleveniszapos rendszerében szinte teljes mértékben leválasztásra kerül (koncentrációja 8,0-ról 0,2 $\mu\text{g/L}$ -re csökkent).

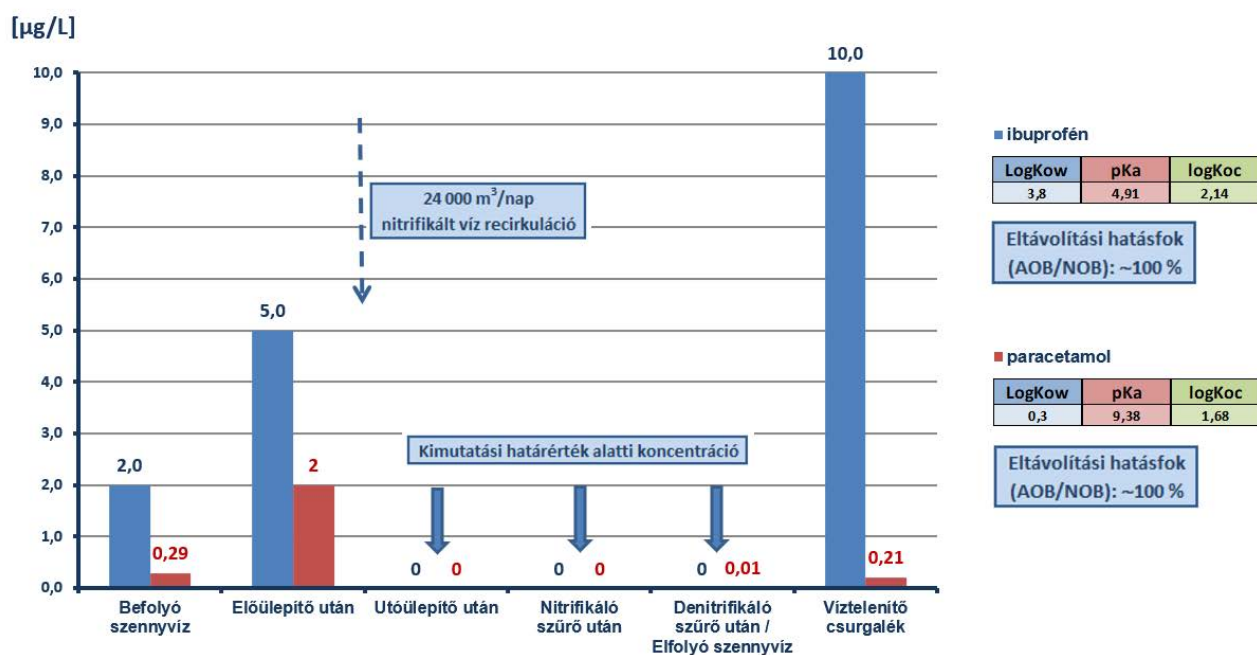
A levofloxacin, valamint a cefuroxim hatóanyagok az amoxicillinhez hasonlóan szintén kimutatási határ alatt voltak. Az ebben a fejezetben említett antibiotikumok kis mennyiségét, kimutatási határ alatti koncentrációját a bakteriális fertőzések által jellemzően kevésbé terhelt mintavételi időszak indokolhatja.

5.3.2. Kometabolizmus a Dél-pesti Szennyvíztisztító technológiai folyamataiban

Az ibuprofén és a paracetamol (acetaminofen) koncentrációja az előülepítést követő nagyterhelésű eleveniszapos biológiai tisztítás során kimutatási határérték alá csökken (7. ábra). A szakirodalmi adatok alapján ezen komponensek nagy hatásfokú (~100 %) eltávolítása kometabolikus úton a nitrifikáló



6. ábra: Hazánkban leggyakrabban alkalmazott gyógyszerhatóanyagok koncentrációjának változása a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telepen, LogKow, pKa, LogKoc értékekkel



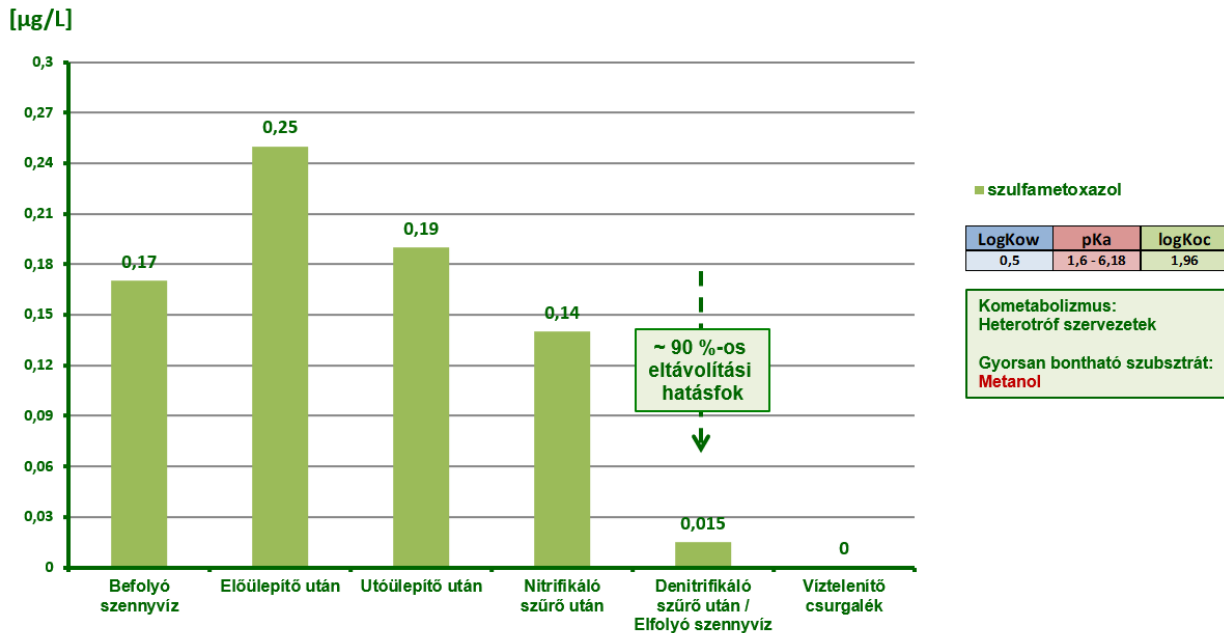
7. ábra: Nitrifikáló baktériumok által eltávolított komponensek koncentrációjának változása a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telepen, LogKow, pKa, LogKoc értékekkel

mikroorganizmusokhoz köthető (Bezsenyi és mtsai 2019). A Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep nagyterhelésű eleveniszapos rendszerében átlagosan 1,5 nap az eleveniszap tartózkodási ideje, ami nem elegendő a nitrifikáló baktériumok nagymértékű elszaporodásának, azonban a második biológiai tisztítási fokozat nitrifikációs bioszűrőinek visszamosatása során leválasztott autotróf baktérium szaporulat az eleveniszapos reaktorokba van visszavezetve, ahol egyrészt magas vízhőmérséklet esetén (nyáron) konstans, de részleges nitrifikációt képes biztosítani, másrészt megfigyeléseink szerint lehetővé teszi a ibuprofén és a paracetamol kometabolikus úton történő lebontását.

Az iszapvíztelenítés csurgalékvizében mért kiemelkedően magas koncentrációja (10 µg/L) alapján az ibuprofén eltávolításában a biotranszformáción kívül az iszapfázishoz történő szorpciónak is komoly szerepe van. Hidrofób

tulajdonsága (LogKow = 3,8) alapján közepes/nagy affinitással kötődhet az iszapfázishoz. A paracetamol koncentrációja a csurgalékvízben viszonylag alacsony volt (0,21 µg/L), ami a jellemző fizikai-kémiai paramétereivel (LogKow = 0,3 és LogKoc = 1,68) együtt igazolja az iszapfázishoz való kis szorpció affinitást.

Az eredmények alapján a bakteriális fertőzések kezelésére széles körben alkalmazott szulfametoxazol koncentrációja legnagyobb mértékben (~90 %) az utó-denitrifikációs bioszűrőkön csökkent le (8. ábra), ahova a nitrát nagysebességű eltávolításához biológiailag könnyen bontható szubsztrátot, metanolt adagolnak. Valószínűleg a denitrifikációt biztosító heterotróf-metilotróf baktériumok metán-monooxygenáz enzime a saját szubsztrátja (metanol) mellett véletlenszerűen módosítja a gyógyszermaradványok szénvázát is (kometabolizmus). A szulfametoxazol



8. ábra: Szulfametoxazol koncentrációjának változása a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telepen, LogKow, pKa, LogKoc értékekkel

biológiailag nehezen bontható vegyületnek minősül, a szakirodalmak szerint kometabolikus eltávolításának hatásfoka is mindössze 15-35,6 % (Bezsényi és mtsai 2019, Beszényi és mtsai. 2020), LogKow = 0,5, pKa = 1,6-6,18, LogKoc = 1,96 értékei alapján jelentős mértékű szorpciójára szennyvíziszapokon nem kell számítani. Mindebből láthatjuk, hogy a szennyvíztisztítóművek felméréséhez fontos a hosszútávú és reprezentatív, megfelelő elosztásban történő (pl. évszakonként vagy havi rendszerességgel) mintavétel és az eredmények kiértékelése.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A települési szennyvíz kezeléséről szóló 91/271/EGK irányelv legutóbbi módosítása 2024-ben került elfogadásra, mely többek között követelményeket fogalmaz meg a szennyvíztisztítás hatásfokának növelésére

vonatkozóan is. A mikroszennyezők eltávolításával kapcsolatban is kerültek megfogalmazásra előírások, 2045-ig minden 150 000 LE feletti terhelésű szennyvíztisztítónak rendelkeznie kell negyedik tisztítási fokozattal, emellett a 10 000 – 150 000 LE közötti telepeken kockázatértékelést követően szükség esetén szintén alkalmazni kell a mikroszennyezők eltávolítására alkalmas tisztítási fokozatot. A várható szigorítások kihívást jelentenek a szennyvíztisztító telepek számára, nemcsak a negyedik tisztítási fokozat létesítése, üzemeltetése és karbantartása, hanem a megfelelő technológia kiválasztása is nehéz feladatnak bizonyulhat. A tisztítótelepek előzetes felmérése segítséget nyújthat a megfelelő technológia meghatározásához. A környezeti és egészségügyi kockázatot hordozó gyógyszermaradványok kiemelkedő jelentőséggel bírnak a mikroszennyezők között, ezen belül is

az antibiotikumok jelentős népegészségügyi kockázatot hordoznak (antibiotikum rezisztencia jelensége). A mikroszennyezők csoportján belül a gyógyszerhatóanyagokat vizsgáltuk a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telepen: tanulmányoztuk a telepre érkező nyers szennyvíz minőségét, a benne kimutatható gyógyszerhatóanyagok mennyiségét, valamint azt, hogy a meglévő tisztítósoron milyen folyamatok zajlanak le, ez alapján becsültük, hogy milyen hatásfokkal megy végbe a mikroszennyezők eltávolítása a telepi baktériumközösség közreműködésével.

A mikroszennyezők előfordulásának és eltávolítási folyamatainak tanulmányozása során egy akkreditált laboratórium vizsgálta 133 gyógyszerhatóanyag koncentrációját a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telep vízvonali mintáiban. A kapott eredményekből következtünk arra, hogy egy adott vegyület szignifikáns koncentrációváltozás nélkül csak végig halad a technológiai soron és bejut a befogadó vízbázisba, avagy megkötődik az elő- vagy utóülepítőkből leválasztott szennyvíziszapon, esetleg sor kerül biológiai lebontására, adott esetben kometabolizmus útján.

 **IRODALOMJEGYZÉK**

A HÉVÍZI-TÓ VÍZMÉRLEGÉNEK, HŐHÁZTARTÁSÁNAK ÉS VÍZ-LEVEGŐ HATÁRFELÜLETI CSEREFOLYAMATAINAK EGYÜTTES VIZSGÁLATA

Reska Zsombor BME (*Dulovics Szimpózium Díjazott 2024.*)

1. BEVEZETÉS

A Hévízi-tó Európa legnagyobb melegvizes tava 4,4 hektáros kiterjedésével. Tőzegmedrű forrástó, amelyet a közel 40 méter mély forrásbarlangból feltörő, nagy hozamú, majdnem 40 °C-os melegvíz táplál (Nagy, 2022). A mélységi forrásbarlangból előtörő melegvíz összetett áramlási és hőmérsékleti viszonyokat teremt, amelynek eredménye, hogy jelenleg ismeretlen légkör-víz határfelületi cserefolyamatok, keveredési viszonyok és transzportfolyamatok játszódnak le.

A kutatás célja a Hévízi-tó alapvető víz- és hőmérleg komponenseinek, valamint ennek részeként a víz-levegő határfelületén történő vízgőz- és szén-dioxid cserefolyamatainak feltárása. A hőháztartás jellemzője a hőmérleg; ennek felírása volt az első feladatunk, amelyből - ha minden más vízhőt befolyásoló tényezőt is pontos adatokkal mérünk -, meg tudjuk állapítani a tó mélyén beáramló vízhozammal érkező hőt, valamint a vízhozamot is. A kapott adatokból fel tudjuk állítani a vízmérleget, ezáltal a tavat jól leíró, átfogó képet tudunk alkotni. A vertikális vízgőzáram (vagyis párolgás) vizsgálata esetén fontos szerepet játszik a vízhőmérséklet, amely nemcsak a nyári időszakban, hanem télen is magas. A tó hőmérséklete a téli hónapokban is 20 °C felett van, vagyis ebben az időszakban is nagy intenzitással történik párolgás. A szén-dioxid fluxus tekintetében a tőzeges üledék

kulcsszerepet játszik, az abból eredő kibocsátás számottevő. Ezzel kapcsolatban korábban semmilyen vizsgálatot nem végeztek. Jelen kutatás egy első lépés a tó jelenlegi állapotának megismeréséhez, az itt leírtak célja tehát nem az, hogy végső eredményeket adjunk, például a vízhozamra, hanem hogy feltárjuk az egyes mérési eljárások alkalmazhatóságát és a tó vízmérlegének és hőháztartásának legfontosabb bizonytalanságait. Kutatási eredményeinket célunk a későbbiekben tovább pontosítani, például a téli hónapokban folytatott mérésekkel, szükség esetén a mérési helyszínek jobb megválasztásával, valamint a tó áramlásainak feltérképezésével.

2. MÓDSZERTAN

A kutatás során helyszíni méréseket végeztünk, melyeknek elméleti hátterét és mérési módszereit taglalja ez a fejezet.

2.1 Elméleti áttekintés

2.1.1. A tó hőháztartása

A tó hőháztartásának kiszámításakor a hőt, mint energiát vesszük figyelembe. A hőháztartás alakulásában a sugárzás komponensei, a turbulens- és az advektív hőáramok vesznek részt (a talajon át elszivárgó hőt ezen dolgozatban nem vesszük figyelembe). Ezek a behatások alakítják a tóban tárolt hő mennyiségét. Ezeket a komponenseket összegezve az energiamérlegben, egy fennmaradó

összeget kapunk, vagyis az energiamérlegnek zárási hibája van. Ennek számos oka van. Ezek közül a két legfontosabb, hogy egyrészt az energiamérleg számítások általában lokális méréseken alapulnak, jóllehet egy területet vagy térfogatot jellemzünk velünk. Másrészt a turbulens fluxusok mérése csak számos feltétel teljesülése esetén tud pontos lenni, ami miatt azok 10-20%-os hibával sokszor terhelték. A fennmaradó hőenergiát szekunder turbulens áramlatok szállítják, ennek mérésére azonban még nem áll rendelkezésre alkalmazható módszer, (Foken, 2008) így annak érdekében, hogy becsülni tudjuk a tóba érkező vízhozamot, a fennmaradó energiát zérusnak tekintjük. Ezek alapján a tó hőháztartására vonatkozó energiamérleg:

$$R_{net} - \Delta S - HTs - LvE + H_{in} - H_{out} = res \quad 0$$

ahol R_{net} a nettó sugárzás, S a tárolt hőmennyiség, HTs a szenzibilis hőáram, LvE a látens hőáram, H_{in} a bejövő, H_{out} a távozó vízhozam által szállított advektív hőáram, valamint res a fennmaradó hőmennyiség. Minden tag W/m^2 mértékegységgel bír.

2.1.2. Sugárzás komponensek

A sugárzás komponensek a Naptól érkező rövid hullámú sugárzásból és a légkör hosszú hullámú sugárzásából áll. Kutatásunk során mértük mind a beérkező, mind a visszaverődő sugárzásokat, ezek összege adja a nettó sugárzást:

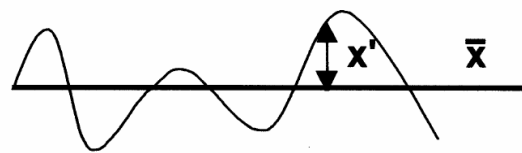
$$R_{net} = SW_{in} - SW_{out} + LW_{in} - LW_{out}$$

ahol R_{net} a nettó sugárzás, SW_{in} , LW_{in} a tóba érkező SW_{out} , LW_{out} a visszavert rövid- és hosszúhullámú sugárzás.

2.1.3. Turbulens hőáramok

A légkör alsó rétegében turbulens kis légörvények mozgatják a meteorológiai állapotváltozókat. A vizsgált állapotváltozók a szélesebbség egy iránykomponense (w – függőleges iránykomponens sebessége), a léghőmérséklet (T), a vízgőz (q) és a szén-dioxid (CO_2).

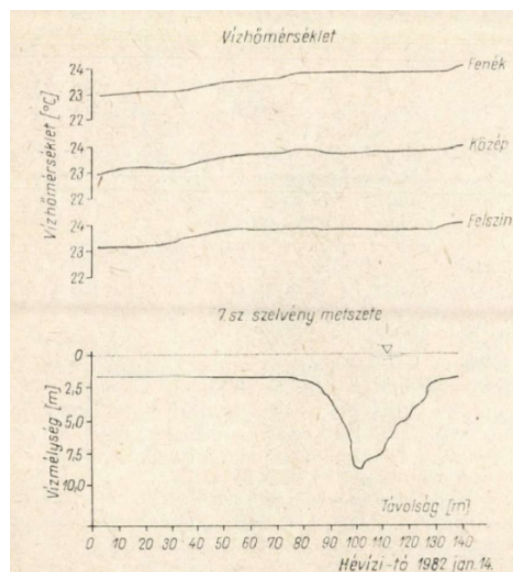
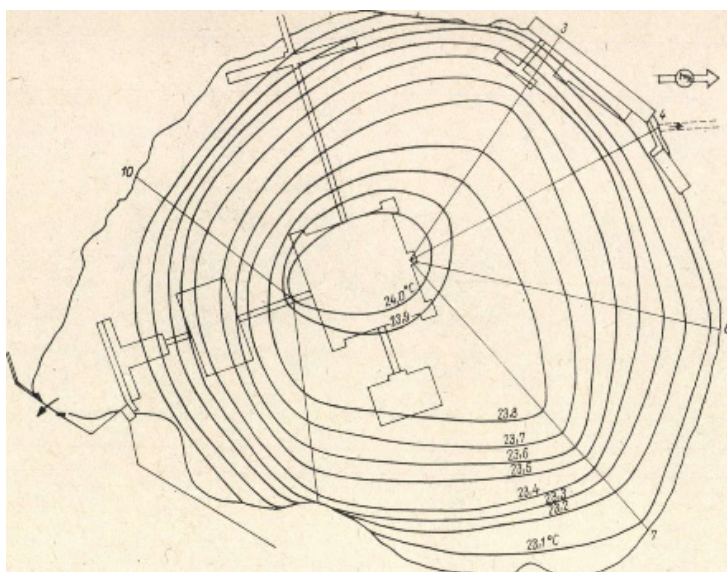
Turbulens áramlásakor egy állapotváltozó felbontható átlagértékre és az átlagértéktől számított pillanatnyi eltérésre (x'), vagyis fluktuációra.



Felszín közeli rétegben, bizonyos feltételek fennállása esetén az egyes turbulens áramok függőleges gradiense zérus. Ilyen feltételek például, hogy a függőleges szélesebbség átlagértéke zérus, a turbulencia kifejlődött és stacionárius, a felszín homogén.

Ez azt jelenti, hogy a kovarianciák gradiense közel nulla felszín közeli légkörben és függőleges irányban állandónak tekinthetjük. A kovarianciát a függőleges szélesebbségre (w), vízszintes szélesebbségre (u), vagy az általunk ezen dolgozatban figyelembe vett skálára (hőmérséklet (T), vízgőz (q), szén-dioxid (CO_2)) az alábbi módon számítható:

$$\begin{aligned} \overline{w'x'} &= \frac{1}{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} [(w_k - \bar{w})(x_k - \bar{x})] = \\ &= \frac{1}{N-1} \left[\sum_{k=0}^{N-1} w_k x_k - \frac{1}{N} \left(\sum_{k=0}^{N-1} w_k \sum_{k=0}^{N-1} x_k \right) \right] \end{aligned}$$



1. ábra. Balra: A Hévíz-tó felszín hőmérsékletének eloszlása 1982. január 14-én. Jobbra: A 7-es mérési szelvényben mért hőmérsékletek három mélységben és szelvény metszete 1982. január 14-én (Strasolszky, 1984.)

Tehát a fluxus megegyezik a kovariancia értékével. (Lükő, 2020)

A mérésünkben az örvény-kovariancia mérési módszerhez használjuk ezeket a feltevéseket. Az örvény-kovariancia méréshez nagy időbeli felbontással kell mérjünk, legalább 10Hz-en a turbulens fluxusokat. A vízszintes szélesség (u) méréséből a szél-csúsztató sebessége (u^*), a hőmérsékletből (T) a szenzibilis hőáram (HT_s) és a páratartalomból (q) a látens hőáram (LvE) a következő képletekkel számítható:

$$u_*^2 = -\overline{u'w'}$$

$$HT_s = \rho_a \cdot c_{pH} \cdot \overline{T'w'}$$

$$LvE = \rho_a \cdot \lambda \cdot \overline{q'w'}$$

ahol ρ_a a száraz levegő sűrűsége, c_{pH} az állandó nyomáson vett fajlagos hőkapacitás és λ a párolgási hő.

Mivel az örvény-kovariancia mérés körülményes és magasköltségű a műszerigénye ezért, a mért eredmények mellett levezetjük

az egyes turbulens fluxus átviteli együtthatóit, hogy a későbbiekben rutin meteorológiai adatok alapján is számíthatók legyen az áramok:

$$u_*^2 = C_{Dz} \cdot U_z^2$$

$$HT_s = \rho_a \cdot c_{pH} \cdot C_{Hz} \cdot U_z \cdot (T_z - T_0)$$

$$LvE = \rho_a \cdot \lambda \cdot C_{qz} \cdot U_z \cdot (q_z - q_0)$$

Az örvény-kovariancia mérés körülményes és magasköltségű a műszerigénye. Ezért, a mért eredmények mellett, a Monin-Obukhov hasonlósági elmélet alapján (Monin & Obukhov, 1954) levezetjük az egyes turbulens fluxus átviteli együtthatóit (C_{Dz} , C_{Hz} , C_{qz}). Így a későbbiekben rutin meteorológiai adatok alapján is számíthatóak az áramok:

2.1.4. Advektív hőáramok

A 40 méteren található forrás szerint a tó fő hőenergia-forrása. A tó vízszintjét két kifolyóval szabályozzák, melyeken a kiáramló vízhozam hőt visz el magával. A forrás vizével beáramló, és a kifolyókon távozó hőenergiák az advektív hőáramok: H_{in} és H_{out} .

a kifolyócsatornákon távozó víz összessége áll. A vízhozamot ezek alapján az energia mérleg alapján határozzuk meg.

$$R_{net} - \Delta S - HTs - LvE + H_i - H_{out} = res$$

$$H_i = \rho_{w,i} c_{pw,i} \cdot \frac{Q_i}{A} \cdot T_{w,i}$$

A vízszint egy napon belüli ingadozásából leolvasható, hogy egy napon belül az átlag vízszintváltozás zérus. Ezek alapján az egy napon belül távozó és érkező vízhozam mennyisége azonos.

A fennmaradó mennyiséget zérusnak vesszük, így az egyenlet átrendezéséből megkapjuk a vízhozamot.

$$Q = \frac{R_{net} - \Delta S - HTs - LvE}{\rho_{w,in} c_{pw,in} \cdot T_{w,in} - \rho_{w,out} c_{pw,out} \cdot T_{w,out}} \cdot A$$

2.2 Mérések

Helyszíni méréseket végeztünk a tavon 2023. augusztus 22. és szeptember 10. közötti időszakban. A tófürdő épület teraszának északnyugati sarkára szereltük fel a mérőállomásunkat (3. ábra). A kutatás során mértük a szél irányát és sebességét, a beérkező és visszaverődő rövid- és hosszuhullámú sugárzást, a levegő páratartalmát, a légköri és a vízfelszíni hőmérsékletet. Továbbá mértük a légkör-víz határfelületi turbulens cserefolyamatokat, vagyis az impulzusfluxust, a szenzibilis és látens hőáramokat, illetve a szén-dioxid fluxust. A rutin hidrometeorológiai paramétereket 5 percenként rögzítettük, míg a fluxusok mérése 10 Hz-es felbontást igényelt. Ezeket az adatfeldolgozás során 20 perces átlagokra aggregáltuk (3. ábra).



3. ábra. A telepített hidrometeorológia mérőállomás és annak elhelyezkedése a tófürdő teraszán.

3. EREDMÉNYEK

3.1. Meteorológia

Méréseinkből megállapítottuk, hogy az uralkodó szélirány északi. A maximális szélesség méréseink alatt 3,22 m/s volt, az átlag szélesség 0.98 m/s. Ez az örvény-kovariancia méréshez kedvező, de nem a legoptimálisabb, mivel kis szélességnél mellett könnyebben sérülnek a mérési eljárás, illetve a Monin-Obukhov hasonlósági elmélet alapfeltevései.

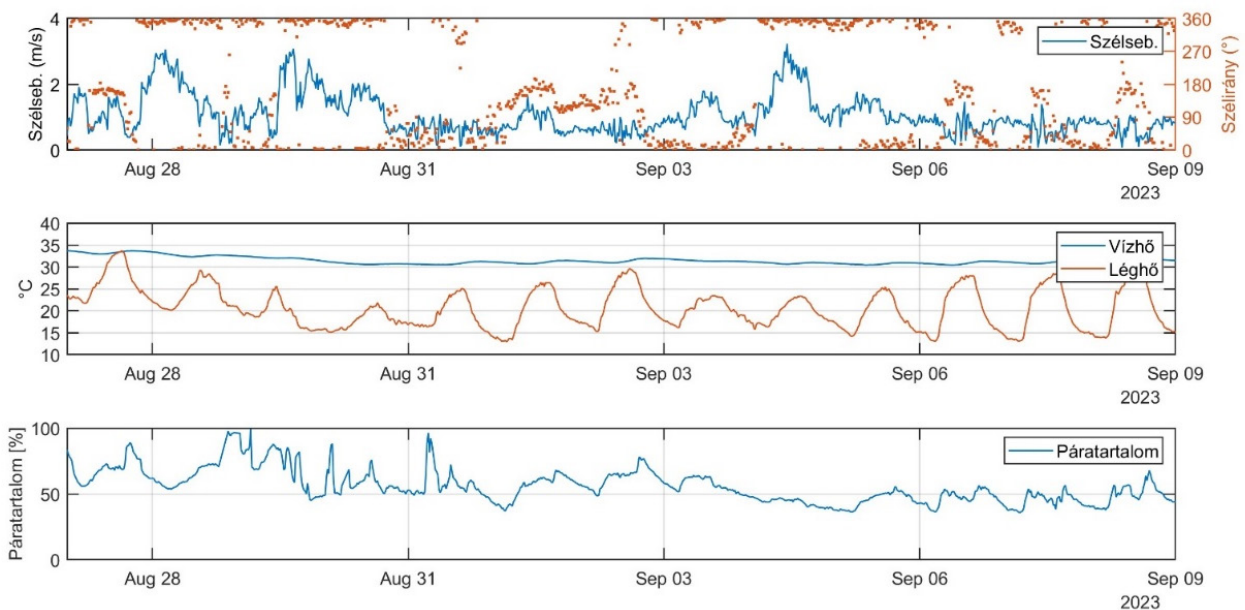
A víz- és lég-hőmérséklet viszonyából megfigyelhető, hogy a víz a meleg évszak végén és a lehülési időszak kezdetén szinte mindig melegebb a levegőnél. A tó átlaghőmérséklete: 31.9 °C a légkör átlag hőmérséklete: 22.0 °C, amely egy jelentős különbség. Ebből arra következtethetünk, hogy a szubtrópusi hőáram nagy intenzitású, azonban negatív előjelű lesz, amennyiben a tavat melegítő

hőáramlási irányt vesszük pozitívnak. A páratartalom a vártnál alacsonyabb, átlagosan 60%.

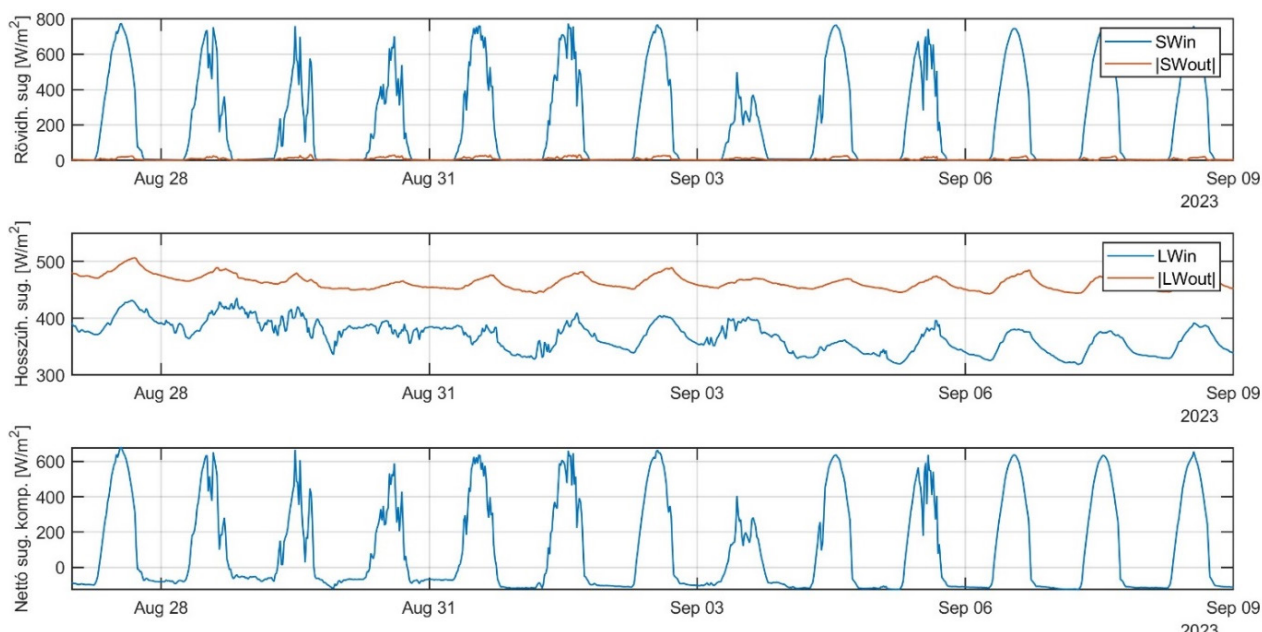
3.2 Sugárzások

A rövidhullámú sugárzásból látható (5. ábra), hogy a mért időszakban alacsony/elenyésző volt a felhőborítottság, hat napon egyáltalán nem volt felhőzet. Ennek köszönhetően többnyire mérni tudtuk a napsütés napi ciklikusságát.

A beérkező rövidhullámú sugárzásnak csak töredéke verődik vissza, az majdnem teljesen elnyelődik a tóban. Ez megmutatkozik a víz hőmérséklet változásain is melyek ugyanazt a ciklikusságot írják le, pár óra késleltetéssel (6. ábra). A távozó hosszuhullámú sugárzás azonban több, mint a beérkező; ez várható volt annak ismeretében, mivel a víz hőmérséklete magas és a kisugárzott hőmennyisége annak nevedik hatvánvával



4. ábra. A mért rutin hidrometeorológiai változók idősorai.

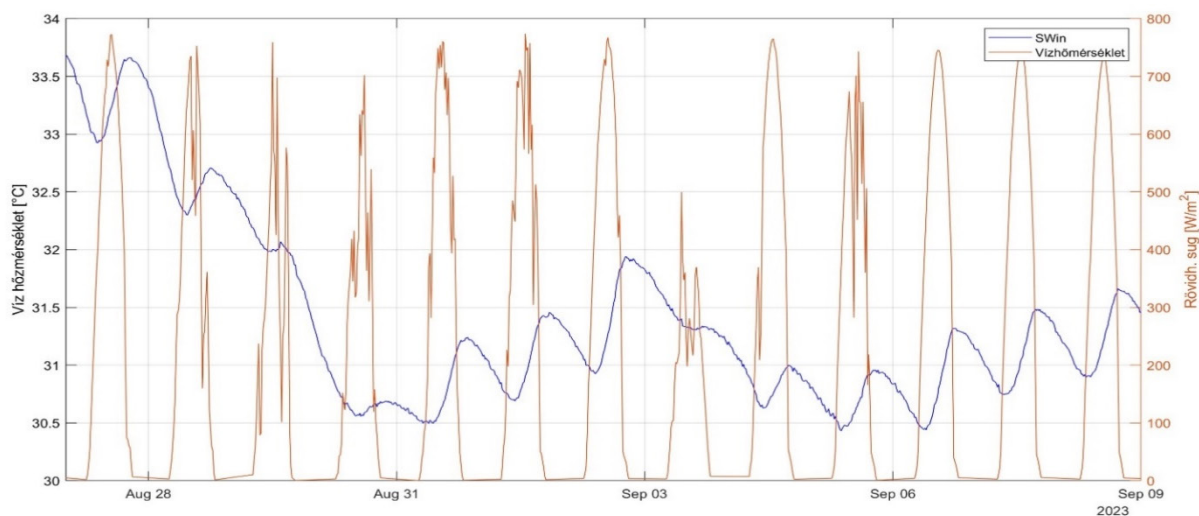


5. ábra. A mért rövid- (fent) és hosszúhullámú (középen) bejövő és kimenő sugárzáskomponensek. Lent: a négy komponensből képzett nettó sugárzás időszora.

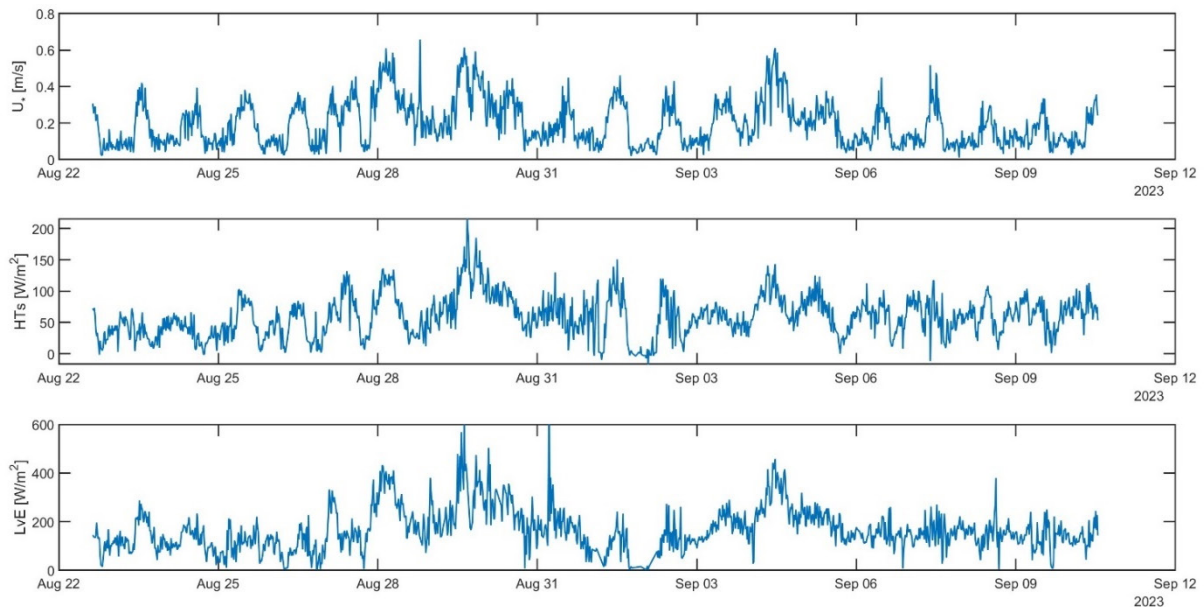
arányos a Stefan-Boltzmann törvény szerint (Foken, 2008). A nettó sugárzás mértéke tehát a rövidhullámú sugárzástól függ a leg-erősebben és ezáltal annak a ciklikusságát követi.

3.3. Turbulens hőáramok

A szenzibilis hőáramok átlaga $59,16 \text{ W/m}^2$, szórása $32,84$ és bár többnyire ezen értékek körül mozognak a mért adatok, helyenként elérik a 200 W/m^2 -t is, illetve negatív értéket is felvesznek. Ezeknek az adatoknak



6. ábra. A víz hőmérséklet és rövidhullámú sugárzás egyidejű időszorai.



7. ábra. A mért impulzus- (fent), szenzibilis (középen) és látens (lent) hőáramok.

a viszonylagosan alacsony értéke is abból következik, hogy a tó hőmérséklete általában magasabb, vagy legalább olyan magas, mint a levegőé.

A látens hőáram, azaz a párolgás során a tóból elvonódó hő, átlaga $163,36 \text{ W/m}^2$, szórása $89,81$ de egyes mérések adatai elérik a 600 W/m^2 -t is. A magas vízhőmérséklet ellenére a párolgási hő értéktartománya nem nagyobb, mint más nem melegvízű hazai tavak esetében, mint például a Balaton (Lükő et al., 2022).

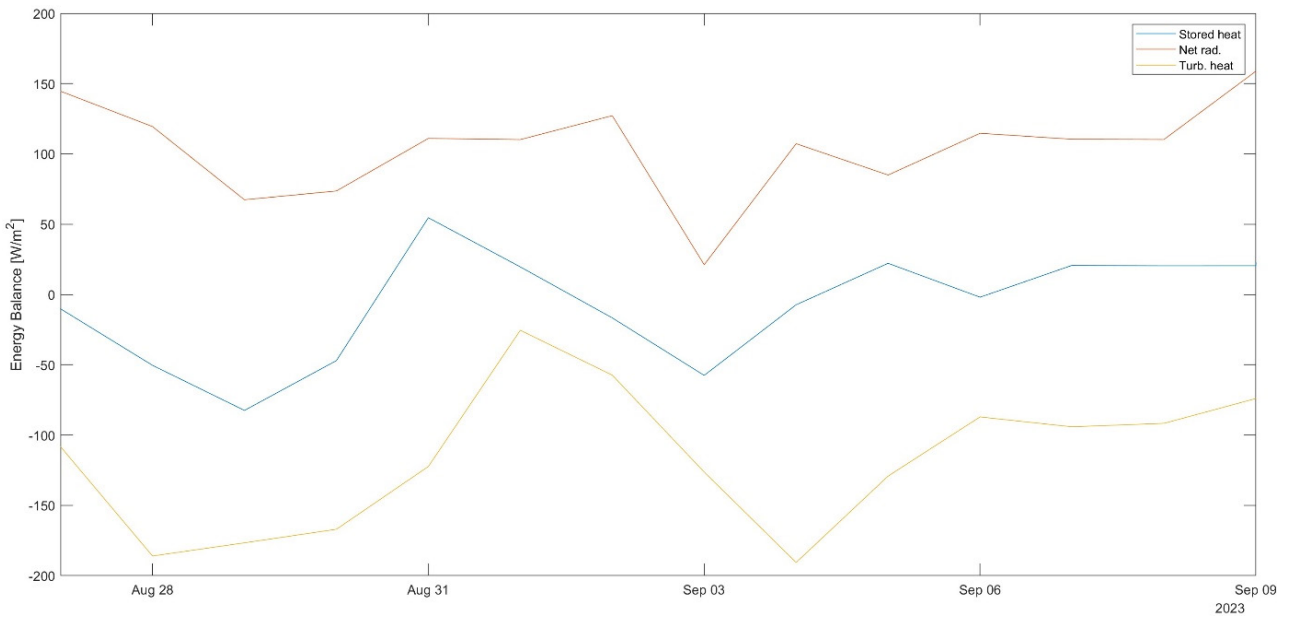
3.4. Energiamérleg komponensek

Az energia mérleg komponensei a nettó sugárzás, a turbulens hőáramok (szenzibilis és látens), az advektív hőáramok (vízhozam által szállított) és a tóban tárolt hő. A mért komponenseink a nettó sugárzás, a turbulens hőáramok. Ezekből számítottuk a tóban tárolt hőt (12. ábra).

Jól látható, hogy a tóban tárolt hő ingadozása követi a sugárzás ingadozását. Az energia mérlegben, ezek alapján az adatok alapján tehát van egy fennmaradó összeg. Azzal a közelítéssel élünk, hogy zárjuk az energia mérleget, így becslést tudunk adni az advektív hőáramok mértékére.

3.5. Napon belüli változékonyság

A napi eloszlás görbéket minden kétóránkénti átlagértékekből készítettük. Jól bemutatják a komponensek napi ciklikusságát, illetve következtetni engednek az egyes meteorológiai meghajtó folyamatok szerepére. Amíg a nettó sugárzás napi átlagértéke 107 W/m^2 a szenzibilis hőfluxusé 59 W/m^2 a látens hőfluxusé $161,8 \text{ W/m}^2$. A lenti ábrán a két turbulens komponenst pozitív értékkel mutatjuk a jobb összehasonlíthatóság kedvéért, jóllehet azok negatív értékűek, mivel az időszak során a tó hűlését eredményezték. Megfigyelhető továbbá, hogy a vízhőmérséklet ciklikussága a nettó sugárzás ciklikusságát



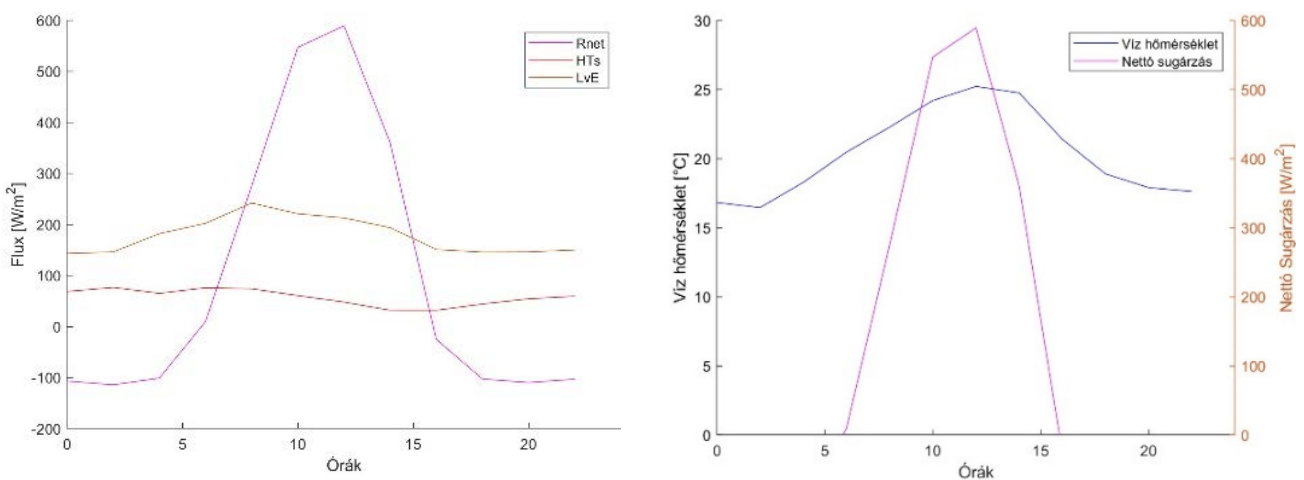
12. ábra. A tóban tárolt hő (Stored heat), a nettó sugárzás (Net rad.) és a turbulens hőáramok (Turb. heat) napi átlagértékének alakulása.

követi, miután a legerősebb tag az energia-mérlegben, azonban pár órás késleltetéssel (13. ábra).

3.6. Vízmérleg

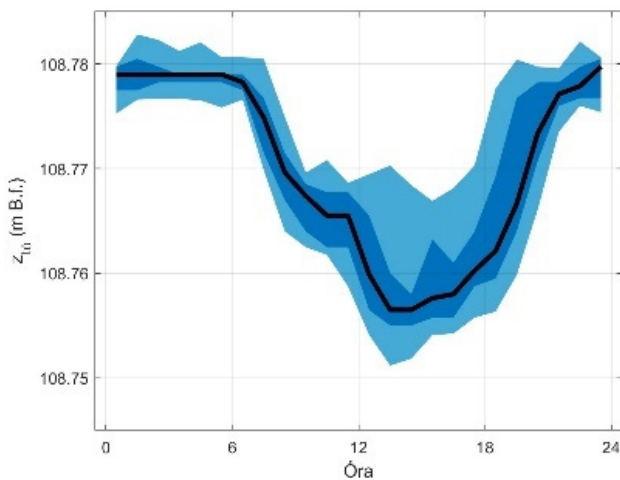
A tó üzemeltetőjétől kapott vízállás adatokból elkészítettük a napi vízállás grafikonját (15. ábra). Ezen jól látható, hogy egy napi ciklus

alatt a tó vízszintje a kezdeti vízállásból a déli kifolyón történő megnyitás hatására vízszintcsökkenés indul meg. A kora délutáni órákban a megnyitást visszaállítják a megelőző értékre, aminek hatására a vízszint pár óra alatt visszaáll eredeti értékére és az éjszaka folyamán nem változik érdemben. Ez alapján feltételezhetjük, hogy a forrásokból érkező és



13. ábra. Balra: a mérési időszak során mért nettó sugárzás és turbulens hőáramok átlagos napi menetgörbéi. Jobbra: a vízhőmérséklet és a nettó sugárzás átlagos egyidejű menetgörbéi.

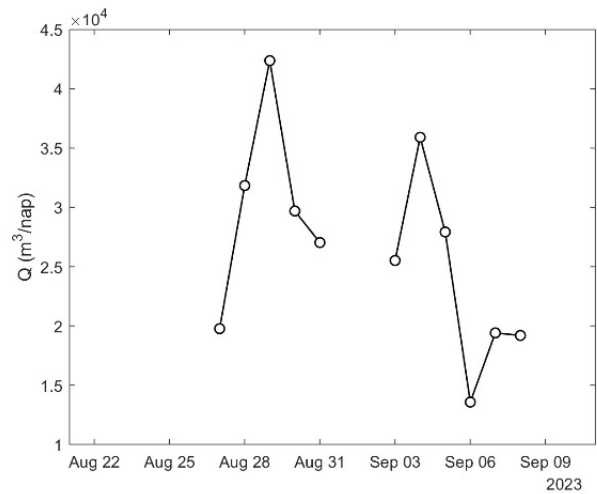
a két kifolyón leeresztett vízhozam napi összege megegyezik. Ezt használjuk fel a 2.1.7 fejezetben ismertetett hőmérleg egyenletben.



15. ábra. A mérési időszak során mért vízállás átlagos napi alakulása. A sávok a 10-25-75-90%-os percentiliseket jelölik.

Ebből kiindulva tekintettük a kimenő és a bejövő vízhozamot egyenlőnek. A számításban a bejövő víz hőmérsékletét időben konstansnak feltételeztük, mivel a kutatóbúvárok által végzett mérések alapján az elmúlt hónapokban nem volt érdemi hőmérsékletváltozás megfigyelhető. A beérkező vízhőmérsékletet tehát $T_{w,in} = 37,2^\circ\text{C}$ -nak vettük fel. Az elfolyó víz esetén a hőmérsékletet ($T_{w,out}$) időben változónak tekintettük és a két mélységben mért tóközépi hőmérsékletek átlagaként határoztuk meg, amelyek így a 2.1.7 fejezetben bemutatott összefüggések alapján becslést adtunk a tóba beáramló vízhozamra, aminek átlaga:

$$Q_{\square} = 26\,569 \frac{\text{m}^3}{\text{nap}} = 308 \text{ l/s}$$



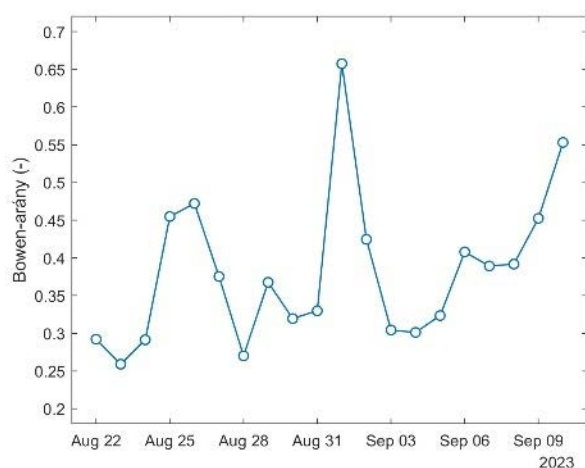
16. ábra. Az energiamérleg alapján számított napi be- és kifolyó vízhozamok.

Ezt az átlag értéket a X. ábrán mutatott 11 napjára kapott vízhozamok átlagaként kaptuk. Az idősor elejéről több napot nem tudtunk figyelembe venni, mert ekkor a hosszuhullámú sugárzásmérő nem működött jól. A szeptember elsejei és másodikai értékeket pedig azért vetettük el, mert irreálisan kis értéket kaptunk. Ez a korábbi mérésnél kapott 400-410 l/s (szóbeli tájékoztatás alapján) jelentősen kisebb, hozzávetőleg annak 75%-a. Szakirodalom alapján feltételezhetjük, hogy az örvény-kovariancia módszer rendelkezik egy 20%-os hibával, miszerint a két hőáramot számottevően alul tudja becsülni (Foken, 2008b, Lükő et al., 2022b). Ez esetben alulbecsüljük a vízhozamot, amit a 20%-os hibával korrigálhatunk. Ekkor számításunk a következő átlag vízhozamokat adja:

$$Q_2 = 34\,047 \frac{\text{m}^3}{\text{nap}} = 394 \text{ l/s}$$

Ez már jobban megközelíti a szóbeli tájékoztatás során kapott értéket, illetve Starosolszky (1984) mérését is.

A napi vízhozamok hőmérség alapú számításakor egyidejűleg megvizsgáltuk a Bowen-hányados alakulását, amely a szenzibilis és látens hőáramok hányadosa (17. ábra). Ezen látható, hogy a Hévízi-tó esetén a rendkívül meleg felszínhőmérsékletnek köszönhetően a hányados értéke akár több, mint kétszerese a Balatonon mért értékhez képest. Az időszoron kitűnik szeptember elseje, amikor a hányados értéke meghaladta 0,6-et. A szélidőssorral összevetve megállapítható, hogy ekkor a szélirány miatt az örvény-kovariancia mérés lábnyoma a fürdő teraszára feltételezhető, vagyis a kapott turbulens áramok, nem a tóra jellemző értéket mutatnak. Bár a hányados értéke, nem extrém, de ugyanez mondható el szeptember másodikáról is. Ez viszont jól magyarázza, hogy miért kaptunk irreális vízhozam értékeket e két napra és, hogy azok eltávolítása az átlagvízhozam meghatározásából helyes döntés volt.

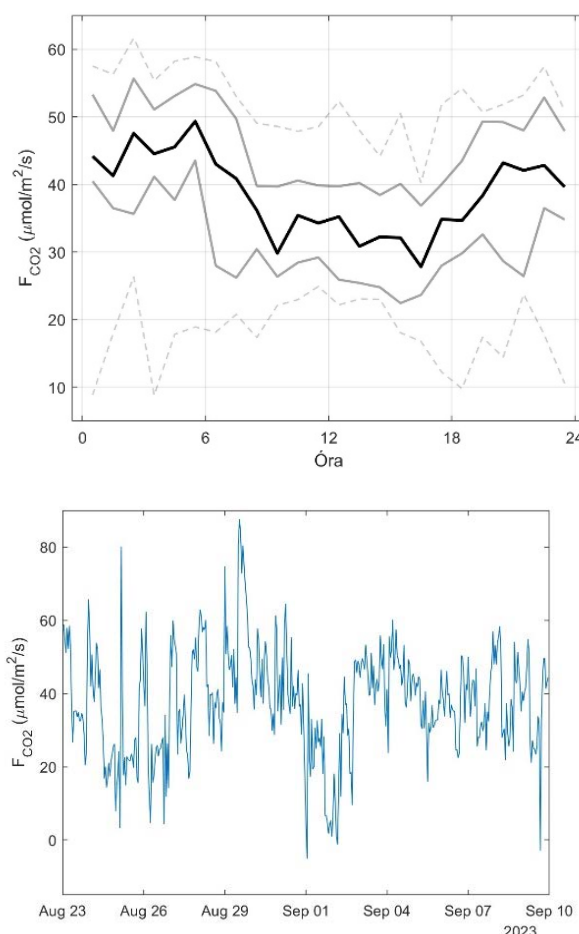


17. ábra. A Bowen-hányados napi átlagértékének alakulása.

3.7. Szén-dioxid fluxus

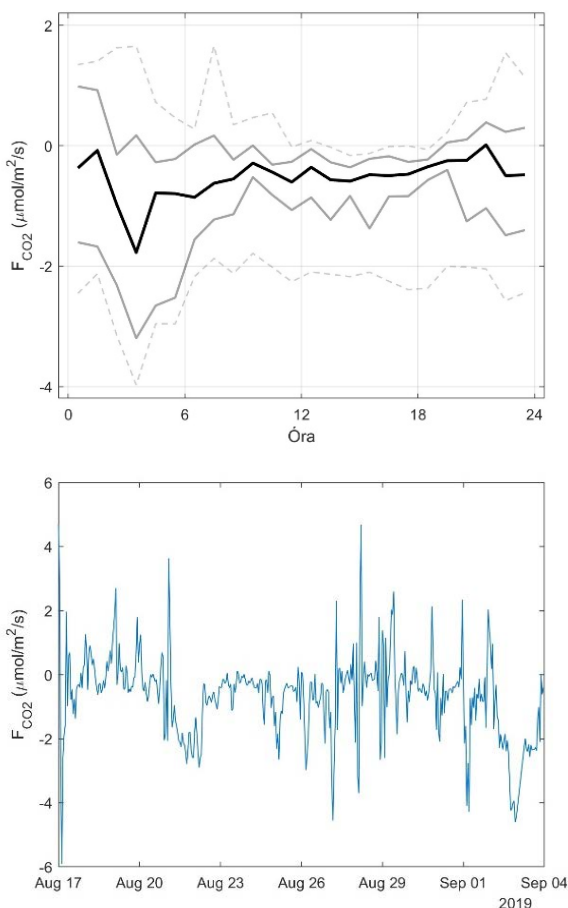
Végezetül érdekesnek látjuk bemutatni a Hévízi-tó esetén mért szén-dioxid fluxusokat,

jóllehet ezek nem kapcsolódnak szervesen a hő- és vízmérleg számításokhoz. A Hévízi tavon mért szén-dioxid fluxusok azonos klímájú tavakhoz képest igen magas. A közel három hetes periódus során a CO₂ fluxus átlagértéke 37,584 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ $\pm 14,85$ szórással. A mért értékek mediánja: 36,647 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. A CO₂ áram napi menetgörbéjén egy jól kivehető ciklikusság jelenik meg, miszerint a tó CO₂ kibocsátása az éjszakai órákban nagyobb, míg napközben közel 25%-kal lecsökken. Ez összefüggésben állhat a vízállással, mivel annak napi menetgörbéje közel megegyező.



18. ábra. A Hévízi-tó felett mért CO₂ fluxus időszora (fent) és az abból levezetett napi menetgörbe és annak változékonysága (10-25-75-90% percentilisek jelölésével).

Ezzel szemben a 10 kilométeres távolságban fekvő Balatonon mért fluxusok ennél jóval kisebb értékek körül mozognak. Átlag szén-dioxid fluxus érték hasonló nyári, őszi időszakba a Balatonon: $-0,684 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Tehát amíg a Balaton elnyel szén-dioxidot a Hévízi-tó kibocsátja azt. A Balaton esetén az átlag körüli szórás $1,316$, míg a medián $-0,442 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. A Balatonon napi ciklikusság sem volt megfigyelhető. A mért értékek szórása azonban a nappali órákban töredékére csökkent, míg tág határok közt mértünk értékeket az éjszaka folyamán. Utóbbi időszakban mind elnyelés, mind kibocsátás előfordult.



19. ábra. A 2019 nyár végén a Balaton felett mért CO₂ fluxus idősora (jobbra) és az abból levezetett napi menetgörbe és annak változékonysága (10-25-75-90% percentilisek jelölésével).

4. ÖSSZEFOGLALÁS ÉS KONKLÚZIÓK

A Hévízi-tó kiemelt értékű víztestünk, amely számos változáson ment át az elmúlt évtizedekben, többek közt a bányászatnak és az egyre intenzívebb turizmusnak köszönhetően. A tó fenntartható üzemeltetése és az esetleges jövőbeli fejlesztések megkívánják, hogy részletesen ismerjük a tó hidro- és termodinamikai rendszerét, vízkészletének elemeit, illetve hőháztartását a jelenlegi állapotban.

Emiatt a fenti TDK kutatás keretében hidrometeorológiai méréseket folytattunk a tóban közel három héten át, hogy feltérképezzük a tó hőháztartását és az azt alakító meteorológiai folyamatokat. Ennek keretében feltártuk a légkör-víz határfelületen zajló turbulens hőcserét, amelyek alapján a későbbiekben már rutin meteorológiai mérések is elegendőek lehetnek a hőcserék meghatározására. Megállapítható, hogy a párolgási hő nagyobb, mint egy felszíni vizek által táplált tó esetében, azonban a szenzibilis hőáram jóval nagyobb emelkedést mutatott. Míg más tavaknál (pl. Balaton) a szenzibilis hőáram kis súllyal bír, addig a Hévízi-tó esetében egy számottevő komponens.

Egyúttal kísérletet tettünk a tavat tápláló forrás napi átlagos vízhozamának becslésére tisztán energiamérleg alapon. Eljárásunk hibáját 25% körülire becsüljük, azonban az örvény-kovariancia módszer ismert alulbecslésének figyelembevételével ez majd 5% alá csökkenthető. Véleményünk szerint ez arra enged következtetni, hogy egyrészt a tó energiamérlegét megfelelően fel tudtuk táni első közelítésben, másrészt pedig, hogy a javasolt módszerrel vizsgálható a tó vízkészletének alakulása is. Például a számítási eljárásunk pontosításával becsülhető lehet a nem forrásvízből eredő esetleges felszín alatti hozzá- és elszivárgás a későbbiekben.

Hangsúlyozzuk, hogy jelen kutatás egy első lépés volt a tó hő- és vízháztartásának feltárásában. A pontosabb képhez további mérésekre van szükség. Egyrésztől más időszakok vizsgálata mindenképp javasolható, úgy, mint nyár közepe, illetve hideg téli periódusok. Előbbi esetén várható a víz- és léghő különbségének előjelváltása, míg utóbbi esetben egy még erőteljesebb hőmérsékleti gradiens a légkör és a vízfelszín között. Másrésztől jelenlegi vizsgálatunk pontbeli mérésekre alapult, amelyek kiterjesztettünk a teljes tóra. Ez bizonyosan hibákat eredményezett a számításunkban, amelyek mértéke feltárandó, mivel számottevő lehet.

A vízmérlegszámítás tekintetében pedig fontos lesz nyomon követni és pontosan meghatározni a tó két levezetőcsatornáján szállított vízhozamokat és azok napon belüli, a tó vízállásától és a műtárgyak szabályozásától függő alakulását. Az északi kifolyó esetében – kis szelvényméretének köszönhetően – már végeztünk vízhozammérést. A déli kifolyó méretéből adódóan akusztikus Doppler-elvű műszerrel lesz mérhető. Ezt követően, a mért vízhozamok ismeretében, a tó víz- és energiámérlege összekapcsolható lesz a beérkező és távozó hőmennyiségeken és a párolgáshőn keresztül.

▶ IRODALOMJEGYZÉK



Reska Zsombor vagyok. 1995.10.21. -én születtem Cegléden. A dán Copenhagen School of Design and Technology -n kezdtem a felsőfokú tanulmányaimat az Architectural Technolgy and Construciton Management szakon. A képzésen megismerkedtem a BIM (Building Information Management) munkafolyamatokkal és szofverekkel, de úgy éreztem, hogy ki kell egészítenem a tudásomat építőmérnöki ismeretekkel. Ezért kezdtem el 2019-ben az építőmérnöki alapképzést a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen. Itt ismertem meg a vízmérnöki szakmát, ami szinte azonnal leköttötte az érdeklődésemet. 2023 nyarán kezdtem bele az első tudományos

kutatásomba vízmérnöki témában a Tudományos Diákköri Konferencia keretében. Jelenleg a bachelor diplomamunkámon dolgozom, és beadtam a jelentkezésemet a BME mesterképzésére is, melynek elkezdését érdeklődve várom.

BUDAPESTI CSAPADÉKVÍZ TÁROZÓ ÖNTÖZÉSI CÉLÚ HATÉKONYSÁGÁNAK ÉRTÉKELÉSE A ZÖLD-FELÜLETEK ÖNTÖZÉSI VÍZIGÉNYÉNEK TÜKRÉBEN

Szentirmai Piroska¹, Ács Tamás¹, Decsi Bence¹, Horváth-Varga Laura¹ (*Dulovics Szimpózium Díjazottak 2024.*)

¹BME, Építőmérnöki Kar, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, Budapest

1. BEVEZETÉS

Az éghajlatváltozás következtében a csapadékok intenzitása a téli, tavaszi, nyári és őszi évszakot tekintve is növekedést mutat az elmúlt 30 évben. Ezek közül a nyári intenzitásváltozás a legmagasabb, ami azt jelzi, hogy a csapadék egyre nagyobb hányada hullik intenzív, rövid ideig tartó záporok formájában (Hoffmann és Lakatos 2019), ami azt eredményezi, hogy a növények számára elérhető vízmennyiség csökken, mivel a ritkábban, de intenzívebben hulló csapadékok kisebb része szivárog a talajba és nagyobb hányada folyik le. Ezt erősíti, hogy a településeken egyre növekvő hányadot képviselnek a vízzáró felületek, gátolva a csapadék beszivárgását (Szegegyi és társai 2014). Ennek eredményeként a talajnedvesség csökken, ami növeli a városi zöldfelületek öntözési vízigényét. Az öntözés általában ivóvízhálózatról vételezett víz felhasználásával történik, miközben a lehulló csapadék a települési csapadékvíz elvezető rendszereken keresztül hasznosítatlanul folyik el. Ez környezeti és gazdasági szempontból is aggályos, ezért szemléletváltásra van szükség. Tározók létesítésével növelhetjük a területen visszatartott csapadékvíz mennyiségét, mérsékelve a lefolyások csúcshozamait, továbbá elősegíthetjük a csapadékvíz hasznosulását (talajba szivárgását, elpárolgását) vagy

közvetlen hasznosítását. A tározókban összegyűjtött csapadékvíz olyan alternatív vízforrás lehet, amellyel részben kiváltható lenne a hálózati vízzel történő öntözés.

A tározók optimális méretének meghatározása kulcskérdés. A környezeti és egyéb korlátok (rendelkezésre álló hely, közművek, tulajdonviszonyok stb.) adta lehetőségek mellett az optimális méret költség-haszon elemzéssel határozható meg, ahol öntözési célra létesítendő tározó esetén a tározó méretének megfelelőségét a tározóból kiöntözhető vízmennyiség és az öntözési vízigény viszonya (aránya) alapján értékelhetjük. Mivel a tározóban rendelkezésre álló és felhasználható vízmennyiség a vízgyűjtőről származó lefolyás és a vízhasználat függvényében folyamatosan változik, a különböző (méretezés során felvett) térfogatú tározó hatékonyságának értékelése csak a tározó vízforgalmának dinamikáját lekövető, folyamat alapú elemzés eredményei alapján lehetséges. Ezért a hazai tervezői gyakorlatban a vízelvezető hálózatszakaszok méretezésére alkalmazott csapadékesemény-alapú módszerek (pl. racionális módszer vagy mértékadó csapadék által meghajtott numerikus lefolyás szimuláció) mellett szükség van idősor-alapú, hosszabb időszakokat folyamatában kezelni képes méretezési módszerekre is. Gyakorlati

szempontból kívánalom, hogy a javasolt módszer szabadon hozzáférhető adatokat igényeljen és a számítási eljárások komplexitása ne gördítsen akadályt a vízvisszatartást támogató, szükségszerűen tározáson alapuló módszerek széleskörű elterjedése elé.

Dolgozatunkban a Budapest XII. kerületében található Öröm utcában részben öntözési céllal létesülő tározó példáján keresztül mutatjuk be a csapadékvíz-gyűjtő tározók korszerű méretezési és hatékonyság-értékelési módszerét. A tározó iránti igény azért merült fel, mert nagycsapadékok esetén a domborzat miatt árvizek alakulnak ki az utcában. A lehulló csapadék összegyűjtésével az elöntések mérséklése mellett lehetőség nyílna a környező zöldfelületek csapadékvízzel történő öntözésére is.

A tározó méretezéséhez ismernünk kell a zöldfelület öntözési vízigényét. Ennek meghatározása történhet, i) empirikus alapokon felállított becslő módszerek alkalmazásával (pl. Costello és társai 2000, Kjelgren és társai 2016, Nouri és társai 2013), ii) modellezés alapú számításokkal (Lianlian Pan és társai 2023, Mihir Rambhia és társai 2023) vagy iii) hasonló adottságú öntözött területek tényleges vízfogyasztási értékei alapján. Jelen vizsgálatban az utóbbit választottuk, amihez összegyűjtöttük és elemeztük Budapest választott zöldfelületeinek öntözési jellemzőit.

2. BUDAPESTI ZÖLDFELÜLETEK ÖNTÖZÉSI VÍZIGÉNYÉNEK MEGHATÁROZÁSA

2.1. Főkert öntözési rendszere

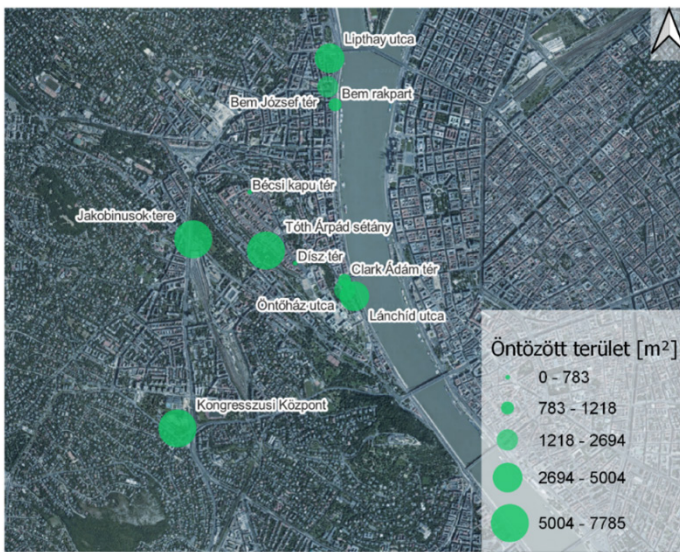
Budapest zöldfelületeinek jelentős részét, mintegy 6 millió m²-t a Főkert Nonprofit Kft. (továbbiakban: Főkert) öntözi. A Főkert által üzemeltetett öntözőrendszerek jellemzőit

az I-II-XII. kerületi üzemegység vezetőjének tájékoztatása alapján jellemezzük.

A legtöbb helyszínen, ahol lehetséges volt a kiépítés, automata csöpögtető- vagy rotoros öntözőrendszerrel öntöznek. A rendszer jellemzőinek (öntözési időtartam, időegység alatt kijuttatott vízmennyiség) beállítása a helyszínen történik, ebből adódóan egy esetleges csapadék esetén is előfordulhat, hogy bekapcsol az öntözőrendszer, ugyanis csak a helyszínen lehet elzárni, távvezérelt üzemre nincs lehetőség. A beállítást az üzemegység vezetője végzi leginkább a saját tapasztalataira, megfigyelésére alapozva és az észlelt időjárási körülményekhez igazítva. Az öntözés vízfogyasztásáról havi vízóraállások állnak rendelkezésre. Azokon a helyeken, ahol nem építettek ki automata öntözőrendszert, kézi öntözés történik, ami nagy munkaerőt igényel. Ezekon a helyszíneken általánosságban az egynyári, évelő és új telepítésű cserjefelületeket május végétől szinte naponta lajtoskocsiról, míg a fákat telepítés után négy évig rendszeresen, az ötödik évtől alkalomszerűen öntözik. Összességében elmondható, hogy az öntözés leginkább a helyszínen dolgozó szakemberek tapasztalatain, mintsem tervezetten, a növények becsült vízigényén alapul. A kijuttatott vízmennyiséget tehát elsősorban az esztétikai igények befolyásolják („szemetest”), emellett a turisztikai szempontból fontosabb, látogatottabb területeken gyakoribb az öntözés, mint a kevésbé frekvenciált helyeken.

2.2. A vizsgált helyszínek és vízfogyasztási adataik

A Főkert munkatársának segítségével olyan helyszíneket választottunk ki a vizsgálatához, ahol a vízfogyasztás csak az öntözésből



1. ábra: Vizsgált helyszínek (Forrás: saját készítés)

származik, nincsenek egyéb fogyasztók (például nem visszaforgató módon működő díszkútak, nyilvános illemhelyek, ivókutak). Három budapesti kerületből (I., II., XII. kerület) összesen 11 helyszínen (1. ábra) 13 vízórát vontuk be a vizsgálatba. A helyszínek öntözési vízfogyasztásait 2010 januárja és 2023 júliusa közötti időszak havi vízóraállás adatai alapján

elemztük. Az adatokat a Főkert bocsátotta rendelkezésünkre.

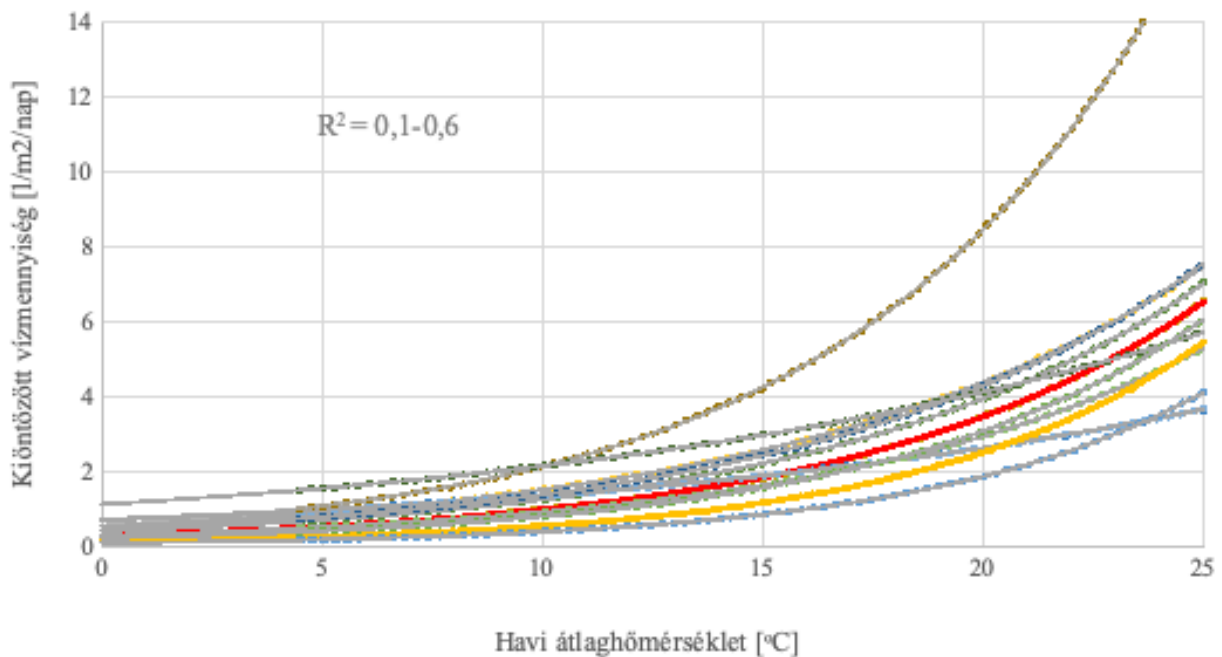
A kijelölt zöldfelületek területe széles tartományban változott (1. táblázat), vegetációjukat leginkább gyepek, évelő- és egyári növények, illetve fák alkotják.

Az átlagos fajlagos öntözött vízmennyiség értékeit figyelve nagy eltérések láthatók az egyes helyszínek között, melyek közül kimagaslak a Bécsi kapu tér, ahol a magas átlagos fajlagos vízfogyasztási érték feltehetően túlóntozás eredménye (1. táblázat). A turisztikai szempontból frekvenciált helyszíneken (Bécsi kapu tér, Clark Ádám tér, Dísz tér, Tóth Árpád

sétány) a Főkert üzemegység vezetőjének elmondása alapján gyakrabban öntöznek, így ezeken a területeken a többi helyszínhez képest magasabb öntözött vízmennyiségeket vártunk, azonban ezt az öntözési gyakorlatot a fajlagos értékek nem támasztották alá egyértelműen. A területek vegetációja vízigény tekintetében nem különbözik

1. táblázat: A helyszínek öntözött területnagyságai és öntözési vízmennyiségei

Helyszín	Öntözött terület nagysága [m ²]	Átlagos öntözési vízmennyiség		2010-2023 közötti időszak éves öntözési vízmennyiségei [m ³]		
		Abszolút [m ³ /év]	Fajlagos [m ³ /m ² /év]	minimuma	maximuma	szórása
Kongresszusi központ	7785	4572	0,59	990	8571	2206
Jakobinusok tere	5593	2165	0,39	940	4214	829
Bem József tér	2061	1084	0,53	123	1549	432
Bem rakpart	1159	789	0,68	345	1923	429
Lipthay utca	2905	2035	0,70	950	4428	1022
Bécsi kapu tér	235	369	1,57	58	603	151
Clark Ádám tér (közép)	631	713	0,59	422	1171	221
Clark Ádám tér (Lánchíd u. 9.)	1217	441	0,36	95	989	256
Clark Ádám tér (Öntőház u.)	1220	1081	0,76	21	1610	482
Dísz tér 12.	1415	472	0,75	277	694	144
Tóth Árpád sétány	4460	2531	0,57	722	3566	817



2. ábra: A havi átlaghőmérséklet és a napi fajlagos kiöntözött vízmennyiség kapcsolatát leíró összefüggés a vizsgált helyszíneken (Sárga: Bem József tér görbéje, Szürke: Összes többi helyszín görbéje, Piros: Összes helyszín adataira együttesen illesztett görbe).

jelentősen, azaz hasonló vízigényű növények találhatóak a helyszíneken, így a nagy eltérések leginkább a jelenlegi öntözés nem tervezett jellegét támasztják alá.

Öntözési vízmennyiségek meghatározására vonatkozó összefüggések felállítása meteorológiai jellemzők függvényében

Bár a zöldfelületek öntözése jelenleg leginkább esztétikai szempontokon, tapasztalatokon és megfigyeléseken alapul, a növényzet vízellátottságát és ezen keresztül az állapotát leginkább az időjárási viszonyok befolyásolják. Így feltételeztük, hogy kapcsolat van a meteorológiai változók és a fajlagos kiöntözött vízmennyiségek (qönt) között.

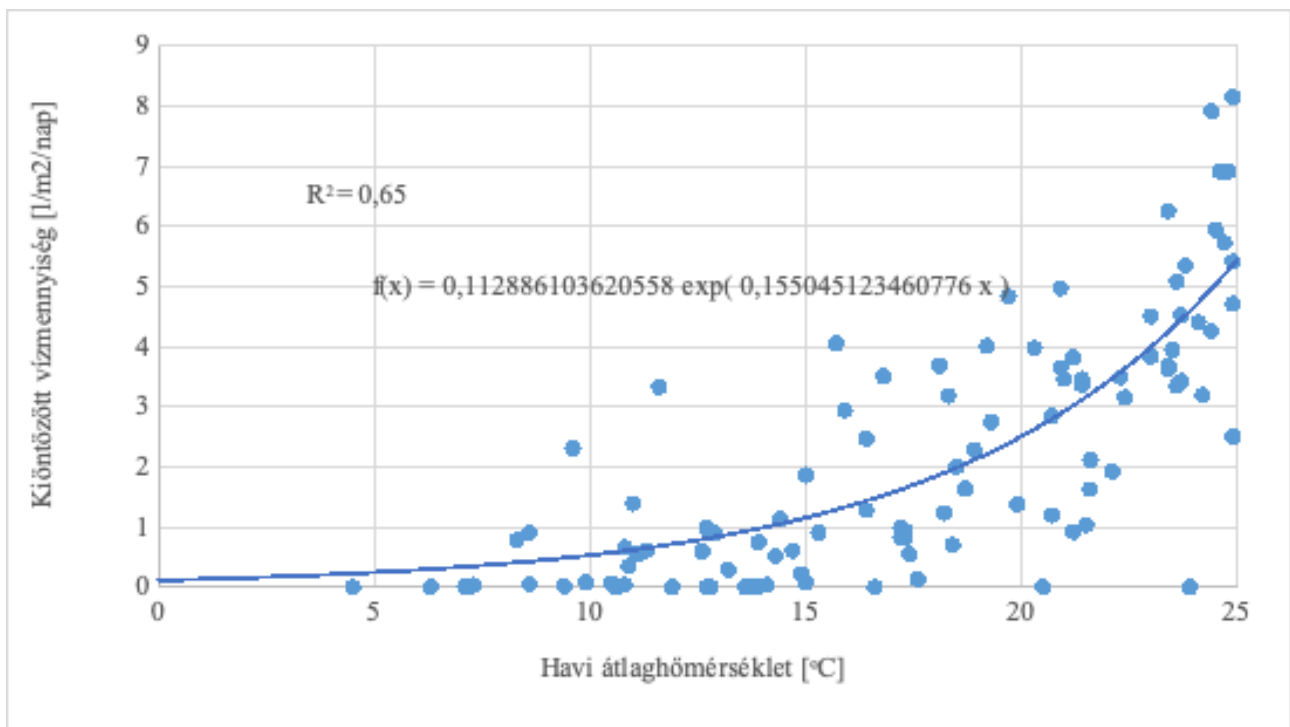
A 2010-2023 júliusa közötti időszakra három budapesti automata meteorológiai mérőállomás (Belterület, Lágymányos, Pestszentlőrinc) idősorait töltöttük le a HungaroMet adattárából (www.odp.met.hu). Az elemzéshez végül

a „Belterület” mérőállomás adatait vettük alapul, ugyanis ez volt a legközelebb az összes vizsgált helyszínhez, emellett nem volt megfigyelhető jelentős eltérés a három mérőállomáson mért adatok között.

A meteorológiai változók és a qönt közötti kapcsolatok kereséséhez azokat a klimatikus jellemzőket választottuk ki, amelyek a leginkább befolyásolják a növények vízigényét és állapotát: i) havi átlaghőmérséklet (T), ii) a 30 °C feletti maximális hőmérsékletű napok száma (NT>30), iii) havi potenciális párolgásösszeg (PET), iv) havi csapadékösszeg (P) és v) PET és P különbsége.

A meteorológiai változók és a havi qönt közötti kapcsolati függvényeket az Excel Solver bővítmény segítségével, a négyzetes hibaösszeg minimalizálásával határoztuk meg.

A PET, illetve a PET-P és qönt között lineáris kapcsolat látszódott, míg a P, illetve az NT>30



3. ábra: A havi átlaghőmérséklet és a napi fajlagos kiöntözött vízmennyiség kapcsolata a Bem József tér esetén

és q_{önt} összefüggés vizsgálata során nem volt felfedezhető egyértelmű kapcsolat.

A T-q_{önt} kapcsolatot minden helyszín esetében exponenciális függvénnyel tudtuk jellemezni (2. ábra). Az egyes helyszínek illesztett görbéi között kismértékű eltérést kaptunk, kivéve a Bécsi kapu tér zöldfelületét, ahol a többi helyszín átlagos kijuttatott vízmennyiségének több, mint a dupláját öntözik adott havi átlaghőmérséklet mellett.

A vizsgált helyszínek összes adatpontjára történő görbeillesztéssel az (1) egyenletet kaptuk.

$$q_{\text{önt}} = 0,273 \cdot e^{0,127 \cdot T} \quad (1)$$

ahol: q_{önt}: a vizsgált helyszín napi fajlagos öntözési vízmennyisége [l/m²/nap]; T: havi átlaghőmérséklet [°C].

A kapcsolati függvény exponenciális jellegét tekintve az éghajlatváltozás következtében

növekvő átlaghőmérséklet az öntözési vízigények jelentős növekedéséhez vezethet a jövőben.

Az Öröm utcai helyszín környékén található öntözendő területek térbeli kiterjedésének megállapításához műholdfelvételeken (Google Maps) határoltuk le a zöldfelületeket, az így kapott területnagyság 11359 m² volt. A Főkert által karbantartott, általunk vizsgált helyszínek közül kiválasztottuk azt, amelyik a növényzet típusában és a különböző növényfajták egymáshoz viszonyított arányában a legközelebb állt az Öröm utcai helyszínen lévő zöldterülethez. Ez a Bem József tér volt, így az ide meghatározott T-q_{önt} görbét (3. ábra), és az így kapott (2) egyenletet használtuk a zöldfelület öntözési vízigényének meghatározására a számításunk során.

$$q_{\text{önt,BJT}} = 0,113 \cdot e^{0,155T} \quad (2)$$

ahol a Bem József tér napi fajlagos öntözési vízigénye.

3. ÖRÖM UTCAI HELYSZÍN ÉS A LÉTESÜLŐ TÁROZÓ MÉRETEZÉSÉNEK MÓDSZERTANA

3.1. Az Öröm utcai helyszín

A tervezett tározó a XII. kerületi Öröm utcában létesül. Az utca aszfaltzott zsákutca, a végén murvás parkoló található, ami egy növényzettel benőtt, lejtős részhez (Mindszenty József tér felőli oldal) csatlakozik. A helyszín domborzata miatt a terület legmélyebb pontja a parkoló, ahol jelenleg egy víznyelő nyeli el az útszegélyről elvezetett vizet. A műtárgy (vagy a kapcsolódó csapadékvíz csatornaszakasz) kapacitása nagy esőzések alkalmával nem elégséges (4. ábra), így a lakók a kialakuló utcai árvizek ellen kénytelenek homokzsákokkal védekezni. A problémát egy sorba kötött 10 m³ térfogatú felszín alatti zárt (nem szivárogtató és nem párologtató) csapadékvíz-tározó és egy szintén 10 m³-es szikkasztó akna létesítésével tervezik megoldani. A felszínről lefolyó víz először az első tározótérbe jut, amelyből a tározott vizet a környező



4. ábra: Öröm utca állapota esőzést követően
(Forrás: Décsi Emese, Zöld Iroda)

zöldfelületek öntözésére tervezik felhasználni. A tározótér telítődése esetén egy túlfolyón keresztül folyik át a víz a szikkasztóaknába, ahonnan a csapadékvíz a talajba szivároghat. A tervezett tározó funkciója tehát kettős: 1) az elöntés kockázatának csökkentése és 2) öntözésre felhasználható víz tározása.

Budapest XII. kerületi Önkormányzata a WENA BAU Építőipari és Szolgáltató Kft-t kérte fel, hogy tervezzék meg a komplex műtárgyat. A tervező a méretezés során a racionális módszert alkalmazta ((3) egyenlet). 6010 m² nagyságú vízgyűjtő területtel számoltak, ami megközelítőleg 60 %-ban burkolt (aszfaltzott felületeket, épületek tetőfelületeit) és 40 %-ban burkolatlan felületeket (meredek hegyoldali részt) foglal magába.

$$Q_m = \alpha \cdot i_m \cdot A \quad (3)$$

ahol: a mértékadó vízhozam; α : lefolyási tényező (tervezés során $\alpha=1$ értékkel számoltak); i_m : mértékadó csapadékkintenzitás; A : vízgyűjtő terület.

A tervezővel folytatott konzultációnk során megtudtuk, hogy a számítást 4 éves 10 perces csapadékkintenzításra, illetve 10 %-os biztonsági tényezővel végezte. A lefolyásából származó víztérfogatot a mértékadó vízhozam és a csapadék időtartamának (10 perc) szorzataként számította.

Érdekességképpen jegyezzük meg, hogy a tervezéssel párhuzamosan a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Víz Közmű és Környezetmérnöki Tanszékének munkatársai is készítettek lefolyás vizsgálatot, melynek keretében különböző visszatérési idejű (1, 2, 10, 100 év) és időtartamú (10 és 30 perces) csapadékokra az SWMM (US EPA Storm Water Management Model) lefolyásmodell alkalmazásával, melyek közül az 1 éves 30 perces,

illetve a 2 éves 10 perces csapadékintenzitással végzett számítás eredményei a racionális módszerrel számolt vízhozam közel háromszorosát becsülték. Az Önkormányzat a költség-haszon elemzés alapján a "hagyományos" módszerrel méretezett 10 m³ -es tározóakna és 10 m³-es szikkasztóakna megépítése mellett döntött.

4. A LÉTESÜLŐ TÁROZÓ HATÉKONYSÁGÁNAK ÉRTÉKELÉSE

A kutatásban a tározó hatékonysága alatt a ténylegesen kiöntözött vízmennyiség és az öntözési vízigény hányadosát értjük, tehát azt, hogy az öntözési vízigény mekkora része teljesül. A hatékonyság vizsgálatához a LIFE Városi Eső projektben kidolgozott módszert (Buzás és társai 2022) alkalmaztuk. Kétféleképpen vizsgáltuk az öntözött zöldfelület nagysága, a tározótérfogat és az öntözési vízigény kielégítésének százalékos aránya közötti összefüggéseket: 1) különböző területű zöldfelületekre néztük a létesülő 10 m³-es tározó hatékonyságát és 2) rögzített öntözendő felületre számítottuk ki, hogy különböző tározó térfogatok a vízigény hány százalékát képesek fedezni.

4.1. A hatékonyság-értékeléshez alkalmazott módszer

A módszer alapja tulajdonképpen egy idő-sor-alapú vízmérleg számítás, mely során egy adott (választott) térfogatú tározó vízforgalmát vizsgáljuk sokéves viszonylatban. A dinamikus vízmérleg számítás alapgondolata, és ez különbözteti meg leginkább az eseményalapú megközelítéstől, hogy a tározónak "emlékezete van": az aktuálisan tárolt (felhasználható) vízmennyiség a tározó felvett/tervezett térfogata mellett a megelőző időszak lefolyásainak

és vízhasználatainak függvényében időben folyamatosan változik. Hangsúlyozzuk, hogy ez a megállapítás a tározó aktuális kapacitására is igaz, tehát az, hogy a tározó képes-e a vízgyűjtőn keletkező lefolyást maradéktalanul befogadni, nem dönthető el csupán a bruttó kapacitás alapján, a tározó a lefolyás kezdetén nem feltétlenül üres.

A módszert először általánosan írjuk le, a problémaspecifikus részleteket a fejezet végén mutatjuk be. A tározó vízmérlegét a következő egyenlettel írhatjuk fel:

$$\frac{\Delta V_{\text{tár}}}{\Delta t} = Q_{\text{be,átl}} - Q_{\text{ki,átl}} \quad (4)$$

ahol a tárolt vízkészlet mennyiségének megváltozása [m³] idő alatt (az idő mértékegysége a probléma releváns időléptékéhez igazodva perc, óra vagy nap); : a tározóba befolyó és : a tározóból kilépő vízhozam [m³/perc, m³/óra vagy m³/nap] [m³/nap].

Az egyenletet átrendezve, és kihasználva, hogy

$$\Delta V_{\text{tár}} = V_{\text{be}} - V_{\text{ki}} \quad (5)$$

ahol : a tározóba belépő víz térfogata [m³]; : a tározóból víz térfogata [m³].

A tárolt vízkészlet megváltozása az aktuális és a megelőző nap végén tározóban levő víz térfogatának különbségeként számítható:

$$\Delta V_{\text{tár},j-1 \rightarrow j} = V_{\text{tár},j} - V_{\text{tár},j-1} \quad (6)$$

ahol j: a számítási időlépés indexe; : a tározóban tárolt víz térfogata a j-edik időlépés végén [m³]; : a tározóban tárolt víz térfogata a j-1-edik időlépés végén [m³].

Az (5) és (6) egyenletek összevonásából, átrendezés után kapjuk, hogy

$$V_{\text{tár},j} = V_{\text{tár},j-1} + V_{\text{be}} - V_{\text{ki}} \quad (7)$$

A tározóba beérkező vízmennyiség a vízgyűjtőn történő lefolyásból származik, a tározóból kilépő vízmennyiség pedig az öntözésre kivett és a túlfolyón távozó vízmennyiség összege. A lefolyás és az öntözési vízigény becslésére többféle módszer alkalmazható, de ez a hatékonyság-értékelés számítási lépéseit nem befolyásolja. A megfelelő időlépés megválasztása mellett a módszer egyik legfontosabb kérdése a folyamatok számítási sorrendje. Vizsgálatunkban a következő sorrendet feltételeztük: 1. lefolyás a vízgyűjtőről 2. öntözés a tározóból 3. tározó kapacitás meghaladó többlet túlfolyása.

Az öntözött vízmennyiség maximális értéke a zöldfelület vízigényével egyenlő, de ez a vízmennyiség nem feltétlenül áll rendelkezésre. Mind az öntözésre kivehető, mind pedig a túlfolyó víz mennyisége függ a tározó aktuális töltöttségétől, ezért a számításba korlátozó feltételek bevezetése szükséges. A korlátozások egyúttal azt is biztosítják, hogy a számított tárolt vízkészlet ne legyen 0-nál kisebb vagy a tározó felvett térfogatánál nagyobb:

– Az öntözésre kivett vízmennyiség korlátozása:

$$V_{\text{önt},j} = V_{vi,j}, \quad \text{ha } V_{\text{tár},j-1} + V_{\text{lef},j} \geq V_{vi,j} \quad (8)$$

$$V_{\text{önt},j} = V_{\text{tár},j-1} + V_{\text{lef},j}, \quad \text{ha } V_{\text{tár},j-1} + V_{\text{lef},j} < V_{vi,j} \quad (9)$$

– A túlfolyó vízmennyiség korlátozása:

$$V_{\text{túl},j} = \min[0, (V_{\text{tár},j-1} + V_{\text{lef},j} - V_{\text{önt},j})] \quad (10)$$

ahol: a j-edik időlépésben öntözésre kivett víz térfogata [m³]; : a zöldfelületek öntözési vízigénye a j-edik időlépésben [m³]; a vízgyűjtőről a j-edik időlépésben lefolyó csapadék (egyben a tározóba befolyó víz) térfogata [m³]; : túlfolyó víz térfogata a j-edik időlépésben [m³].

A tározó adott időszakra vonatkozó öntözési célú hatékonyságát az öntözésre összesen

kivett vízmennyiség és az összes öntözési vízigény százalékos arányával jellemezhetjük:

$$Eff_j = 100 \cdot \frac{\sum V_{\text{önt},j}}{\sum V_{vi,j}} \quad (11)$$

ahol : a tározó hatékonysága [%].

Az Öröm utcába tervezett tározó hatékonyságát a 2010. január – 2023. július közötti időszakban vizsgáltuk. A december és február hónapok közötti időszakban feltételeztük, hogy az öntözési vízigény nulla, nincs öntözési célú vízhasználat. Mivel a Főkert fenntartásában levő zöldfelületek öntözése pár naponta történik, a számításokat napi időlépéssel végeztük, öntözési vízigénnyel pedig 3 naponta számoltunk. A napi fajlagos vízigényt a Bem József tér öntözési adatai alapján meghatározott (2) egyenlettel számítottunk a havi átlaghőmérséklet alapján. A napi időlépés és a három naponta történő öntözés miatt a napi vízigényeket három naponta összegeztük, így az öntözéses napok utáni két napon nem számoltunk vízigénnyel:

$$V_{vi,j} = 3 \cdot 0,113 \cdot e^{(0,155 \cdot T_k)} \cdot A_{zf} \cdot 0,001 \quad (12)$$

ahol : a zöldfelület 3 naponta jelentkező öntözési vízigénye [m³], és ; : a j-edik nap hónapjának átlaghőmérséklete [°C]; : az öntözendő zöldfelület nagysága, lehatárolásunk alapján 11359 m².

A vízgyűjtőről származó lefolyást egyszerű megközelítésben konstans kezdeti veszteség (aminek része az intercepció, a felület depressziós tározása és a burkolatlan felszíneken történő beszivárgás) feltételezésével becsültük:

$$V_{\text{lef},j} = P_j \cdot A_{vgy} - d_{vgy} \cdot A_{vgy} \quad (13)$$

ahol : a j-edik nap csapadékösszege [m]; : a tározó vízgyűjtőjének területe, amit a tározó tervezésekor használt értékkel azonosnak,

6010 m²-nek vettünk fel; : a vízgyűjtő felszínének tározókapacitása [m], amit vízgyűjtő jelentős burkolt felület aránya miatt 2 mm-ben határoztunk meg.

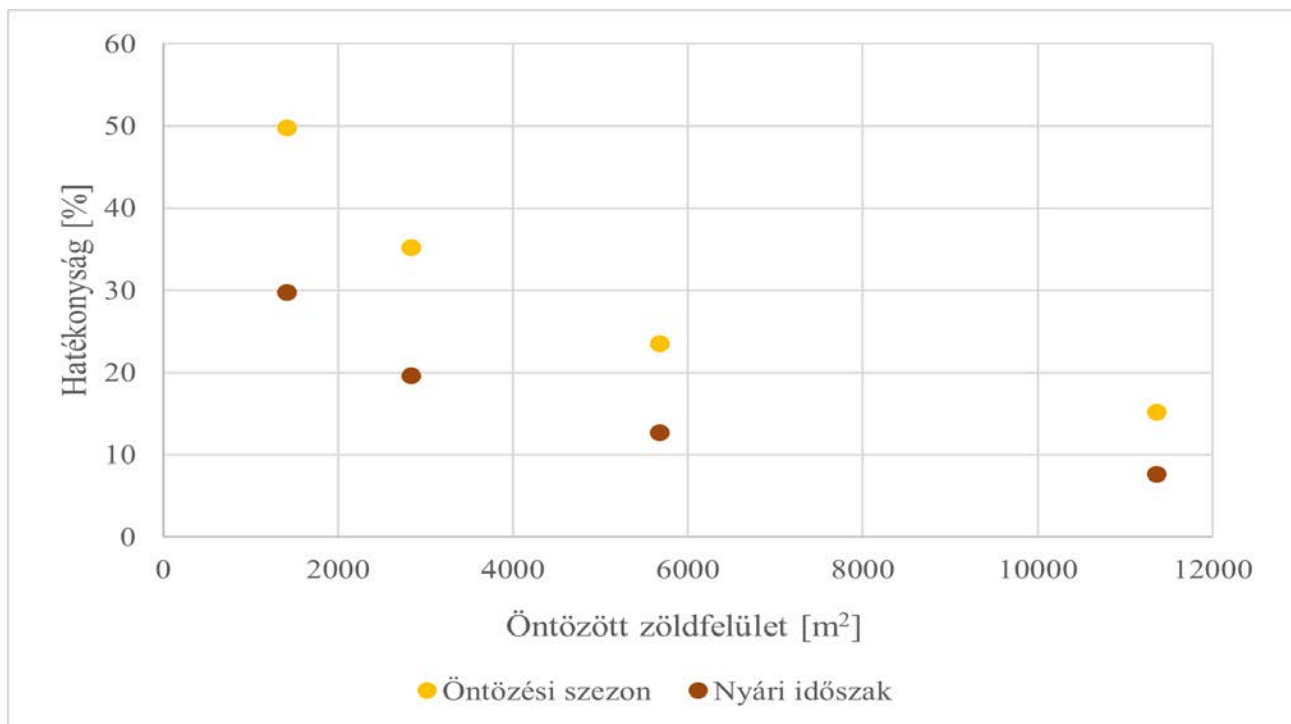
A számítás során feltételeztük, hogy a tározó a feltöltődése után átfolyásos tározóként működik, vagyis a vízgyűjtőről érkező lefolyás a túlfolyón keresztül késleltetés nélkül a szikkasztóba jut, ahol maradéktalanul elszikkad (nincs visszaduzzasztás).

A tervezett 10 m³ -es tározó hatékonyságának vizsgálata különböző nagyságú öntözött zöldfelület esetén

A tervezett 10 m³-es tározó hatékonyságát 4 öntözött területnagyság mellett, kezdve az Öröm utca környékén lévő zöldterület nagyságával (11359 m²), majd ennek a felével, negyedével és nyolcadrészével vizsgáltuk. Külön számítottuk a kielégített vízigény átlagos, százalékos arányát az öntözési szezonra

(március – november) és a nyári (június – augusztus) időszakban (5. ábra).

A Bem József tér öntözőrendszerének vízfogyasztási adataiból számított átlagos, öntözési időszakra vonatkozó fajlagos vízigény (0,53 m³/m²,nap) alapján az Öröm utca környezetében kijelölt zöldfelületek éves, átlagos öntözési vízigénye 6020 m³ lenne. Az eredmények alapján a 10 m³-es tározó ennek átlagosan körülbelül 15%-át lenne képes fedezni, vagyis az egyéb forrásból biztosítandó vízmennyiség meghaladná az 5100 m³-t évente. Ennél is rosszabb az arány a nyári, kritikus időszakban, amikor a tározó hatékonysága csak fele a teljes időszakra számítottnak (kb. 8%). Az öntözendő területnagyság csökkentésével a hatékonyság növekszik, de közel sem lineárisan. A kijelölt terület felezésével az öntözési és a nyári időszakra számított hatékonyság



5. ábra: Átlagos tározó hatékonyság különböző zöldfelület nagyságok mellett a március-november és a június-augusztus közötti időszakokban 10 m³-es tározó térfogat esetén

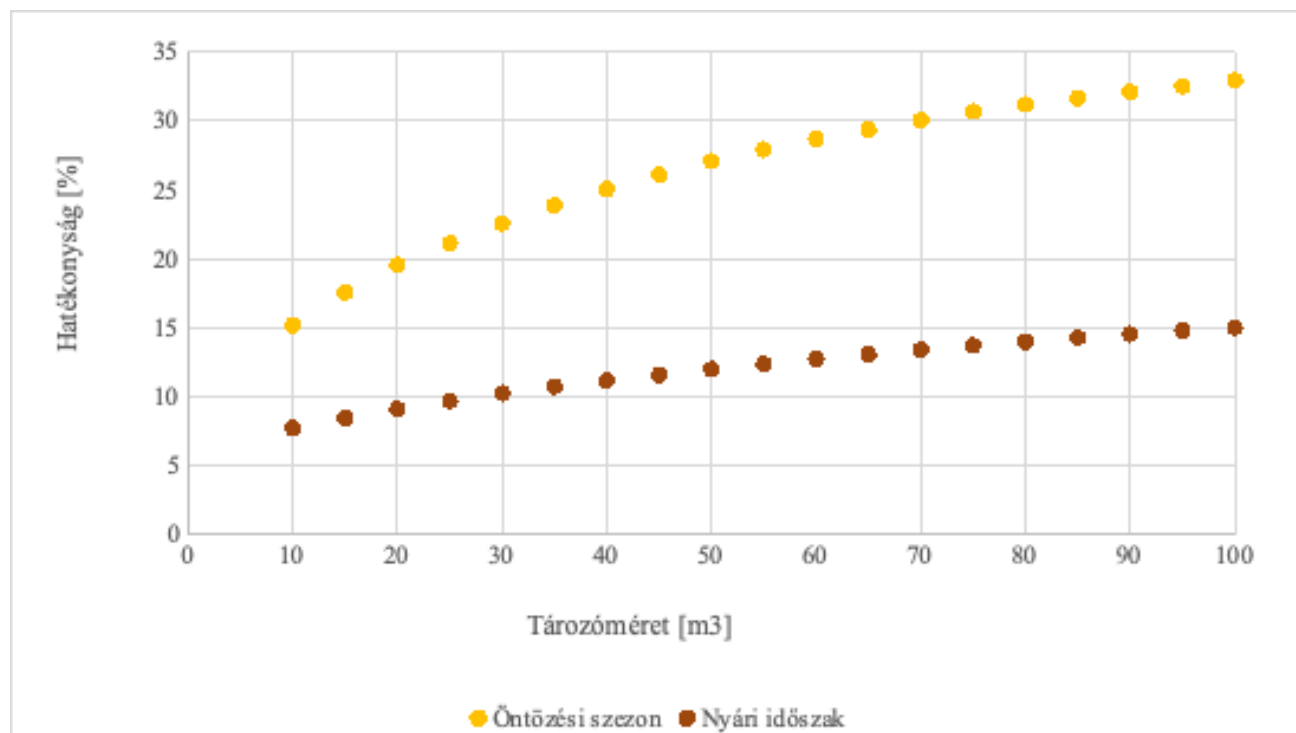
rendre kb. 8%-kal és 5%-kal emelkedne, és a pótlendő vízmennyiség sokéves átlagban alig 4%-kal (kb. 5300 m³-re) növekedne. Lényegesen nagyobb hatékonyság-változást láthatunk a kisebb zöldfelületek tartományában, ahol az egységnyi öntözött terület-csökkenés jelentősen nagyobb hatékonyságot eredményez. Radikális, a potenciálisan öntözhető területek közel 90%-ának elhagyásával (1420 m²-es öntözött területtel) már megközelítőleg 50%-os és 30%-os átlagos hatékonyság érhető el rendre az öntözési és nyári időszakban, miközben az éves, átlagos pótlendő vízmennyiség a teljes terület öntözése mellett számítottnál kb. 10%-kal lenne nagyobb.

4.3. Különböző tározóméretek hatékonyságának vizsgálata adott nagyságú öntözendő zöldfelület esetén

A második vizsgált esetben az öntözendő zöldfelület nagyságát rögzítettük (az Öröm

utca környékén található zöldfelület, 11359 m²), míg a tározóméreteket változtattuk. A kiindulási térfogat 10 m³ volt, és 5 m³-es térfogatlépésekkel növelve egészen 100 m³-ig vizsgáltuk a különböző tározónagyságok hatékonyságát. Ennél a vizsgálatnál is külön elemeztük az átlagos, öntözési szezonra vonatkozó (március – november) és az átlagos nyári (június – augusztus) hatékonyságot (6. ábra).

A diagramon látható, hogy a várakozásoknak megfelelően a növekvő tározótérfogatok nagyobb hatékonyságot eredményeznek, azonban a méretnövelés egy idő után már nem jár számottevő hatékonyságnövekedéssel. Ennek oka részben az a problémáspecifikus adottság, hogy az öntözési vízigényhez képest kicsi a tározó vízgyűjtő területe, másrészt az öntözési célú tározóknál általában igaz, hogy mivel az öntözési vízhasználat



6. ábra: Átlagos tározó hatékonyság 11359 m² zöldfelület nagyság mellett a március-november és a június-augusztus közötti időszakokban különböző tározó térfogatok esetén

a tavasz-ősz közötti időszakra korlátozódik, a téli csapadéknak csak a tározó feltöltésére szolgáló hányada hasznosul, a többi a túlfolyón elfolyik. A kapcsolat a tározóméret és a hatékonyság között (hasonlóan az öntöző terület nagysága és a hatékonyság közötti kapcsolathoz) ebben az esetben sem lineáris. Ha feltételezzük, hogy a tározó kialakításának költsége közel egyenesen arányos a térfogattal, akkor a költség-haszon elemzés egyértelműen a kis tározóterek tartományában enged mozgásteret az optimalizálásra. A "kis" tározótér azonban relatív.

Általánosságban a csapadékvíz-, illetve az egyéb hasznosítási céllal létesült tározók hatékonyságát jelentősen befolyásolja a vízgyűjtőterület nagysága, a lehullott csapadék mennyisége, illetve a vízkivétel/öntözési vízigény mértéke.

Nagyobb vízgyűjtő esetén több csapadékvíz gyűjthető, amivel a vízkivételi igények magasabb százalékban elégíthetők ki. Ez nem jelenti azt, hogy nagy vízgyűjtő terület esetén és reális tározó térfogatok mellett a 100%-os hatékonyság elérhető. Ráadásul, ha a vízigény a lefolyás és a tározó volumenéhez képest kicsi, akkor a tározótérben a vízkivételt követően felszabaduló térfogat is csekély lesz, vagyis ebben a konstellációban jóval gyakrabban lesz elégtelen a tározó kapacitása, ami gyakori túlfolyáshoz vezethet.

A szárazabb, periódusokban megugró vízigények és a ritkábban előforduló, kis csapadékmennyiségek együttesen szintén alacsonyabb hatékonyságot eredményeznek.

Elfogadva ezeket a korlátokat, azt a tározóméretet érdemes választani, ami a költség-haszon elemzés alapján (figyelembe véve a tározóból ki nem elégíthető vízigény egyéb

vízforrásból történő kielégítésének költségét is) is optimális.

5. KÖVETKEZTETÉSEK, LEHETŐSÉGEK

A dolgozatban bemutatott idősor alapú vízmérleg számítás alkalmas városi zöldfelületek öntözésére szolgáló csapadékvíz-tározók méretezésére. Beruházói oldalról kézenfekvő kérdés, hogy adott térfogatú tározóban gyűjtött víz az öntözési vízigénynek várhatóan mekkora hányadát fogja fedezni, és mekkora vízmennyiséget kell egyéb forrásból biztosítani. Ez utóbbi beárazásával és a tározó beruházási költségének becslésével alapozható meg a tározó költség-haszon elemzése. Különböző tározótérfogatok hatékonyságának számításával lehetőség nyílik a helyszíni adottságok és költségek szempontjából optimális tározótérfogatok megválasztására. Bár a módszert öntözési célú vízhasználat példáján keresztül mutattuk be, ugyanígy alkalmazható tetszőleges vízigény esetén, amennyiben annak időbelisége ismert.

A városi zöldfelületek öntözésére szolgáló csapadékvíz-tározók méretezéséhez az egyik legfontosabb alapadat az öntözés vízigénye. A növényzet tényleges vízigénye és a kiöntözött víz mennyisége nem feltétlenül egyezik meg az egyes területeken, függ az öntözési rendszer sajátosságaitól és az üzemeltető által követett öntözési módszertantól.

A vizsgált budapesti helyszínek esetén azt tapasztaltuk, hogy a fajlagos vízfogyasztás értékekben jelentős (100%-ot meghaladó) eltérés van, ezért azokat a már öntözött területeket érdemes alapul venni a vízigény becslésnél, ahol a releváns adottságok (növényzet és talaj típusa, beépítettség mértéke stb.) a tervezési terület adottságaihoz hasonlóak. Az öntözési adatok és a havi középhőmérséklet

kapcsolatára felállított összefüggéssel lehetőség van a vízigény éven belüli dinamikájának figyelembevételére, ami az idősor-alapú vízmérleg számításnál különösen nagy jelentőséggel bír.

A budapestiektől jelentősen eltérő klimatikus adottságú területeken, főként, ahol

nincsenek vagy nem hozzáférhetőek a már öntözött zöldfelületek vízfogyasztási adatai, a növények vízigényét becsléssel lehet meghatározni. A jövőben a kutatást folytatni tervezzük a nemzetközi szakirodalomban fellelhető empirikus vízigény számítási módszerek alkalmazhatóságának vizsgálatával.

► IRODALOMJEGYZÉK



KÖLTSÉGEK HELYETT ÉRTÉKTEREMTÉS RÖVID SZAKASZÚ CSŐREKONSTRUKCIÓK VÁLASZTÁSÁVAL

Vojtilla László - tanácsadó

BEVEZETÉS

Anyagi forrásokban szegényes időszakban különösen felértékelődik a hatékony pénzfelhasználás követelménye. Lassan kikopik az „önköltségcsökkentő beruházás” szóhasználat is a mindennapjainkból, holott nem kellene. Nemcsak nagyobb projektek megvalósításától lehet elvárni a működési költségek csökkentését, hanem a gyakran megjelenő, többnyire ismétlődő feladatok rutinszerű megoldása helyett is élni lehet ilyen lehetőségekkel. Az alábbi cikkben – a teljesség igénye nélkül – erre keresünk választ.

DILEMMA ÉS VÁLASZ

Egy-egy meghibásodás esetén egy egyszerű javítás költsége is közel kerülhet a felújítási vagy a pótlási ráfordítás forrásigényéhez. Egy gép, pl. egy szivattyú esetében már az is előrelépés, ha a megfelelő új eszköz beszerzési árához képest egy javítás vagy karbantartás költségszintje valamilyen felső mértékkel be van határolva, pl. ilyen megoldás az új eszköz árához képest csak 50 vagy 60 % alatti szint esetén lehetséges. Az új eszköz beszerzése – mint beruházás – választása esetén a jobb hatásfok és a teljeskörű, hosszabb garancia révén, jó eséllyel viszonylag gyorsan megtérül a többlet kiadás, továbbá az sem mellékes,

hogy az adott cég saját/kezelt vagyona vagy önköltsége gyarapszik eközben.

Könnyen kijelenthető egy olyan válasz is, hogy egy csőtörés esetén hasonló választási lehetőségre nincs lehetőség. Ilyenkor be kell mérni a hiba helyét, munkagödört kell ásni, majd szerelni és helyreállítani a munkaterületet. Egy egyébként jó állapotban lévő csővezetéknel ezzel rendben is vagyunk. Azonban más a helyzet egy már felújításra vagy rekonstrukcióra váró, elhasználódott vezeték esetében, ahol a teljes vezeték hossz cseréjére jelenleg még nincs elegendő fedezet. Itt hogyan lehet olyan beruházást értelmezni, ami a karbantartásnak minősülő hibajavítások helyébe léphet?

A válasz megadása előtt röviden tekintsük át a számvitelből már ismerős fogalmakat a csőtörések feltételeire szűkítve. A beruházás egy széles kört magába foglaló gyűjtőfogalom, amely a felújításra és a rekonstrukcióra is kiterjed. A felújítás az elhasználódott eszköz eredeti állapotra történő visszaállítása, amely egyben az eszköz élettartamát (használati idejét) is igazolhatóan megnöveli. A rekonstrukció az eredeti állapot helyreállításán túlmenő, valamilyen többlet értéket is teremt. (A továbbiakban e két fogalmat összefoglalóan felújításnak nevezzük.) A karbantartás a folyamatos zavartalan üzemeltetést szolgáló javítási,

karbantartási tevékenység, amely a használati idő alatt többször is visszatér.

A válasz most már egyszerűen megfogalmazható. A lényegében pontszerű csőjavítás helyett az érintett szakaszon egy olyan hosszúságú felújítást kell végrehajtani, ami nemcsak számvetési szempontból minősítő felújításnak, hanem a műszaki gyakorlat próbáját is kiállja. Azaz amikor a teljes csőszakasz (pl. teljes utca) felújítására kerül majd sor, akkor a most felújított, rövid vezetékszakasz marad a helyén, és ennek a két vége a később megvalósítandó, újabb csőszakaszokhoz fog kapcsolódni. A meglévő csővezeték élettartamának a növelését a felújítás több ütemre bontásával is el lehet érni. Az egyes ütemek a meglévő vezeték értéknövelő beruházásaként kerülhetnek be a tárgyi eszköz nyilvántartásba.

A RÖVID SZAKASZÚ CSŐFELÚJÍTÁSOK PEREMFELTÉTELEI

Nyilvánvalóan nem célszerű minden – kiasást igénylő – csőhibát ilyen jellegű felújítással orvosolni. Egy újabb, még a kivitelezés rejtett hibáihoz kapcsolódó törés vagy egyébként jó, stabil állapotban lévő csővezeték esetén többnyire a lokális jellegű javítás (pl. egy palástfelület külsőjére szerelhető javító idommal) a célszerű. A nagyobb átmérőknél (pl. NA 400 felett) egyedi mérlegelésre lehet szükség.

Azonban, tekintettel a csőhálózatok felújításra érett, becsülhetően mintegy 50-60 %-os részarányára, a rövid szakaszokkal végezhető felújítások nagyon gyakran választhatók. A pontszerű javítások összes költségéhez képest jelentkező többlet munkaidő és plusz anyagköltség aránya viszonylag alacsony. A többlet tekinthető olyan befektetésnek,

amely a későbbiek során gyorsan és bőségesen megtérül.

A közterület alatti zónák különféle csővezetékekkel és kábelfektetésekkel annyira zsúfolttá váltak, hogy azok védőtávolságai miatt a meglévő nyomvonalak helyett másik, párhuzamos, új nyomvonalak már nem alakíthatók ki. A felújítás lehetőségeit, technológiáit ez a peremfeltétel korlátozza, de egyben a rövid szakaszú felújítások melletti, pozitív döntést is segíti.

Egy nyomóvezeték törése, tömítetlensége esetén a talaj intenzíven telítődik vízzel. Az altalaj nagy mértékben elveszíti az állékonyságát, nyírószilárdságát, így lényegében sűrű, viszkózus folyadékként kezd viselkedni. A duzzadó agyagtartalom miatt kitáguló talajtömeg nyomást fejt ki a környezetére, ami így részben oldalirányban és részben függőlegesen is átrendeződik. A vízpótlás megszűnése után a duzzadó agyag lassú zsugorodásba kezd, újabb talajmozgások történnek, ahol inkább a függőleges kúszási irány dominál. A megmozduló talajrészecskék az érintett csővezeték túlterhelik, azt extrém nyíró és hajlító igénybevételnek teszik ki, ami néhány hónap múlva újabb töréseket és csökötés kimozdulásokat is okozhat, illetve okoz.

Gyakori látvány, amikor egy-egy, többnyire régi épület alapját, falazatát eltöri, elrepeszti a duzzadó agyag dilatációja. Nyilvánvaló, hogy ezek a folyamatok a talajszint alatti létesítményekben is hasonló, súlyos károkat okoznak, csak ezeket szabad szemmel nem lehet látni. Mindezek alapján a csőtörések szakszerű javítása során a szokásos munkagödörkhöz képest nagyobbakat kellene kialakítani. Nem elegendő csupán a csőszerelés elvégzéséhez szükséges méretet kiásni, hanem a teljes, átázott talajtömeget cserélni vagy - valamely

korszerű módszerrel - stabilizálni kellene. Enélkül néhány hónap eltelte után - jó eséllyel - újabb csőtörés fog bekövetkezni a már kijavított hely közvetlen közelében.

A rövid szakaszú csőfelújítások indokoltsága, peremfeltételei széles körben adottak. Ezek szélesebb körben való elterjedése - mind műszaki, mind gazdasági szempontú előnyök miatt - várhatóan meg fog történni.

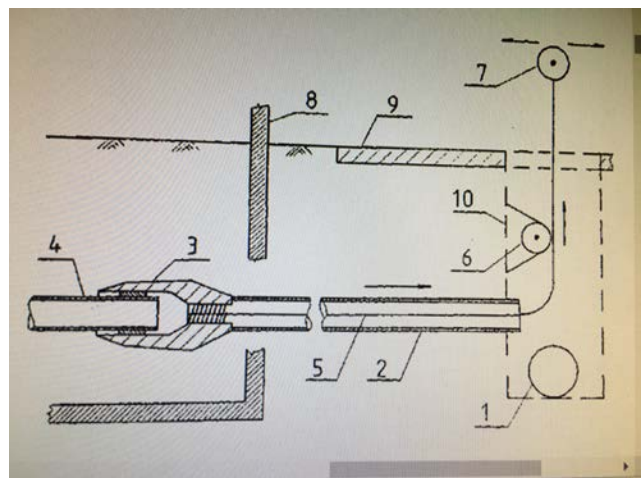
A RÖVID SZAKASZÚ FELÚJÍTÁSOK GYAKORLATI SZEMPONTJAI

Az előkészítő munka előnyösen a „Gördülő Fejlesztési Tervek” (GFT) felújítási és pótlási tervrészek összeállításakor kezdődhet. Itt nyilvánvalóan nem lehet pontosan kijelölt helyszíneket kijelölni, még akkor sem, ha az üzemeltető cégek jósnöket is alkalmaznának. Teljesen korrekt a GFT I. ütemében „X” millió forintot betervezni pl. „Előre nem látható, nem tervezhető helyszíneken bekövetkező csőtörések helyén rövid szakaszú felújítások végzése” megnevezéssel. A II. és III. ütembe is célszerű ezeket a feladatcsoportokat felvenni.

A GFT-n túlmenve, a részletesebb előkészítő tervezés során célszerű kiválasztani és könnyen azonosítható csoportosításban gyűjteni az utcákat, ahol az üzemeltető cég főleg ilyen megoldással kíván élni. Pl. az összes NA 80 – 150 azbesztcement anyagú csővezeték ide kerülhet, de ezen túl még számos acél vagy PVC anyagú, hasonló átmérő tartományba eső csővezetékek is ide kerülhetnek. Egyébként ez a mérettartomány adja ki a teljes nyomócső hálózat 75 -85 %-át, ami szintén a vizsgált megoldási módszer választása mellett szól.

Az adott rövid szakaszú felújítás megnevezése - az elkészültét követően - célszerűen

történhet „ABC utcai NA ... csővezeték felújításának első, második stb. üteme” névvel is. Mivel többnyire az ivóvízes elosztó hálózaton fognak megtörténni a rövid szakaszú felújítások, ezért az adott szakaszokra eső bekötő vezetékek cseréjét is ajánlatos elvégezni. Az összesített csőhibákon belül a bekötő vezetékek magas arányt képviselnek. A gerincvezetékek megfúrásipontja és a vízmérők csatlakozási pontja közötti szakaszokon lép fel a hibák mintegy 70 %-a. Ezeket a potenciális veszélyforrásokat hiba lenne nem hatástalanítani. (Ez hasonló lenne ahhoz, mintha egy porcelán műfogsor alá kerülő fogak begyulladt gyökereinek kezelését nem akarnánk elvégeztetni.)



Mivel két, egymással szemközti ingatlan két bekötő vezetéke az összes felszín alatti csővezeték kábelt, utat, járdát stb. keresztezi, ezért hagyományos munkavégzés esetében itt kézi munkával történő feltárást kellene végezni. Szerencsére van bevált, csak egy-egy egyenes csőszakasz két végpontjához való hozzáférést igénylő, egyszerű, korábban szabadalommal védett, de ma már közkinccsnek minősülő eljárás is, amelynek részletes leírása megtalálható az sztnh.gov.hu honlapon.

(P 94 03207 sz. szabadalmi bejelentés: Eljárás üreggel rendelkező közmű vezetékek kitakarási nélküli cseréjére.)

A rövid szakaszú felújításoknál jó lehetőséggel lehet a feltárás/kiásás nélküli, elterjedt néven NO-DIG eljárások közül választani. Ilyen esetben akár maga a hibahely felásása sem szükséges, ha ott nincs bekötő vezeték leágaztatás. Többségében elegendő az adott, felújítandó csőszakasz két végpontjának és a bekötések leágazási pontjának a feltárása és a szereléshez szükséges minimális munkagödrök kialakítása. Az adott csőszakasz (pl. 15-25 méter) felújítása és a szakaszba eső bekötő vezetékek cseréje akár 50 éven is bőven túlmutató időre is megelőzi a természetes elhasználódás miatti meghibásodásokat, így

akár 2-3 emberöltőnyi időre is rendet, békét teremt ezeken a helyszíneken.

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk áttekinti a főleg nyomócső hálózatoknál a véletlenszerűen bekövetkező meghibásodások, csőtörések egyszerű javítása helyett célszerűen választható, rövid szakaszú megoldások létjogosultságát, ezek szakszerűségben, műszaki és gazdasági előnyökben jelentkező hatásait, valamint néhány gyakorlatias ötletet is bemutat. A rövid szakaszú felújítások nem a teljes felújítás helyettesítői, de annak hasznos kiegészítései. Ez a megoldás egyben a rendelkezésre álló pénzügyi források „költség helyett értékteremtés” szlogen szerinti felhasználását is támogatja.



Vojtilla László Zoltán (1955, Miskolc)

Szakmai bemutatkozás:

Okl. gépészmérnök (1978) és okl. vízellátás-csatornázási szakmérnök (1986). Életpályája szorosan kötődik a víziközmű szolgáltatáshoz.

Szakmai tapasztalatok: 5 év a DIGÉP (méréstechnika és szivattyúk piaci kapcsolatai), 2 év a BORSODVÍZ Zrt., 6 év az ÉRV Zrt, 25 év a MIVÍZ Kft. jogelődjeinél, közben 6 év szakmai felügyelet a MEKH -nél.

Ezen belül a vezetői tapasztalatok 32 évet tesznek ki. A jó munkahelyi közérzet és a motiváló légkör mellett a legjobb gyakorlatok meghonosítása, a műszaki fejlesztések és a munkatársak sokoldalú jártasságának megszerzése voltak a kiemelt céljai.

Munkahelyi elfoglaltságai mellett az MHT, a MAVÍZ és a MASZESZ munkájába is bekapcsolódott. Ez utóbbiakra - nyugdíjasként – több időt tud majd fordítani.

MŰKÖDÉSI BEVÉTELEK SZEREPE A VÍZÜGYI ÁLLAMI SZERVEZETEK GAZDÁLKODÁSÁBAN

Pesala Antal FETIVIZIG

Az államháztartási szervezetek jellemzője, hogy közfeladatot látnak el, ennek megfelelően finanszírozásuk is meghatározóan az állami költségvetésből történik. Nincs ez másként az állami vízügy szolgáltatban, praktikusán a vízügyi igazgatóságok esetében sem. Ugyanakkor hosszú évek jellemzője, hogy a támogatás mellett a költségvetésük része a saját bevétel is, amelyet áru- és szolgáltatás értékesítéssel kell elérniük különböző piaci szegmensekből. Sajátos, időnként összeférhetlenségi kérdéseket is felvető helyzetek is adódhatnak, érdemes tehát az összefüggéseket megvizsgálni, szakmai és gazdasági optimumra törekedni. Megkockáztatható továbbá, hogy a közfeladat/alapfeladat vs. működési bevétel szerzés dilemma nem csupán az állami vízügyi szervezetekre jellemző, hanem pl. víziközmű és más, infrastruktúrát üzemeltető szervezeteknél is felvethető – természetesen a sajátosságok figyelembe vételével.

A jogszabályokban rögzített közfeladat természetesen meghatározója az állami intézményeknek, így a bevételek döntő része is költségvetési támogatásból érkezik, a működési bevétel csak kiegészítő szereppel bírhat. Keletkezhet az alapfeladat ellátása során, de vállalkozási tevékenység eredménye is lehet. Nem tartozik e körbe a közhatalmi bevétel (adó, illeték, bírság, igazgatási szolgáltatási díj, stb.), ezeket jogszabályok alapján,

ellenszolgáltatás nélkül szedik be az arra hivatott szervezetek.

A működési bevétel származhat állami szervtől, gazdasági társaságtól, magánszemélytől, a klasszikus értékesítés szabályai szerint történik (szerződéskötés, számlázás, stb.). Az érintett költségvetési szerv – jelen esetben vízügyi igazgatóság – nem kötelezett valamely konkrét bevétel realizálásra, ugyanakkor a költségvetési előirányzata – gazdálkodási terve – tartalmaz ilyen jellegű éves kalkulált összeget, ennek beérkezése teszi lehetővé a kiadásai teljesítését.

A 2023. évre vonatkozó költségvetési törvény szerint a vízügyi igazgatási szervek teljes bevétel előirányzata 38.602,3 millió Ft, ebből saját bevétel 3.280,7 millió Ft, 8,5 %. A várható teljesítés meghaladja a 7 milliárd Ft-ot. 2024. évre hasonló mind az előirányzat, mind a szerkezet. Mindez azt mutatja, hogy az intézmény működtetés (ami nem tartalmazza a fejlesztési projekteket, közfoglalkoztatást, esetleges rendkívüli, pl. védekezési feladatokat) ténylegesen 15-20 %-ban működési beételre alapozott, és az eredeti előirányzat növelhető, van mozgástere az intézményeknek.

Hogyan is éljünk ezzel a lehetőséggel?

Elsődlegesen rögzíteni kell a jogszerűség követelményét. Jogszabályok határozzák meg az alapfeladatokat, az államháztartási

törvény definiálja a tevékenységi köröket és a vállalkozás lehetséges mértékét, alapító okirat rendelkezik a feladatok köréről, korlátairól. Rendszeres értékesítés esetén a számviteli törvény szerinti önköltségszámítási szabályzatot kell készíteni. A szoros jogi keretek indokoltak: egyrészt az állami vagyron használatával lépünk a piacra, fokozott a megőrzés felelőssége, másrészt az alapfeladatoknak (közfeladatoknak) prioritást kell adni, hiszen ezért létesítették a szervezetet.

Korlátot jelent az intézmény bevétel termelésre rendelkezésre álló kapacitása: humán és technikai erőforrások egyaránt. Ezek (erősen) végesek, tehát meg kell osztani a tevékenységek között. Nagy dilemma: az alapfeladatoktól való erőforrás elvonás csökkenti az elvégezhető közfeladatokat, ugyanakkor a bevétel forrást teremt annak teljesebb finanszírozására.

Piaci környezetet említettünk, tehát számolni kell annak minden sajátosságával: a keresleti viszonyokkal, árakkal, bevételi kockázatokkal. Mindazt a vállalkozásszervezési munkát el kell végezni, ami az üzleti életben jellemző – és még akkor is marad bizonytalanság! De nincs más reális út, tartós alufinanszírozottság van (itt is), tehát keresni kell a forrásbővítés ésszerű, vállalható szakmai kompromisszumok árán megvalósítható lehetőségét.

Amennyiben eljutottunk a szükségesség elfogadásához, következhet a bevétel szerzési stratégia, a módszertan kidolgozása. Azzal együtt, hogy bármely tevékenységből származhat működési bevétel, az államháztartásról szóló 2011. évi CXCV. tv. (Áht.) 7.§. szerint a tevékenység lehet:

- alaptevékenység (szakmai alapfeladat alapító okirat szerint),

- alapfeladat ellátását segítő, nem haszonszerzés céljából végzett, vagy
- vállalkozási (haszonszerzés céljából, nem kötelező, külső forrásból származó).

A besorolásnak jelentősége van, noha könnyű belátni, hogy a második kettőnél a határvonal nem egzakt. A vállalkozás eredménye (bevételi többlete) után a mindenkori társasági adó mérték szerinti elvonás (jelenleg 9 %) keletkezik. De ami marad, az a következő évben szabadon felhasználható, míg az alapfeladati maradványt főszabály szerint elvonják. Az alapfeladat ellátását segítő tevékenység „nem haszonszerzés céljából végzett” kritériumát gyakran tekintik úgy, hogy azon nem lehet eredmény. Ez tévedés, a tv. ezt nem tiltja. (Kivéve, amikor jogszabály önköltség szintű térítést ír elő, pl. közérdekű adatszolgáltatás esetében.) Az eszközök szinte 100 %-ban alapfeladati rendeltetésűek, tehát a hasznosításuk tekinthető alapfeladatot segítőnek. Sőt, az állami vagyronnal való felelős gazdálkodás követelményéből egyenesen következik az ésszerű hasznosítás igénye, valamint annak a legmagasabb bevételt eredményező módja! Hangsúlyozva ezúton is a jogszerűség meglétét, valamint a gazdaságosságot.

A tevékenységek besorolásánál tehát mérlegelni kell annak vonzatait, élni a mozgástér adta lehetőséggel, optimalizálni a bevételt, illetve az eredményt.

Az optimalizálás útja a költségek folyamatos elemzése, az elő- és utókalkuláció. Ritka szélsőséges eseteket leszámítva ugyanis minden bevétel megszerzése érdekében munka, ráfordítás szükséges, amely valamilyen szintű költséggel jár. Ennek korrekt, szakszerű számbevétele (módszere: önköltségszámítási szabályzat) elhagyhatatlan,

hiszen alapvető követelmény, hogy a működési bevétel nem ronthatja a gazdasági helyzetet. A kérdés, mennyire segíti?

Az egyes tevékenységek között nagy eltérések lehetségesek. Pl. a bérbeadás, alapfeladathoz kapcsolódó lehetőségek jellemzően alacsonyabb költséghányaddal működnek, de a lehetőségek végesek. A piaci feltételek, körülmények reális értékelése elengedhetetlen. Az árakban az esetleges speciális szakértelmünket, helyismeretünket, ritka eszköz adottságunkat érvényesíteni kell – egészen a piac által elfogadható szintig. A potenciális bevételt először a közvetlen költséggel kell összevetni, ezek különbsége (az ún. fedezeti összeg) csak pozitív lehet, e nélkül nem szabad elvállalni semmilyen munkát. Ezt követheti az egyes munkalehetőségek jövedelmezőség szerinti rangsorba állítása, illetve lehetőség szerinti időbeli ütemezése az összességében legnagyobb fedezeti összeg elérése érdekében.

A költségvetési szervek számviteli sajátossága, hogy pénzforgalmi szemléletben és teljesítés elszámolásban is könyvelnek. A pénzforgalmi eredmény – és adott esetben az azt terhelő elvonás – a tárgyévi bevétel és kiadás egyenlegeként áll elő. A ráfordítások és bevételek sorrendje miatt lehetséges, hogy a bevételi rész áthúzódik a következő évre, látszólagos veszteséget mutatva. Holott az ügylet lezárásával korrekt eredmény keletkezhet rajta. Az értékelésnél mindig a teljes képet kell tekintenünk, függetlenül az év végi pénzforgalmi állapottól! Érdekesség, hogy az Áht. végrehajtási rendelete szerint (368/2001. Korm.r., 3.§.) a vállalkozási tevékenység összesített maradványa (tehát a pénzforgalmi eredmény)

nem lehet negatív. Meglepő jogszabályi követelmény.

Milyen lehetőségeket teremthetnek a többlet bevételek?

Mindenek előtt rögzíteni kell, hogy a többlet bevétekből automatikusan nem származik lehetőség (elkölthető forrás), csak a bevételek eredmény része az, ami felhasználható! Mi több, a bevételi tervek túlteljesítése jellemzően azt igényli, hogy előtte ráfordításokat eszközöljünk (megelőlegezzük a költségeket), kockázatot vállaljunk az eredményességet, a követelések megtérülését illetően. De tegyük fel, ezen sikeresen túljutottunk. Az eredmény, a szabad bevételek felhasználása számos területen törtéhet indokoltan, hiszen a forráshiány a működés minden szegmensét jellemzi. Különösen a személyi jövedelmek kérdése aggasztó: az országos átlagtól messze elmaradó ágazati bérek korábban soha nem látott fluktuációt, motivátlanságot, az utánpótlás kritikus hiányát idézték elő. Ha tehát van anyagi lehetőség, akkor elsőként ezen a területen kell lépni.

Az intézmény üzemeltetés technikai feltételei (épületek, járművek, informatikai hálózat) korszerűtlenek, romló tendenciát mutatnak. A különböző pályázatos fejlesztések erre jellemzően nem adnak lehetőséget, így nincs harmónia az eszközök színvonalában, csökken a nagyértékű beruházások hatékonysága is.

De a felhasználható többlet bevételek végső soron az alapfeladatokat szolgálják, hiszen itt nincs osztalék kivétel, de még eredmény tartalék(olás) sem. Az eredeti előirányzaton felül megszerzett összegek kiegészítik az állami forrásokat, a támogatást. Régi szóhasználat: a vállalkozási eredményt „visszaforgatjuk”

az alapfeladatokra. Tehát teljes mértékben egybeesik a magasabb szintű közfeladat el-látás igénye (állami törekvés) az intézményi érdekekkel.

Kockázatok és kezelésük.

Könnyű belátni, hogy ha a piacra lépünk, annak kockázatai is vannak. Ennek teljes mértékű kiiktatása nem lehetséges, de az ésszerű mértékű, reális mederben tartás elengedhetetlen, különös tekintettel arra, hogy állami vagyont kezelünk, azzal válunk piaci szereplővé. A szerződő partnerek (vevők, esetenként beszállítók) feltérképezése, fizetőképességük minősítése elemi követelmény. A szerződéses határidőket, teljesítési körülményeket úgy kell megállapítani, hogy a kiemelt alapfeladatokra (különösen: vízkárelhárítás) lehetőséget kell hagyni, lényegében vis major eseménnyé kell minősíteni azokat. A garanciális kötelezettségek alól mi sem mentesülünk, erre, mint potenciális jövőben kötelezettségre számítani kell. Partnereink esetleges fizetési késedelmére, netán ettől súlyosabb problémáira megfelelő követeléskezelési eljárásrendet kell kialakítanunk és működtetnünk.

Államháztartási működési sajátosság, hogy az eredeti működési bevételi előirányzatot meghaladó többlet felhasználása csak engedéllyel lehetséges (fejzeti, illetve PM). Ez közgazdaságilag is aggályos, hiszen a megszerzéséhez kapcsolódó kiadások jellemzően ekkorra már felmerültek. De egy késői (év végi) engedélyezés a tárgyévben belüli el-költséget is veszélyeztetheti, ami elvonható pénzmaradványt okozhat. Az időbeli tényezőkre tehát az év derekán fokozott figyelemmel kell lenni, reális prognózisok és intézkedések szükségesek.

Eddig csak a többlet bevételekről beszéltünk, de mi van akkor, ha az eredeti előirányzat sem teljesül? Ez objektív okokból is előállhat (pl. 2023. évben a mezőgazdasági vízszolgáltatási bevétel teljes kiesése), hiszen a bevételi terv teljesítése számos körülménytől függ. Támogatással a bevétel kiesést általában nem kompenzálják, tehát – más lehetőség híján – a kiadási előirányzatok arányos részét is meg kell takarítani. Ez természetesen nem egyszerű, szakmai feladat elmaradással, bizonyos személyi juttatások kiesésével járhat. De a bevételeknek és a kiadásoknak egyensúlyban kell lenni, ami nincs, azt nem lehet elkölteni.

Az is egyfajta kockázat a többlet bevételi teljesítmények tekintetében, hogy a felügyeleti szerv részéről felmerülhet ezek intézmények közötti átcsoportosításának valamilyen mértékben. Ez jogszerűen megtehető – más kérdés, hogy racionális-e. Az intézményi adottságok kétségkívül lényegesen különbözőek a bevétel növelési lehetőségeket tekintve, azonban alapvető, hogy ellenérdekeltséget nem szabad teremteni. Ellenkezőleg, motiválni kell az intézményeket az ágazati szinten legmagasabb (de gazdaságos) bevétel tömeg realizálására. A sajátosságokat pedig pl. a támogatási arányok kialakításánál lehet figyelembe venni.

A működési bevételekről összességében azt mondhatjuk, hogy érdemi súllyal bírnak a finanszírozási szerkezetben, tehát körültekintő kezelését, növelését reálisan tekintjük fontos gazdálkodási feladatnak. Eszköztelenek sem vagyunk, felelős belső szabályozással és üzletpolitikával javíthatjuk a működési feltételeinket.

PURECO A "KÖRNYEZET VÉDELMÉÉRT"

A Környezetvédelmi Szolgáltatók és Gyártók Szövetsége által életre hívott Környezet Védelméért Díj a magyar környezetipar legrégebbi szakmai elismerése 2001 óta. Az 2024-es év egyik díjazottja a Szövetség egyik tagszervezete: a Pureco Septopure® technológiája, mely a csatornázatlan területek szennyvíztisztítására kifejlesztett, 100% szippantott szennyvíz tisztítását oldja meg.

Ez a díj nem csupán hagyomány, hanem egy platform a legkiválóbb környezetipari gyakorlatok megosztására és az ötletek cseréjére.

A szakmai zsűri a döntésével olyan kiemelkedő tevékenységeket díjaz, amelyeket a társadalom érdekében, a környezet terhelésének csökkentése, a környezetszennyezések megszüntetése, a fenntarthatóság és a körforgásos

gazdasági modell érvényesítése érdekében végeznek.

A 2024 évi Víz Világfórumon a Sulyok Tamás köztársasági elnök kérésére hazánkat képviselő Áder János is ugyanerre a technológiára hivatkozott beszédében, melyben az SDG6 célok teljesítéséhez vezető kevés lehetséges út egyikeként mutatta be a megoldást: <https://www.tisztajovo.hu/kornyezetvedelem/2024/05/25/ader-janos-a-viz-vilagforumon-magyar-megoldast-ajanlott-afrika-vizellatasara>

Az átadásra a KSZGYSZ hagyományos, nagyszabású Országos Találkozójának keretében került sor és Horváth Bálint, a Pureco ügyvezetője mondott köszönő beszédet.



GRATULÁLUNK!

Bodáné Dr. Kendrovics Rita, az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar oktatási dékánhelyettes asszony a Környezetmérnöki és Természettudományi Intézet igazgatója a **Magyar Érdemrend Lovagkereszt kitüntetését** kapta a nemzeti ünnep alkalmából. A díjat a köztársasági elnök adományozza a magyar felsőoktatás területén kiemelkedő munkája elismeréseként. Gratulálunk! (Forrás: www.maszesz.hu)



A 2024. évi Reitter Ferenc díjat a Magyar Víziközmű Szövetség Elnöksége mérnöki, tudományos és oktatási munkájáért Dr. Licskó Istvánnak, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszéke címzetes egyetemi tanárának ítélte oda. (Forrás: Mavíz sajtóközlemény)



A Reitter Ferenc Díjat V. Németh Zsolt államtitkár úr és Kurdi Viktor elnök úr adták át.

Bogdánfy Ödön Emlékérem

Dr. Papp Mária okleveles közgazda, jogi szakokleveles közgazdász, egyetemi doktor. Gazdasági és jogi ismereteket oktat hazai felsőfokú intézményekben. 1991-től 2010-ig a Magyar Víziközmű Szövetség főállású főtitkára volt, amely során a MaVíz erős szakmai érdekképviselőté vált. Összefogta a szakmában tevékenykedő gazdálkodó szervezeteket, műszaki, gazdasági, jogi szempontból egyeztetette és képviselte tagjai érdekeit, és támogatta a fejlett technológiák és gazdaságelemzési módszerek elterjedését. Társaságunknak 2000 óta tagja, 2018-tól a Jogi és közgazdasági Szakosztály titkára, és a Hírcsatorna főszerkesztője (Forrás: MHT sajtóközlemény)



A díjat dr. Váradai József és Somlyódi Balázs társelnökök adták át.

Pro Aqua Emlékérem

Dr. Major Veronika okleveles gépészmérnök, jogi szakokleveles mérnök. 1976-1990 között a VITUKI kutatómérnöke, 1990-től, 28 éven át VITUKI, utóbb VTK Innosystem Kft. ügyvezető igazgatója, projekt vezetője. Ezekben a munkakörökben a vízgazdálkodás szinte teljes területét felölelő, kiemelkedő kutatói, szakértői és tervezői tevékenységet végzett. 2015-től

a Hidrológiai Közlöny Szerkesztőbizottságának tagja, 2020-tól a kiadvány főszerkesztője. Jelentős munkát végzett és eredményeket ért el a folyóirat szakmai színvonalának emelése terén. (Forrás: MHT sajtóközlemény)



A díjat dr Váradi József és Somlyódy Balázs társelnökök adták át

Vitális Sándor Szakirodalmi Nívódíj-díj- 2024

2024-ben Vitális Sándor Szakirodalmi Nívódíjban részesült az alábbi szakcikk-sorozat, mely a MaSzeSz Hírcsatornában jelent meg.

1./ Bezsényi Anikó, Nagy-Mezei Csenge, Makó Magdolna:

A biodegradáció modellezése a szennyvíztisztításban (cikksorozat)

1. A biodegradáció modellezése a szennyvíztisztításban.
 2. Az aerob lebontási folyamatok (biodegradáció) modellezése a vízvonalon.
 3. A rothasztók anaerob lebontási folyamatainak (biodegradáció) modellezése.
 4. A biofilterek és a komposzt lebontási folyamatainak (biodegradáció) modellezése
2022. 4. szám pp. 54-68., 2023. 1. szám pp. 5-19., 2023. 2. szám pp. 5-20. 2023. 3. szám pp. 38-52.

Részletes indoklás:

Az utóbbi félévben különösen aktuálissá vált ez a téma, hiszen „A települési szennyvíz

kezeléséről szóló” 91/271/EGK irányelv módosítása alapján a nagy szerves anyag tartalmú hulladékanyagok fogadása sok szennyvíztisztító telep esetében egyedüli út lesz a kötelező energiasemlegesség eléréséhez. Ezeknek a külső forrásból származó, hasznos hulladékanyagoknak a vizsgálati repertoárját tárja fel a négy részes cikksorozat. A cikkek részletesen bemutatják a légzéstezték, az eleveniszapos toxicitás vizsgálatok különböző formáit, a biokémiai oxigénigény vizsgálat változatait, illetve a rothasztók modellezésére szolgáló anaerob bonthatósági vizsgálatot. Emellett a komposztálás folyamata, illetve a biofilterek működése is ellenőrizhető a bonthatósági vizsgálatok körébe tartozó mérésekkel. A szennyvíztisztító telepek iszapkezelési technológiájának részeként működő rothasztás (anaerob iszapstabilizálás) megfelelő szabad kapacitás esetén alkalmas a főként mezőgazdaságban és élelmiszeriparban képződő nagy szervesanyag tartalmú, folyékony és darabos hulladékanyagok, melléktermékek energetikai célú hasznosítására (biogáz termelés és hasznosítás). Olykor külső szénforrásként (denitrifikáció a vízvonalon) alkalmazható folyékony anyagok is megjelennek a hulladékkezelési palettán (Forrás: MHT sajtóközlemény)



A díjat dr Váradi József és Somlyódy Balázs társelnökök adták át

A JÖVŐ NAGY FELADATAI...

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA Vízellátási és Csatornázási Bizottsága 2024. április 03-án előadó ülést tartott.

Az ülésen résztvevők egy napjainkban fajsúlyos témát boncolgattak, a „Hazai szennyvíztisztítók előtt álló kihívásokat”.

Dr. Juhász Endre elnök bevezető gondolatai után Dr. Szabó István tanszékvezető, egyetemi docens a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Környezettoxikológia Tanszékről a „Hazai szennyvíztelepek multiparaméteres kémiai analitikai felméréseinek eredményeit” osztotta meg a közönséggel, majd Pitás Viktória tanszéki mérnök a Pannon Egyetem, Fenntarthatósági Megoldások Kutatólaboratóriumából tartott előadást a „Hazai szennyvíztisztító telepek anyagmérlege mikroműanyagok vonatkozásában” címmel. Gerecsésné Dr. Berta Renáta főigazgató-helyettes a Pannon Egyetem, Körforgásos Gazdaság Egyetemi Központból felkért hozzászólóként a „Hazai szennyvíztisztítók jelene és jövője a mikroszennyezők tekintetében” foglalta össze gondolatait a témában. Dr. Patziger Miklós tanszékvezető (BME-VKKT) levezető elnökként Murányiné Krempels Gabriellát, a Belügyminisztérium Közfoglalkoztatási és Vízügyi Helyettes Államtitkárság főosztályvezetőjét kérte fel egy rövid hozzászólásra, melyben a témához kapcsolódóan az EU direktívák hazai átültetésének folyamatáról kaptak a résztvevők naprakész beszámolót.

Az előadásokban illetve a hozzászólásokban elhangzottak alapján Makó Magdolna környezetvédelmi vezető (Fővárosi Csatornázási

Művek Zrt.), a MaSzeSz MENTOR Egyesület elnöke mondott összegzést az alábbiak szerint. A felmérések és tanulmányok alapján mára már bebizonyosodott, hogy a természetes vizeinkben található mikroszennyezők/mikroműanyagok mennyisége folyamatosan emelkedik. A kimutatható vegyületek száma is folyamatosan bővül, köszönhetően a környezetet szennyező anyagok egyre nagyobb mértékű felhasználásának, valamint annak, hogy a kimutatáshoz használt módszerek egyre alacsonyabb koncentrációk kimutatását teszik lehetővé. A szennyezések több, jól körül határolható forrásból származnak, ezek elsősorban talajból történő bemosódások, ill. közvetlen bevezetések, melyek lehetnek vízfolyások, vagy valamilyen szinten tisztított vagy kezeletlen szennyvíz bevezetések.

A lakossági szennyvíz elsősorban természetes eredetű szennyező komponenseket tartalmaz, ám nagymennyiségben olyan anyagok, vegyületek is kerülnek a kibocsátott szennyvízbe, melyek eltávolítása az EU vonatkozó új direktíváinak átvételével, azaz a szennyvíztisztítók negyedik fokozatának kialakításával, költséges beruházási és üzemeltetési feladatokat ró a vízi közmű szakmára. Az elhangzottak alapján kiemelten fontos feladatként fogalmazódik meg a lakosság felé a megelőzés, a tudatosság, a környezeti szemléletformálás fontossága, hiszen a szennyvízbe be nem kerülő mikroszennyezők/mikroműanyagok nem terhelik vizeinket, nem igényelnek speciális szennyvíztisztítási technológiákat. Ennek érdekében a vizes szakmának, összefogva a tudomány

képviselőivel, formálnia kell a lakosság szemléletét. A kutatások eredményeit mindenki által érthető formában is közzé kell tenni, és terjeszteni a társadalom lehető legszélesebb körében.

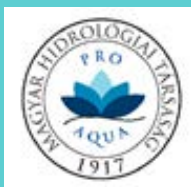
A negyedik fokozat bevezetésével kapcsolatos EU direktíva hazai bevezetésénél fontos szempont kell, hogy legyen a megfelelő felelősségi kör lehatárolása! Nem szabad a szennyvíztisztító telepek ill. az élővízes bevezetések határértékeit új komponensekkel bővíteni, anélkül, hogy előzetesen meghatározásra ne kerüljön a szükséges tisztítási fokozat kiépítéséért és üzemeltetéséért felelősök köre, valamint a megvalósításhoz elengedhetetlen források biztosításának módja.

A jövő kutatási feladatainak még a negyedik tisztítási fokozat létesítését megelőzően foglalkoznia kell a jelenleg alkalmazott tisztítási fokozatok mikroszennyezők/mikroműanyagok leválasztási hatásfokának bővítésében rejlő további lehetőségekre.

Napjainkban még nincs egységes módszertana mikroszennyezők/mikroműanyagok komponenseinek folyamatos mérésére, ezért elengedhetetlen az ún. összegző paraméterek meghatározása, melyek adott mátrix esetén egyszerű, gyors analitikával, több vegyület csoport leírására alkalmas mérést tennének lehetővé.

Összeállította: Makó Magdolna FCSM Zrt





A MAGYAR HIDROLÓGIAI TÁRSASÁG XLI. ORSZÁGOS VÁNDORGYŰLÉSE SZOLNOK, 2024. JÚLIUS 3. ÉS 5. KÖZÖTT

A Magyar Hidrológiai Társaság (MHT) 1979-ben Keszthelyen tartotta első Országos Vándorgyűlését. Azóta Nyíregyházától Szombathelyig az összes nagyobb magyar városban adtak teret a tudáscserének és a vizes összetartás megerősítésének.



2024-ben a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság (KÖTIVIZIG) lesz a házigazdája az MHT 3 napos XLI. Országos Vándorgyűlésének. Az immár egyetlen hazai országos, integrált vízgazdálkodási, tudományos találkozón hagyományosan hat szekcióban, mintegy 100-120 dolgozatot kerül bemutatásra a vizes szakma teljes spektrumát gyakorló 300-400 szakember előtt.

A Nyitó Plenáris ülésen kerül átadásra az MHT nívója. Majd ezt követően az öt állandó és egy aktuális témát – Szolnokon a mesterséges intelligencia és digitalizáció alkalmazási lehetőségeit – bemutató szekcióelőadások után izgalmas kérdéseket feldolgozó pódiumbeszélgetésre kerül sor. A vándorgyűléssel

egyidőben megrendezett szakmai kiállításon megismerhetjük a legújabb innovációkat. A nívó díjas munkák/létesítmények fotóját és leírását bemutató tárlaton pedig – interaktív módon bevonva a látogatókat a közönség díja jutalmazza a legígéretesebb munkát. A vándorgyűlést a házigazda különleges vízgazdálkodási értekeit bemutató szakmai kirándulás zárja.

TISZTELT VÁNDORGYŰLÉS RÉSZTVEVŐ!

Mindenkit szeretettel várunk Szolnokra.

Tájékoztató a vándorgyűlésről:

http://www.hidrologia.hu/mht/index.php?option=com_content&task=view&id=967&Itemid=282

A vándorgyűlés bemutatkozó filmje az alábbi linken tekinthető meg: http://www.hidrologia.hu/mht/index.php?option=com_content&task=view&id=818&Itemid=319



KÖRNYEZETMÉRNÖK SZAKMAI NAP A MAGYAR VÍZ – ÉS SZENNYVÍZTECHNIKA SZÖVETSÉGGEL ÉS A KÖRNYEZETVÉDELMI SZOLGÁLTATÓK ÉS GYÁRTÓK SZÖVETSÉGÉVEL KÖZÖS SZERVEZÉS-BEN AZ ÓBUDAI EGYETEM REJTŐ KARÁN

Az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar május nyolcadikán ismét megrendezte a már hagyományosnak tekinthető Környezetmérnök Szakmai Napot. A rendezvény fő célja, hogy az egyetem hallgatói a környezetvédelmi szakma nagy tapasztalattal rendelkező képviselőitől értesüljenek eljövendő hivatásuk gyakorlatáról, illetve karrierlehetőségekről.

A rendezvényt Bodáné Dr. Kendrovics Rita az ÓE-RKK oktatási dékánhelyettese, Környezetmérnöki és Természettudományi Intézet intézetvezetője nyitotta meg.

A délelőtti szekcióban öt környezetvédelmi szakember, öt környezetipari cég képviseltében tartott előadást, bemutatva vállalatuk tevékenységét és a környezetmérnökök ebben betöltött szerepét, feladatait.

Bezsenyi Anikó technológus mérnök az FCSM Zrt, Dél-pesti Szennyvíztisztító Telepének működése kapcsán elemezte a rezisztens baktériumtörzsek szennyvíztisztítás során történő kialakulásának veszélyeit, a tisztítási technológiák jövőbeli fejlesztésének lehetséges irányait.



Beszédében méltatta az Egyetem törekvéseit a szakmagyakorlókkal történő mind szorosabb együttműködésre. Megköszönte a KSZGYSZ, a MASZESZ és az MKE együttműködését a rendezvény megszervezésében és Dr. Major Verának, a MASZESZ alelnökének a szakmai nap elnökletét.



Iga Benedek operatív igazgató az ENCOTECH Kft. környezetvédelmi szakértői feladatait, valamint környezetanalitikai mintavételi és vizsgáló tevékenységét mutatta be. Kiemelte a környezetvédelmi megbízotti feladatkör fontosságát, valamint bemutatta a gyakornoki programok egyetemi hallgatók számára nyújtott előnyeit.



Lágler Katalin ügyvezető a SARPI Dorog Kft. által üzemeltetett, Magyarországon legnagyobb kapacitású veszélyeshulladék-égető működését, a hazai hulladékgazdálkodásban játszott szerepét ismertette. Kitért a vállalatnál jelenleg alkalmazott, a feladatkör ellátásához nélkülözhetetlen szakemberek képzettségi

a Hazánkban megjelenő új ipari technológiák környezetipar számára jelentett újszerű feladataival a levegőtisztaság-védelem, a hulladékgazdálkodás és a szennyvízkezelés szak-



területeken. Ismertette a sokrétű feladatkör sokrétű szakemberigényét.



szintjére és gyakorlati tapasztalataira.

Az ENVIROTIS Zrt.-t Farkas Béla műszaki igazgató képviselte. Előadásában bemutatta az ENVIROTIS Holding szerteágazó tevékenységét, mely magában foglal hulladékkezelési technológiákat, kármentesítési és monitoring tevékenységet, szakértői tervezési és kivitelezési feladatokat. Kiemelten foglalkozott

Sárosi Eszter alapító, a GREENIUS kezdeményezés tevékenységeit és céljait mutatta be saját életpályáján keresztül. A fenntarthatósági célok elérésének egyik fontos eszköze az ESG, mely felkészült és széleslátókörű környezetvédelmi szakembereket is igényel. Kifejtette, hogy a környezetvédelemmel összefügg a társadalmi javak igazságos elosztása,



így a nemek közötti egyenlőség és az esély-egyenlőség kérdése is.

A délutáni szekcióban az Egyetem jelenlegi környezetmérnök hallgatói kerekasztal beszélgetés keretében kötetlen információcsere-t folytattak az egyetem korábban végzett, és ma már aktív szakmagyakorló hallgatóival, akik a környezetvédelmi szakma különböző területein helyezkedtek el. Hunyadi-Zoltán Emese felszíni vízvédelmi kiemelt szakügyintéző a Fővárosi Katasztrófavédelmi Igazgatóságon, Göndös Dorottya vizsgálómérnök-ként dolgozik az ENCOTECH Kft.-nél, Földvári Zsuzsanna tanácsadó az EY DENK-STATT cégcsoportnál, míg Kloknicer Tamás kutatómérnök és szakértő az INNO-WATER Zrt. alkalmazásában.

A szakmai együttműködés a szervezésben résztvevő szervezetekkel – Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség,



Környezetvédelmi Szolgáltatók és Gyártók Szövetsége, Magyar Kémikusok Egyesületének Környezet-analitikai és Technológiai Társasága, ÓE RKK Integrált Tudományok Szakollégiuma – nem csak a hallgatók szakmai tudásának bővítésében, hanem tanulásuk, pályakezdésük motivációjában is pozitív erővel hat.

Bodáné Dr. Kendrovics Rita
ÓE RKK KTI igazgató



IWA 14. SZAKKONFERENCIA A NAGY SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEPEK TERVEZÉSÉRŐL, ÜZEMELTETÉSÉRŐL ÉS GAZDASÁGOSSÁGÁRÓL, BUDAPEST 2024



<https://iwa-network.org/events/iwa-12-th-specialized-conference-on-the-design-operation-and-economics-of-large-wastewater-treatment-plants-budapest-2024/>

KEDVES KOLLÉGÁK!

Már belátható közelségbe került az egyik legnagyobb nemzetközi szakmai eseményünk, a Nemzetközi Vízügyi Szervezet (International Water Association, IWA) Nagy Szennyvíztisztító Telepek Konferencia (IWA 14th Specialized Conference on the Design, Operation and Economics of Large Wastewater Treatment Plants),

amelyet 2024. szeptember 8-12-ig rendezünk Budapesten.

Az esemény kiemelkedő világszintű fóruma a szennyvíztisztítással, hatékonyságnöveléssel, szennyvíz recyclinggel, energetikai kérdésekkel és egyéb innovatív fejlesztésekkel foglalkozó projektek, újdonságok bemutatásának. Nagy nemzetközi találkozója ez a tervezés, kivitelezés,

üzemeltetés, megvalósítás, tudomány, oktatás és egyéb területek képviselőinek.

Az előzetes program az alábbi linken található:

<https://www.conftool.com/lwwtp2024/sessions.php>

Tisztelettel várom jelentkezésüket!

A konferencia legfontosabb tudnivalóit valamint az egyéni, illetve támogatói részvételi információkat a konferencia honlapja tartalmazza.

Dr.Patziger Miklós

<https://lwwtp2024.org/>

SZÜKSÉGES ÚJ KOMPETENCIÁK – FELMÉRÉS

Az Óbudai Egyetem a pályakezdő mérnökök mind teljesebb szakmai felkészítése érdekében évek óta foglalkozik annak kutatásával, hogy a szakmai ágazatoknak milyen kompetenciákra van elsősorban szüksége a fiatal pályakezdők esetében.

Az Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könyvűipari és Környezetmérnöki Kar Környezetmérnöki és Természettudományi Intézet, az Alba Regia Műszaki Kar, valamint a Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar közösen felmérés kitöltésére kéri a szövetség tagjait!

A csatolt kérdőíves felmérés elsősorban arra kíván fókuszálni, hogy az Ipar 4.0, a mesterséges intelligencia, vagy a digitalizáció milyen új, vagy eddig nem kellő súllyal oktatott kompetenciák meglétét igényli. Kérjük, hogy az alábbi kérdőív kitöltésével segítse az egyetem oktatási programjának megújítását.

<https://forms.gle/1sAn387om9hW42ZJ7>

Az adatok elemzését, a felmérés eredményét az Egyetem megosztja a Hírcsatorna lapjain.



ESEMÉNYEK A SZÖVETSÉG SZERVEZÉSÉBEN, VAGY RÉSZVÉTELÉVEL 2024 ÁPRILIS-JÚNIUS

DULOVICS JUNIOR SZIMPÓZIUM '24



Az idei évben az újonnan-alakult Mentor Egyesület vezetősége, szakítva, a korábbi Magház-beli rendezéssel, egyetemi országjárásra indította a szimpóziumot. Április 10-én az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetvédelmi Kara látta vendégül a résztvevőket és a Területi Vízgazdálkodás (mesterséges intelligencia, mérés-technika, modellezés), Fenntartható települési vízgazdálkodás, Szennyvíztisztítás szekciókban előadókat egy remek hangulatú, tartalmas junior konferenciára.

<https://www.maszesz.hu/dulovics-junior-szimpoziom-2024-beszamolo/>

SAKMAI NAPOK A BME-N

A Budapesti Műszaki Egyetem Víziközmű és Környezetmérnöki Tanszéke közreműködésével tartottuk a tavaszi szakmai napokat két izgalmas témában: Klorát eltávolítás ivóvízből

és Korrózió a Víziközműrendszerekben. A tartalmas előadások a Szövetség új honlapján lévő Tudástárban MaSzeSz és Mentor tagok számára is elérhetőek.

<https://www.maszesz.hu/szakmai-nap-csendes-erozio-betonkorrozio-a-szennyviztelepeken/>

<https://www.maszesz.hu/szakmai-nap-klorat/>

ÚJ HONLAP



A Szövetség új honlapja számos új szolgáltatással segíti az olvasókat. Az országos és nemzetközi konferenciákat, találkozókat tartalmazó vizes eseménynaptár, az integrált webáruház, melyben rendezvényeinkre is résztvevő lehet váltani, illetve kiadványok értékesítésére is lehetőséget biztosít régóta vágyott funkciók. Ilyen régi terv volt a csak tagok számára elérhető Tudástár, melyet folyamatosan bővítünk gazdag és egyre jobban kereshető tartalommal. Teljesen új lehetőség viszont a Szakmai Fórum, mely országos tapasztalatcserére, szakmai tudás és gyakorlat-megosztásra ad lehetőséget.

<https://www.maszesz.hu/uj-honlap/>

UNICEF KLÍMAHŐSÖK



Az Unicef másodszor hívta meg a vízágazat képviselőit a Szövetséget, iskolák, diákok számára szervezett, környezettudatosságot, tudatos fogyasztást és fenntartható életvitelt népszerűsítő rendezvényére. Az Eötvös 10 művelődési központba Káli Andrea, Göttlinger Dóra és Rózsa Bálint vitte el a MaSzeSz szemléletformáló programját.

<https://www.maszesz.hu/az-unicef-klimahosok-rendezvenyen-voltunk/>

VÍZVILÁGNAPI SAJTÓTÁJÉKOZTATÓ A MARGITSZIGETI VÍZTORONYBAN



Március 18-án Kovács Károly, Dedák Dalma, Gyura Gábor és Litkai Gergely részvételével sajtótájékoztatót szerveztünk a 2024-es „Víz a Békéért” Ensz jelmondat jegyében.

Az esemény arra a felismerésre épített, hogy a klíma- és a helyenként robbanásszerű demográfiai változások okán a VÍZBIZTONSÁG a GLOBÁLIS BÉKE kulcstényezőjévé vált.

Lokális szinten a vízkészletek mennyiségi és minőségi megóvása, az ezt szolgáló infrastruktúra fenntartása a társadalmi béke alapja, amit az egymás – és a jövő nemzedékek iránti áldozatvállalással óvhatunk meg.

<https://www.maszesz.hu/a-viz-vilagnapjamtol-fugg-a-tiszta-ivovizunk-nem-mindegy-mi-van-a-csap-mogott/>

ÖVEGES JÓZSEF TECHNIKUM LÁTOGATÁSA AZ ÉRDI SZENNYVÍZTELEPEN

Az alábbiakban olvashatjuk Sinkáné Farkas Mariann beszámolóját az Öveges József iskola környezetvédelmi technikus tanulói számára, a Szövetség közreműködésével szervezett érdi tanulmányi kirándulásról. Köszönjük dr Papp Máriának a szervezésben való aktív részvételét.

Az Öveges József Technikum és Szakképző Iskola évtizedek óta foglalkozik középfokú környezetvédelmi képzéssel. A 2020-2021-es tanévtől kezdődően - az átalakított szakképzési rendnek megfelelően – iskolánkban a környezetvédelmi technikusképzés megújult. Az első két évben ágazati alapoktatásban részesülnek tanulóink, ahol még a szakmai képzés viszonylag kis órakeretben történik.

Tapasztalataink szerint a nyolcadik osztályból kikerülő gyerekek sok esetben közismereti tantárgyi hiányossággal érkeznek a középiskolába. Mind ezek mellett – iskolánk profiljának megfelelően – tanulási nehézségekkel küzdő tanulók is „koptatják nálunk az iskolapadokat”. Az első két évfolyamban tehát a gyerekek tudását egy szintre hozzuk, hogy a későbbi szakmai képzés során már ez ne jelentsen gondot. Természetesen szakmai tudásukat is megalapozzuk – jellemzően projekt rendszerű képzéssel.

Az első két évet ágazati alapvizsga zárja, mely egyben a továbbhaladás feltétele is. A következő három évben, mind óraszám, mind szakmai tárgyi tudás kialakítása tekintetében egy komoly ugrás következik képzésünkben.

A tizenegyedik évfolyam sikeres elvégzése után két hetes nyári szakmai gyakorlat következik, melynek megszervezése munkaközösségünk feladata.

A tizenegyedik osztályban a szakmai képzés gerincét a szennyvíztisztítás technológiájának a megismerése képezi. Erre - tanórai keretek között elméleti tudást közvetítve, valamint a digitális világ nyújtotta lehetőségeket (animációk, oktató videók) kihasználva.-ennek a tanévnek a végére már széleskörű rálátással bírnak tanulóink. Ezért találtuk hasznosnak azt, hogy az Érd és Térsége Csatorna-szolgáltató Kft. szennyvíztisztító telepén testközelben is megnézhessek a gyerekek azokat a műtárgyakat, amit eddig csak a tanteremben volt módjuk megismerni.

2024. június 11-én a tizenegyedikes környezetvédős tanulókkal felkerekedtünk, vonatra szálltunk, majd egy negyedórás gyaloglás után megérkeztünk a „telepre”. Rögtön a kapuban, a gyors fotózkodást követően, Varga



Csaba telepvezető fogadott bennünket és az irodaépület tárgyalójába vezetett minket.

Itt egy másfél órás, ppt-vel támogatott előadást hallgattunk meg Garai György műszaki tanácsadó tolmácsolásában. Az előadás során áttekintettük a szennyvíztisztítás fokozatait, animációk és videók segítségével bepillantást nyerhettünk a technológiai folyamatokba, illetve a műtárgyak műszaki és technológiai paramétereit is ismertették velünk. Megtudhattuk azt is, hogy a szennyvíztisztítás klasszikusan ismert és tanított három fokozatát hamarosan egy negyedik fokozat is ki fogja egészíteni. Mivel a mikro műanyagok, a hormon- és gyógyszermaradványok egyre nagyobb koncentrációban mutatathatók ki a szennyvizekben, ezért indokolt a három fokozaton keresztülvezetett vizet a fenti anyagoktól is megtisztítani és csak ezek után beengedni a befogadóba.

Az előadást követően a diszpécserközpont működéséről kaptunk tájékoztatást. Valós idejű események jelentek meg a paneleken, melyek alapján Érd, Diósd és Tárnok települések szennyvízelvezető hálózatán üzemeltetési, hibajavítási, karbantartási feladatok ellátásáról dönt a diszpécser, vagy bizonyos esetekben akár ő maga is közvetlenül be tud avatkozni a folyamatokba.

És eljött a nap várva várt „fénypontja”. Körbe vezettek bennünket a tisztítótelepen, ahol végre a maga valóságában tapasztalhatták meg a gyerekek, mekkora is egy ülepítő, milyen magas a tangenciális homokfogó, milyen szaghatások vannak, hogy néz ki egy rothasztó tartály, hogy



néznek ki a szennyvízkezelés különböző



pontjain vett minták....

A szennyvízben talált „kincsek” is nagyon tetszettek a gyerekeknek. Például „valaki elveszítette a protkóját”, ami a szennyvízben kötött ki és a rácson fennakadva várta azt, hogy valaki megtalálja őt. Ezt a műfogsort a telep dolgozói múzeumi kincsként állították ki egy vitrinben.

Szakmai programunk végét a labor meglátogatása jelentette, ahol részletes tájékoztatást kaptunk arról, hogy milyen mintavételi eljárásokkal jutnak a technológiai folyamat egyes

állomásai során vízmintához. Milyen klasszikus és műszeres analitikai vizsgálatokat végeznek, milyen következtetéseket vonnak le az így nyert adatokból, melyek alapján akár az eleveniszap felesleg elvezetés szükségességét is meg tudják határozni.

Összességében véve egy nagyon tartalmas és érdekes tanulmányi kiránduláson vehettünk részt. A gyerekek elmondása szerint az iskolában tanult szakmai tananyag és a telepen látottak, illetve hallottak alapján most

állt össze a fejükben az egész szennyvíztisztítási technológia.

Ezúton itt és még egyszer szeretnék köszönetet mondani a telep minden munkatársának, akik lehetővé tették, hogy ezen a koranyári szép napon élményekkel és új szakmai ismeretek birtokában térhettünk vissza az iskolába.

Sinkáné Farkas Marian
Bp.2024.06.12.



DECENTRALIZÁLT VÍZÜGYI INFRASTRUKTÚRA A FENNTARTHATÓSÁG ELÉRÉSE ÉS AZ ELLENÁLLÓ KÉPESSÉG KIÉPÍTÉSE ÉRDEKÉBEN

(Pradip P. Kalbar; Shweta Lokhande)

(Need to adopt scaled decentralized systems in the water infrastructure to achieve sustainability and build resilience)

A települési vízellátási infrastruktúrára (UWI) óriási nyomás nehezedik a városokban, hogy megbirkózzon a megnövekedett vízigényekkel, kezelje a szélsőséges eseményeket, és minimális erőforrás-felhasználás és környezeti hatások mellett javítsa a szolgáltatást. A jelen tanulmány különösen a vízellátás és a csatornázás terén jelentkező kihívások kezelésének lehetőségeit mutatja be. A cikk amellet érvel, hogy olyan paradigmaváltásra van szükség, amely az UWI teljes életciklusa alatt egyszerre felel meg a fenntarthatóság és az ellenállóképesség szempontjainak. Rávilágítunk továbbá a centralizált infrastruktúrával kapcsolatos uralkodó megközelítés kapcsolódó problémáira, és arra, hogy szükség van az ilyen megközelítéstől való eltávolodásra, és a decentralizált infrastruktúra felé való elmozdulásra. A paradigmaváltás eléréséhez szükséges a decentralizációt felgyorsító tényezők megértése, ezért a tanulmány először a decentralizáció mozgatórugóit azonosítja. Másodsorban, a tanulmány kiemeli a decentralizált UWI megvalósítása során figyelembe-veendő megfelelő lépték szükségességét, továbbá az életciklusköltségek, a könnyű kormányozhatóság, a rugalmasság és az újrahajthatósági előnyök közötti kompromisszumokon keresztül tárgyalja az infrastruktúra méretének hatásait. A tanulmányban felvázolt

decentralizációs megközelítés hasznos lesz a fejlődő országok számára az új infrastruktúra tervezéséhez, valamint a fejlett országok számára az előregedő UWI-k lecseréléséhez, hogy a jövőben fenntartható és rugalmas városi rendszereket hozzanak létre.

A jelenlegi infrastruktúra-tervezésben fennálló problémák dokumentálása.

A városi vízügyi infrastruktúra tervezésénél figyelembe kell venni a fenntarthatóság és az ellenálló-képesség szempontjait.

A decentralizált víz- és szennyvíz-infrastruktúra mozgatórugóinak azonosítása.

A méretarányos decentralizált rendszerek koncepciójával kapcsolatos javaslat a vízügyi infrastruktúra területén.

A jövő fenntartható városi rendszerei a skálázott decentralizációra kell épüljenek



Forrás: IWA Publishing 13.03.2023

AZ IDŐZÍTETT CSAPADÉK- ÉS FOLYÓVÍZHozam-ADATOK GÉPI TANULÁSI MODELLEKBE TÖRTÉNŐ INTEGRÁLÁSÁNAK MÓDSZERTANA A TISZTÍTÓMŰVET ELLÁTÓ NYERSVÍZ MINŐSÉGI PARAMÉTEREINEK ELŐREJELZÉSÉNEK JAVÍTÁSA ÉRDEKÉBEN

(Pradip P. Kalbar; Shweta Lokhande)

(Christian Ortiz-Lopez; Andres Torres; Christian Bouchard; Manuel Rodriguez)

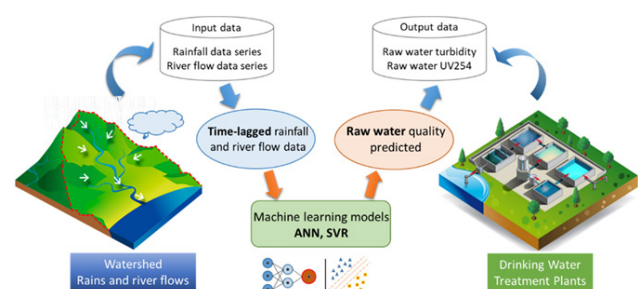
(A methodology for integrating time-lagged rainfall and river flow data into machine learning models to improve prediction of quality parameters of raw water supplying a treatment plant)

Az esőzések és a folyók megnövekedett vízhozama ronthatja a nyersvíz (RW) minőségi paramétereit, például a zavarosságot és a 254 nm-es UV-abszorpciót. E tanulmány célja egy olyan módszertan kidolgozása, amely az ivóvízkezelő üzemet (DWTP) ellátó nyersvízre vonatkozó gépi tanulási modellbe integrálja a vízgyűjtő területre vonatkozó, időben késleltetett csapadék- és folyóvízhozam-adatokat. Spearman-féle nem-parametrikus kereszt-korrelációs elemzéseket végeztünk a vízgyűjtő folyók vízhozamának és esőzésének, valamint a vízkivételből származó RW-adatoknak a felhasználásával. Ezután a vízfolyás zavarosságát és a vízfolyás UV254 -jét modelleztük, egy támogató vektoros regresszió (SVR) és egy mesterséges neurális hálózat (ANN) segítségével, több előrejelzési forgatókönyv szerint, időbeli késleltetett változókkal. A folyó vízhozama nagyon erős korrelációt mutatott a folyóvíz minőségével, míg a csapadék mérsékelt korrelációt mutatott. Az áramlási adatok és a zavarosság közötti maximális korrelációval jellemezhető időeltolódások néhány óra, míg az UV254 esetében 2-4 nap között voltak, ami változatos időeltolódásokat és összetett viselkedést mutat. A legjobban az a forgatókönyv teljesített, amely a vízgyűjtő terület

csapadékát és a folyó vízhozamát használta bemeneti adatként. Az ANN mind a zavarosság, mind az UV254 esetében jobban teljesített, mint az SVR. E tanulmány eredményei új modellezési stratégiák és pontosabb vegyszeradagolás lehetőségét vetik fel a kulcsfontosságú szennyezőanyagok eltávolítására. Módszertan a legjobb nyersvíz (RW) modellezési előrejelzők kiválasztására a csapadék- és folyóvízhozam-adatokból.

A csapadékesemények és a folyók vízhozamai és a vízminőségi paraméterek közötti kereszt-korrelációk becslése hasznos lehet a bemeneti adatok kiválasztásához a vízhozam-modellezésben.

A nyersvíz-előrejelző modellek segíthetnek az ivóvíztisztító telepeknek a tisztítási működési feltételek szükséges módosításainak előrejelzésében.



Forrás: IWA Publishing 1.11.2023

MESTERSÉGES INTELLIGENCIA ALAPÚ INTELLIGENS VÍZGAZDÁLKODÁSI RENDSZEREK TERJEDÉSÉNEK VIZSGÁLATA

(Padam Jee Omar; Pankaj Gupta; Qi Wang)

Exploring the rise of AI-based smart water management systems

Egy olyan korszakban, amikor a fenntartható erőforrás-gazdálkodás kiemelkedő fontosságú, a mesterséges intelligencia alapú intelligens vízgazdálkodási rendszerek megjelenése megváltoztatja a játékmenetet. Ezek a rendszerek forradalmasítják a vízkészlet-gazdálkodással kapcsolatos megközelítésünket, fenntarthatóbb és hatékonyabb jövőt ígérve.

A vízhiány sürgető globális probléma, amelyet az éghajlatváltozás és a népességnövekedés tovább súlyosbít. A hagyományos vízgazdálkodási módszerek gyakran nem tudnak megfelelni ennek a kihívásnak. A mesterséges intelligenciával működő rendszerek azonban adatvezérelt megoldásokat használnak a víz elosztásának optimalizálására a forrástól a fogyasztásig. Ezeknek a rendszereknek egyik legfontosabb jellemzője, az a mesterséges intelligenciára jellemző képesség, hogy hatalmas mennyiségű adatot képes valós időben összegyűjteni, elemezni és az alapján cselekedni. Az időjárás mintákra, a vízminőségre, az infrastruktúra állapotára és a fogyasztási trendekre vonatkozó adatok feldolgozása, lehetővé teszi a vízigény pontos előrejelzését, így a közműszolgáltatók számára megalapozott döntések meghozatalát a víz elosztásáról.

A prediktív analitika kulcsfontosságú, mivel lehetővé teszi a hálózati problémák, például a szivárgások és a vízbetörések korai felismerését, a vízpazarlás csökkentését. A korai alkalmazók jelentős vízvesztés-csökkenésről számoltak be, ami víz-, és így pénzmegtakarítást is jelent. A mesterséges intelligencia-alapú rendszerek a fogyasztókat is képessé teszik arra, hogy a valós idejű fogyasztási adatokat szolgáltató intelligens mérőórák révén megalapozott döntéseket hozzanak a vízhasználatról, elősegítve a víztakarékosságot és a felelős vízhasználatot.

Az AI-különszám olyan magas színvonalú, lektorált műszaki cikket tartalmaz, amelyek a mesterséges intelligencia alapú intelligens vízgazdálkodási rendszerek kihívásaival, lehetőségeivel és megoldásaival foglalkoznak. A különszámban szereplő tanulmányok a témák széles skáláját ölelik fel, többek között:

- ANFIS-alapú lágy számítási modellek az EDI előrejelzésére India száraz régiójában (Kikon et al. 2023).
- Éghajlatváltozás előrejelzése adatbányászati algoritmusok segítségével (Khatri et al. 2023)

- Újszerű, hangolt gépi tanulási modell a támfal bemosódási mélységének előrejelzésére tiszta vízviszonyok között (Kumar et al. 2023)
- Egy SWAT-modell és hét mesterséges intelligencia-modell teljesítményének összehasonlítása az esőzések és lefolyások elemzéséhez a Peddavagu folyó medencéjében, Indiában (Shekar et al. 2023).
- Képtextúra használata a pelyhek/flokkok növekedésének és leülepedésének nyomon követésére (Ma et al. 2023)

A hatékonyságnövelésen túl ezek a rendszerek létfontosságú szerepet játszanak a környezetvédelemben. Azon túl, hogy az ökoszisztéma védelme érdekében figyelik a vízminőséget és felderítik a szennyező anyagokat vagy

szennyeződések, még az energiafogyasztást is optimalizálják, csökkentve a kibocsátást és a költségeket.

Bár a megoldások ígéretesek, a kezdeti beruházások és az adatbiztonsággal kapcsolatos aggályokhoz hasonló kihívások is vannak. A mesterséges intelligencia-alapú intelligens vízgazdálkodás előnyei azonban tagadhatatlanok. Hatékonyan kezelik a vízhiányt, elősegítik a takarékoskosságot, védik a környezetet és csökkentik a költségeket. Ha felelősségteljesen alkalmazzuk ezeket az innovációkat, a mesterséges intelligencia erőteljes szövetséges lehet a vízbiztonságos jövő biztosításában.

Forrás: Aqua Volume 72, issue 11



A TELEPÜLÉSI SZENNYVÍZ TÉRBELI ÉS IDŐBELI VÁLTOZÉKONYSÁGA A CSATORNAHÁLÓZATBAN

Julius Look (Suderburg), Regina Nogueira (Hannover), Ingeborg Joost, Artur Mennerich (Suderburg), Jörg Bödecker (Hille), Erwin Voß, Katrin Oelker (Hildesheim), Markus Wallner (Suderburg)

2021-ben az Európai Bizottság ajánlást fogadott el, amelyben arra kéri a tagállamokat, hogy SARS-CoV-2 kimutatása céljából kövessek nyomon a szennyvíztisztító rendszerek bevezető szakaszait 24 órás összetett minták alapján. A részvízgyűjtők elemzése csak korlátozottan valósítható meg az ajánlás nyomán, a csatornahálózat különböző problémái miatt. Az elemzéshez szükséges barnavíz biztosítása, így a minél jobb felmérés érdekében a mintavételi időszak és helyszín optimalizálása fontos.

Jelen tanulmány során Hildesheim városi csatornarendszerében mobil mintavevő készülékeket helyeztek el előre meghatározott mennyiségű, meghatározott időközönként és helyeken történő szennyvízmennyiségek gyűjtése céljából. E szennyvizek kémiai-fizikai elemzését 2 órás összetett mintákon végezték el. Az eredményeket 24 órás hidrogáfként mutatták be és elemezték. Az értékek lehetővé tették az üzemeltetők számára a kommunális szennyvíz térbeli és időbeli változatosságának vizsgálatát a csatornában, három változót vizsgálva: áramlás, koncentráció és terhelés. A tanulmány a vízgyűjtőn előforduló lehetséges ipari és kereskedelmi vállalkozásokat és a népsűrűséget is figyelembe véve vizsgálta a mintavételi helyszíneket, melyeket a vonatkozó szennyvízmátrixsal vetett össze.

Az értékelések a szennyvíz időbeli és térbeli eloszlása tekintetében száraz időjárás esetén

különösen nagy eltéréseket mutattak, ami nagymértékben magyarázható a települési viszonyokkal a helyi ipar és kereskedelem településszerkezetével. A grafikonok csapadékos időre vonatkozó elemzése a várható hígulási és a kapcsolódó atmoszféra hatásait is mutatta. Mivel a kémiai oxigénigény és az ammónium az "árhullámra" eltérően reagál, fel kell tételeznünk, hogy a felszínen és az üledékben ezeknek az anyagoknak különböző aktiválódási folyamatai mennek végbe. Ez a felismerés szintén érdekes a kórokozók tekintetében. Amíg a vírusok felhalmozódási és kivonódási folyamatai nem pontosan ismertek, addig a kórokozók mintavételét lehetőleg elválasztott szennyvízcsatornában kell végezni. Mintavételnek a kombinált csatornarendszerben csak száraz időjárás esetén van értelme.

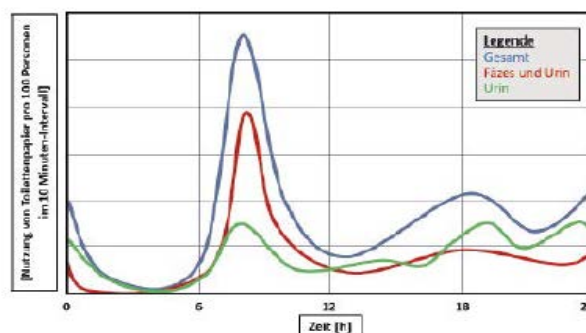


Abb. 1: Schematische Darstellung einer Tagesganglinie über die Nutzung von Toilettenpapier pro 100 Einwohner und im 10-Minuten-Intervall (Original in [5])

Forrás: Korrespondenz Abwasser, Abfall · 2023 (70) · Nr. 12

AI-ALAPÚ SEGÉDRENDSZEREK A SZENNYVÍZIPARBAN

Christian Wolf (Gummersbach), Peter Baumann (Stuttgart), Achim Gahr (Gerlingen), Uta Pachaly (Berlin), Felix Uecker (Herzogenrath), Frank Obenaus (Essen)

A mesterséges intelligenciát (AI) kulcsfontosságú technológiának tekintik a szennyvízágyazat előtt álló összetett kihívások (pl. éghajlatváltozás, digitális átalakulás, szakképzett munkaerőhiány) megoldásához. A személyzet feladataik ellátása során tehermentesítő és aktívan támogató asszisztencia-rendszerek telepítésére az egyik lehetséges módot az AI integrálása nyújtja. Ez történhet a tervezésbe, az oktatásba és képzésbe, valamint a szennyvízinfrastruktúra-elemek üzemeltetésébe is. A hagyományos rendszerekhez képest a mesterséges intelligencia alapú asszisztens rendszerek különösen alkalmasak az összetett kérdések kezelésére, mivel képesek összefüggéseket tanulni, önállóan fejlődni és az aktuális keretfeltételek függvényében önálló döntéseket hozni. E cikk célja, hogy meghatározza, leírja és osztályozza a mesterséges intelligencia alapú asszisztencia-rendszereket típus és felhasználási esetek alapján. Emellett tárgyalja a mesterséges intelligencia-alapú asszisztencia rendszerek sikeres fejlesztésének és gyakorlati alkalmazásának tényezőit, és áttekintést nyújt a jelenlegi és jövőbeli fejlesztésekről.

Kulcsszavak: Szennyvíztisztítás, kommunális, mesterséges intelligencia, asszisztens rendszerek, szennyvízágyazat, potenciál, sikertényezők

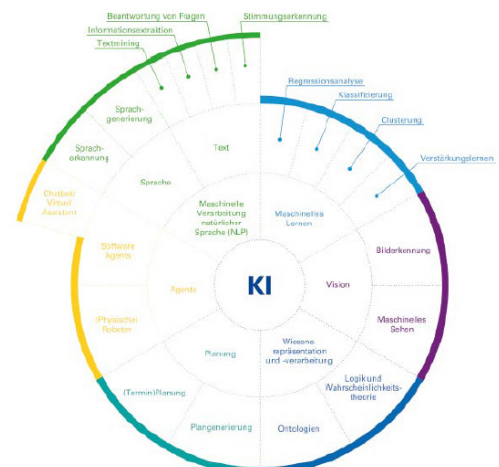


Abb. 2: Übersicht der Teildisziplinen der Künstlichen Intelligenz [28]

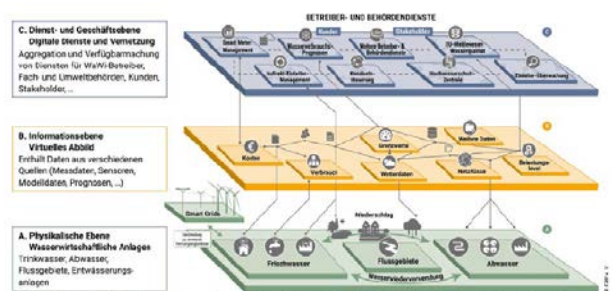


Abb. 1: 3-Schichten-Modell der vernetzten Wasserwirtschaft 4.0; A – Physische Ebene mit wasserwirtschaftlichen Anlagen, B – Informationsebene mit einem virtuellen Prozessabbild und C – Dienst- und Geschäftsebene mit digitalen Diensten (zum Beispiel Assistenzsystemen) [15]

Forrás: Korrespondenz Abwasser, Abfall · 2023 (70) · Nr. 10

A HWP HAZAI ÉS NEMZETKÖZI ESEMÉNYEI - 2024 MÁRCIUS-ÁPRILIS-MÁJUS

A Hungarian Water Partnership (HWP) a vízipar különböző területein működő, magyar tulajdonú vállalatok hálózata, amelyeket a külpiaci sikerek közös célja vezérel. A klaszterként működő platform tagjai átfogó megoldásokat kínálnak a vízzel kapcsolatos problémákra itthon és világszerte. A HWP tevékenységének elsődleges célja a tagvállalatok nemzetközi versenyképességének és teljesítőképességének erősítése. Ennek érdekében egyrészt széleskörű exporttámogatási feladatokat lát el, másrészt fejleszti a magyar vízipari ágazat arculatát. A HWP tagságát 23 exportorientált vállalat alkotja. A klasztert a Hungarian Water Partnership Nonprofit Kft. működteti.

LEHETŐSÉGEK A BOSZNIAI SZERB KÖZTÁRSASÁGBAN

Az április 5-ei, Banja Luka-i üzletember-találkozón Horváth Zoltán a HWP ügyvezetője megbeszéléseket folytatott a boszniai szerb országrész (entitás) vízügyekért felelős miniszterhelyettesével, valamint Gradiska város polgármesterével és a helyi vízművek igazgatójával. Az entitásban több olyan víz- és egyéb infrastrukturális beruházás szerepel napirenden, amelyekhez – a kiváló kétoldalú politikai kapcsolatok alapján – magyar szakmai partnereket keresnek.

HWP HIBRID FÓRUM AZ INNOVÁCIÓS PÁLYÁZATOKRÓL

A Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. Tudásmenedzsment

Központjának (BAY-TMK) divízióigazgatója április 24-én „Tervezett hazai és közvetett EU innovációs pályázatok áttekintése, illetve az előző pályázati kör tapasztalatainak bemutatása” című előadást tartott a HWP tagvállalatai részére.

AFRIKAI MAGASRANGÚ KÜLDÖTTSÉG A HWP-NÉL

Sierra Leone hivatalos delegációját fogadta a HWP elnöksége április 9-én a Rétköz utcában. A küldöttséget a külügyekért és nemzetközi együttműködésért felelős miniszter vezette, tagja volt a kereskedelmi- és ipari miniszter, a vízügyi- és közegészségügyi miniszter-helyettes, valamint más hatóságok képviselői és üzletemberek. A találkozón Horváth Bálint, a HWP főtitkára bemutatta a szervezetet, és összefoglalta a tagvállalatok által Afrika-szerte nyújtott, vízzel kapcsolatos, megfizethető és fenntartható technológiai megoldásokat. A Pureco-Tradeland Kft. és a Puraset Kft. ügyvezetői konténeres ivóvíztisztítási és szennyvízkezelési megoldásokról tartottak előadást. Az azt követő megbeszélésen a HWP elnöksége és a Sierra Leone-i delegáció az országainkban jelentkező, vízzel kapcsolatos kihívásokra és lehetőségekre összpontosított. A találkozón részt vett Fehér Tamás, Magyarország Sierra Leone-be is akkreditált nagykövete, aki sokat tett azért, hogy ez az eredményes találkozó megvalósuljon. Április 10-én Horváth Bálint és Horváth Zoltán, a HWP Nonprofit Kft. ügyvezetője részt vett a HEPA által szervezett, budapesti

Magyar-Sierra Leone-i Üzleti Fórumon, amely során további tagvállalati megoldásokat mutattak be az afrikai partnereknek.

FORRÁSHIÁNY - AZ 1. KGTP-KONFERENCIA FŐ TANULSÁGA

Bő egy év kihagyást követően, immár az Energiaügyi Minisztérium irányításával idén újraéledt a Körforgásos Gazdaság Technológiai Platform (KGTP). Mint ismeretes, a HWP tevékenyen részt vesz a platform munkájában: a vízgazdálkodási munkacsoport elnöke Dr. Kovács Károly, a HWP Np. Kft. pedig a munkacsoport titkársági feladatait látja el. A KGTP április 12-ei, első idei konferenciáján a HWP elnöke bemutatta az általa vezetett munkacsoport tevékenységét.

A HWP RENDEZVÉNYE A MÜNCHENI IFAT-ON

Idén is részt vettünk a világ vezető víz-, szennyvíz-, hulladék- és nyersanyaggyártási szakvásárán. A HWP alapító tagvállalata, a Pureco standján, társkiállítóként szerepeltünk az expón. A május 13-17. között lezajlott szakvásárra közel 170 országból 142 000 látogató érkezett. A klaszter az ENSZ minősítéssel rendelkező, fenntartható és megfizető ivóvíz- és szennyvíztisztítási megoldásainak bemutatásán túl szakmai fórumot is szervezett az expó során. A részvétel célja egyrészt a tagvállalatok képviselete, másrészt a saját kapcsolatrendszer bővítése volt. A HWP által szervezett, május 15-ei „Meet the Hungarian Water Industry” című fórum mindkét szempontból sikeres volt. A több, mint 60 vendég kb. fele külföldről érkezett. A magyar és nemzetközi résztvevők részben vállalatok, részben pedig szakmai szervezetek képviseletében jelentek meg. A megnyitó beszédet a házigazda, Dr.

Kovács Károly HWP-elnök tartotta. Majd Tordai-Lejkó Gábor müncheni főkonzul, a fórum fővédnöke nevében Juhász Gergely külgazdasági attasé üdvözölte az egybegyűlteket. Ugyancsak köszöntő beszédet mondott Wendy Francken, a European Water Association (EWA) elnöke, valamint Thomas Beutel, a German Water Partnership (GWP) térségünkért felelős igazgatója. A továbbiakban Dr. Kovács Károly a „HWP tiszteletbeli nagykövete” címet adományozta Johannes Lohaus leköszönő EWA-elnöknek a magyar vízipar nemzetközi tekintélyének erősítése érdekében végzett, évtizedes munkája elismeréseként. Végül a hivatalos program legfontosabb eleme következett: Horváth Zoltán, a HWP-t működtető HWP Np. Kft. ügyvezetője és Boris Greifeneder, a German Water Partnership ügyvezető igazgatója aláírta a két szervezet együttműködési szándéknyilatkozatát. Az est kötetlen beszélgetéssel folytatódott és a HEPA - Hungarian Export Promotion Agency által erre az alkalomra felajánlott magyar borokat kóstolhattak.

HWP-VEL KAPCSOLATOS HÍREK A HAZAI MÉDIÁBAN – IFAT MÜNCHEN 2024:

Forintos Róbert társelnöknek köszönhetően, a müncheni IFAT-on való megjelenésünk alkalmából a Világgazdaságban cikk jelent meg a HWP-ről és exportsikereiről „Magyar technológiák segítik a fejlődő országokban a vízválság megoldását” címmel. Az írást az Index.hu is szemlélte. A Trend FM rádió pedig múlt kedden beszélgetést sugárzott társelnökünkkel a szervezetünkről, amelyet itt meghallgatják:

A HWP ELNÖKÉNEK PÁNAFRIKAI SZAKMAI ELISMERÉSE

Stratégiai jelentőségű az a kontinenseken átívelő szakmai együttműködés, melynek elismerésképpen az African Water and Sanitation Association (AfWASA) vezetése a szervezet megújult Stratégiai Bizottságának tagjai közé választotta a Hungarian Water Partnership elnökét. Dr. Kovács Károly két évre szóló mandátuma keretében, széleskörű szakmai tudása és tapasztalata révén, valamint a HWP által kínált ivóvíz- és szennyvíztisztítási megoldások bemutatásával járul hozzá az afrikai vízipar előtt álló kihívások és problémák kezeléséhez.

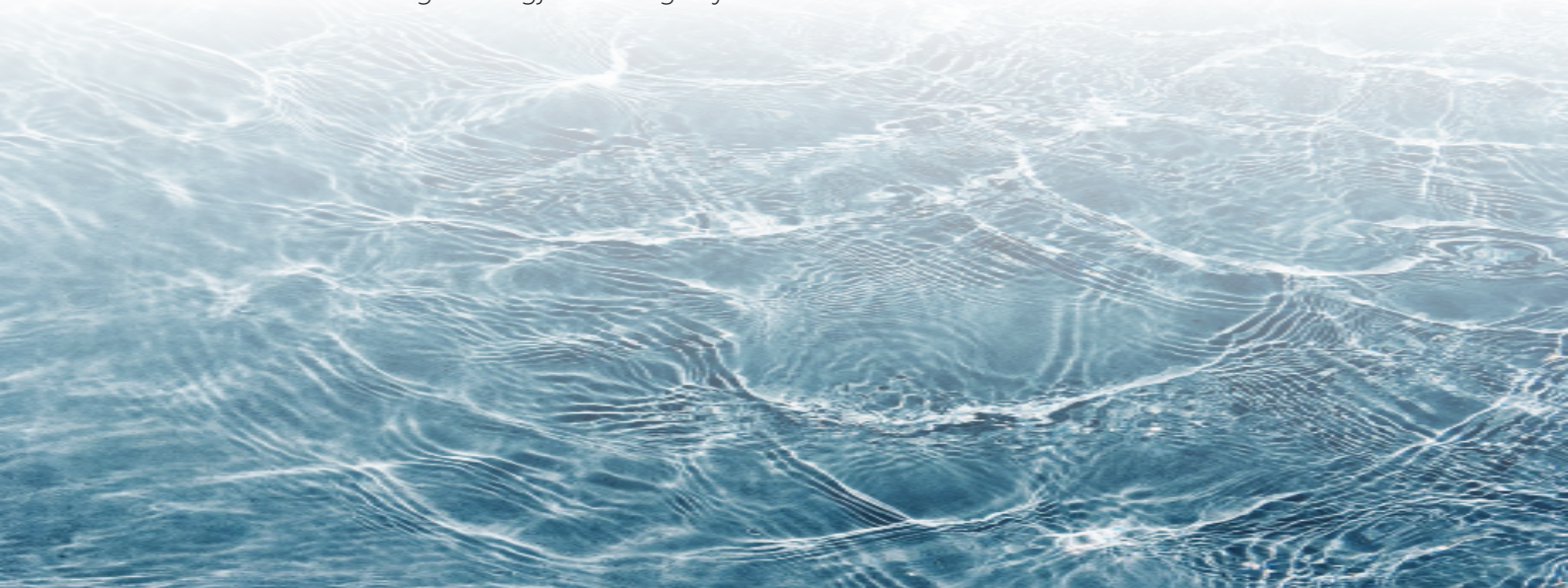
VIETNÁMI TARTOMÁNYI KÜLDÖTTSÉG

A HWP társelnöke, egyben az MKIK Vietnámi-Magyar Üzleti Tanácsának elnöke, Forintos Róbert kezdeményezésére szervezetünk április 22-én részt vett a Hanoihoz közeli Thai Binh tartomány magasrangú delegációja számára rendezett, üzleti fórumon. A Budapestre látogató küldöttséget a tartományi párttitkár vezette. A program keretében Horváth Zoltán ügyvezető bemutatta a HWP tevékenységét, amit a vietnámi üzleti lehetőségek iránt érdeklődő magyar vállalatok, köztük a Pureco-Tradeland Kft. prezentációja követett.

MEGHÍVÓ A MAGYAR-SZLOVÁK VÍZIPARI SZAKMAI ÉS ÜZLETI FÓRUMRA

SZPONSZOROKAT KERESÜNK A MAGYAR-SZLOVÁK VÍZIPARI SZAKMAI ÉS ÜZLETI FÓRUMRA

A HWP által szervezett programelemek finanszírozására már több szponzor jelentkezett (köztük külső vállalatok), de lehetőség van további támogatók bevonására a tagságból. A szponzorációs ajánlatok hamarosan elkészülnek. Addig is köszönjük, ha előzetesen jelzik az érdeklődésüket és esetleges megjelenési igényeiket nekünk e-mailben.



MEGHÍVÓ

Tisztelettel meghívjuk Önt a Hungarian Water Partnership (HWP) és a CED Közép-európai Gazdaságfejlesztési Hálózat Nonprofit Kft. által közösen szervezett, „Magyar-Szlovák Vízipari Szakmai és Üzleti Találkozó - Az ESG pozitív hatása az ágazat jövőjére” című konferenciára és az azt követő üzleti találkozóra.

Időpont: 2024. szeptember 18-19.

Helyszín: Révkomárom

Konferencia és üzleti találkozó: Selye János Egyetem

Díszvacsora: Európa Hotel

A rendezvény fővédnöke Dr. Balogh Csaba, Magyarország pozsonyi nagykövete. A magyar-szlovák tanácskozás alapvető témáját meghatározzák az erősödő fenntarthatósági törekvések, továbbá a vízipari vállalatokra, valamint a teljes ellátási láncra vonatkozó megfelelőségi elvárások. Több, mint száz tervező, beruházó, kivitelező, üzemeltető, finanszírozási és egyéb partnert várunk Révkomáromba.

A program első részében a szakmai fórum lehetőséget nyújt az ágazatot érintő tapasztalatcserére, a vízgazdálkodási kérdések megvitatására, valamint a vízügyi- és vízipari fejlesztési törekvések áttekintésére a két ország viszonylatában. Azt követően konkrét esettanulmányok ismertetésére, illetve vízipari szereplők bemutatkozására kerül sor. A program második részében üzleti találkozókat szervezünk a két ország vízipari vállalatai számára (B2B).

Ne mulassza el a különleges alkalmat! Regisztráljon ingyen és vegyen részt Ön is a szakmai párbeszédben! [További információ](#) és jelentkezés:

REGISZTRÁCIÓ

Bízunk benne, hogy találkozunk a régió leghangsúlyosabb vízipari rendezvényén!

Üdvözlettel,

Dr. Kovács Károly PhD (oec)
elnök

Csík László
ügyvezető



A MEGÚJULÓ ENERGIÁK...

Dr Juhász Endre CSc.

A geológiai kutatások a világ elé vetítették a fosszilis energia esetleges várható kimerülési folyamatát, amely a takarékoság jegyében is, maga után hozta a megújuló energiafélések kiaknázásának szükségességét. A már ismert és bevált vízerő hasznosítást követően a XX. sz. második felétől egymás után nőttek ki a földből a különböző energiatermeléssel összefüggő teóriák, melyek mind elsősorban a napsugárzáshoz, mint alapvető természeti elemhez kapcsolódtak. Az ipar kénytelenségből is alkalmazkodott a kívánatos változáshoz és előbb kísérleti, majd üzemelő berendezések megvalósításával versengeni kezdtek a kínáló piac lehetőleg vezető pozícióinak megszerzésére. Valójában a föld kiaknázható csaknem teljes energia készletét a jelenleg ismert technikai megoldások közül - direkt vagy indirekt módon - a napsugárzás alkotja.

A megújuló energiaforrások között az alábbiak tartható számon:

- vízenergia,
- napenergia,
- szélenergia,
- geotermikusenergia,
- biomassa energia,
- szerves hulladékok hasznosítása.(?)
- települési szennyvíziszapból nyert biogáz
- depónia gáz stb.

A megújuló energiák köréből időrendileg legkorábban a vízerőművek jelentek meg. Példaképüknek a víz mozgásenergiáját

kihasználó, a középkortól már ismert vízemelő kerekek, legfőképp pedig a vízimalmok szolgáltak.

Magyar honban is a múlt század végéig elsősorban ez utóbbiak domináltak.

A víz számtalan lehetőséget rejt magában. A kérdést leegyszerűsítve a lényeg, hogy mozgásával turbinát, majd annak segítségével egy generátort forgasson meg, mely villamos energiát gerjeszt.

A kialakítás szempontjából síkvidéki (folyók) és hegyvidéki tavas tározóval összekapcsolt, villamos energiát termelő viszonylag jó hatékonyságú egységet alkossanak. A víz mozgását kevésbé gazdaságos árapály-dagály erőművel, tenger hullámozását kihasználó megoldásokkal próbálják egyes helyeken a hiányzó energia szükségletet kiegészíteni vagy pótolni.

Jelenleg a világ legnagyobb megújuló energiatermelő egységei egyelőre a vízerőművek, ám a természeti erőforrások feltárásával a nap és a szél által lehetőséget kínáló „energiatermelők” lassan méltó versenytársá válhatnak.

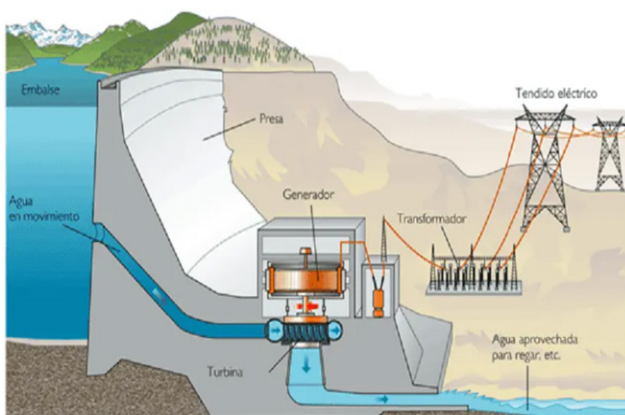
A vízből történő energia kinyerése során számos előnnyel, de természetesen hátránnyal is kell számolni. Az előnyök között az erőmű megépítése után rendkívül alacsony működtetési költség mellett üzemeltethető, viszonylag „rövid” idő után behozza a magas létesítési költséget, azaz „ingyen termel”. Nincs széndioxid kibocsátás, nem apad ki a víz utánpótlás, gátrendszerrel a víz

betárolható, mely által az energianyeres folyamatos lehet.

Arra is rá kell mutatni, hogy (gátak, egyéb infrastruktúra stb.) kiépítése magas költség vonzatot követel, Ameddig a víz utánpótlás tart addig a vízenergia alkalmas áramtermelésre. Csökken az árvízveszély, fellendülhet a turizmus, hajózási előnyök.

Tudni kell azt is, hogy a háttér rendszer területet igényel, mely adott esetben lakó- és vagy ipar területek kitelepítésével, stb. járhatnak. Nem lehet elmenni a környezeti tényezők szintén esetleges hátrányos megjelenése mellett sem, (meder mélyülés, hordalék utánpótlás, élőhelyek pusztulása stb.).

A vízerőművek létesítésekor meg kell találni az egyensúlyt a szükség és a „természet rombolás” között, melyben végső fokon az adott ország fenntarthatósági politikája (szociális, ökológiai, ökonómiai szempontok) a legfontosabb tényezők.



rávezetett vízhozamtól, az un. esés magasságtól, - víztömeg nehézségi gyorsulásától-, nem különben a beépített, ill. alkalmazott turbinák típusától.

Az energiatermelés leegyszerűsített képe az ábrán érzékelhető, Ameddig a vízszint a turbinák felett van, addig folyhat az áramtermelés.

Példakép említhető e területen a kínai Hu-pej tartományban az éves átlagban 14 300 m³/sec vízhozamú Jangce folyón ez ideig a világ legnagyobbikának tartott kínai „Három Szurdok Gát” vízerőmű. Tározója ~600 km hosszú és 39,3 km³ (~20 Balaton) vizet képes befogadni. A beépített 32 db. 700 megawattos generátor teljesítménye, kilenc tartomány és két város (~ három nagy London) energia szükségletét fedezi. (A vár éves elektromos energiatermelés meghaladja a 100 TWh-t(kb. 2,5 Magyarország)

Az erőmű képe:



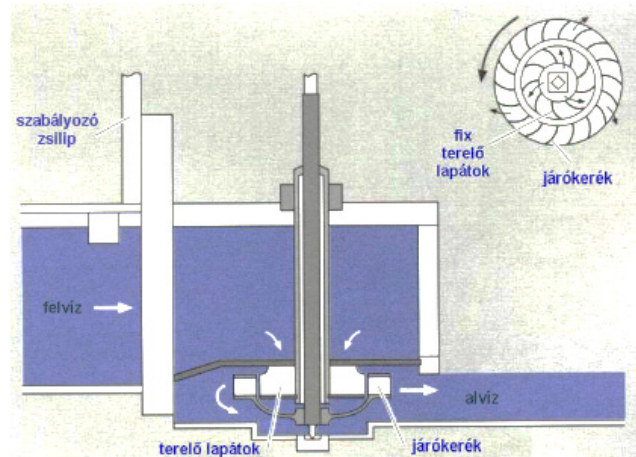
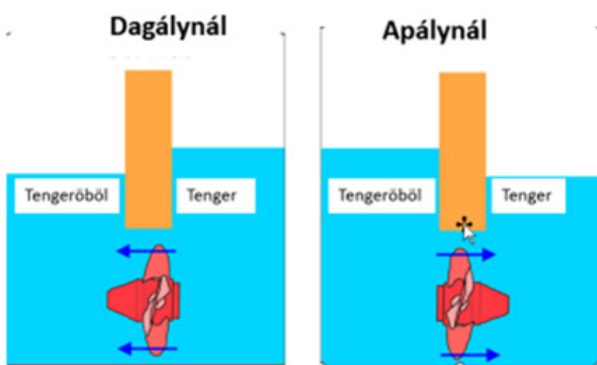
Az erőművek nagyméretű, korszerű turbinái jelentős lépést alkotnak az üvegházhatású gázok csökkentésében, de ugyan ekkor a tározó kialakításánál 1,3 millió embert kellett át telepíteni, régészeti emlékek és kulturális helyszínek kerültek ellehetetlenülő helyzetbe.

A kulturális és környezeti károk tekintetében Egyiptomban a Níluson megépült Asszuáni gát ill. erőmű megépítése annak idején világszerte visszariasztó jelleget öltött az egyébként életminőséget befolyásoló civilizáció és ipar fejlődéshez lökést adó megújuló energia termelő ágazat számára.

Magyar viszonylatban a kormányzat egyelőre nem pártolja a vízerőművekkel történő megújuló energiatermelés fejlesztését.

Az árapály- dagály alternatív erőművek szintén a víz mozgás energiájának kihasználásán alapulnak és képesek megújuló villamos energiát létrehozni, de nem tartoznak a leggazdaságosabban termelő eljárások közé. Az apály- dagály vízmozgási jelenség valójában a nap és a hold földre gyakorolt tömegvonzása révén jön létre és a föld forgása adja hozzá az energiát.

Az árapály rendkívül megbízható jelenség, azt is könnyű megmondani, mikor lesz magas és mikor alacsony a vízszint. Naponta kétszer van apály ill. dagály is, ami az árapályenergiát könnyen kezelhetővé teszi. Ugyan ekkor a hatékonyság korlátozott, mivel naponta csak kb. 10 órán át képes energiát szolgáltatni, de nem mindig biztos, hogy az mindenütt a fogyasztáshoz igazodik. Az ilyen erőművet többnyire folyók torkolataiba telepítik, ahol az áramlás visszatörleszt és a beépített turbinák generátorokat forgatnak meg. Apálykor a folyamat ellenkező irányba fordulva (inga mozgás) a turbinák úgyszintén termelnek. A turbina, mint más áramtermelésnél meghajtja a generátort, ami elektromos áramot termel.



Az erőmű által termelt teljesítmény az ár és az apály közötti vízszint különbség négyzetével egyenlő. (a tenger mozgás iránya az ábrán érzékelhető.)

A fenntartás nehézségét terheli, hogy a folyók hordaléka az erőművek előtt felgyülemelhet, továbbá a torkolati élőlények (pl. halak) mozgása leszűkül, ill. ellehetetlenül.

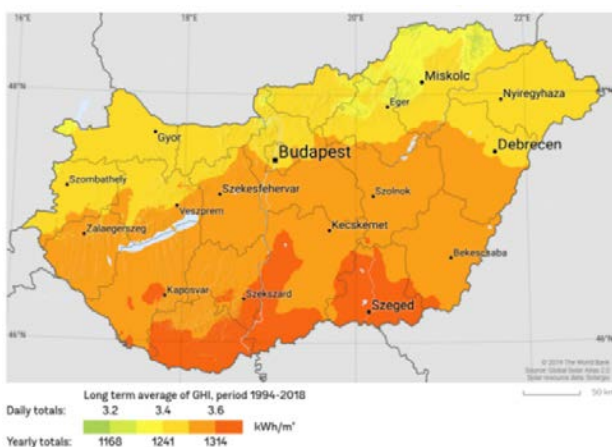


Példakép említhető La Rance árapályerőmű Bretagne-ban, a Rance folyó torkolatában található. 240MW-os teljesítményével a világ második legnagyobb és egyben a legrégebbi árapályerőműve is – 1966 óta üzemel. 1961-ben kezdték építeni, része egy 145.1 méter hosszú gát 6 rögzített kerékkapuvával, valamint egy 163.6m hosszú védőgát. 22 négyzetkilométeres háttér medencével rendelkezik, az elektromosságot 24 forgatható turbina biztosítja, melyek teljesítménye egyenként 10MW. 8.2 méteres árapálykülönbsége a legmagasabb Franciaországban.

Az általa termelt elektromosságot a 225kV-os nemzeti hálózathoz kötik be, és évente az 540 GWh teljesítményével körülbelül 130,000 háztartást tudnak vele ellátni.. (forrás: Internet).

Az megújuló energia világméretű kiaknázási lehetősége valamennyi ország egyik legfontosabb törekvése a NAPUGÁRZÁS minél nagyobb mértékű kiaknázása.

A sugárzás fény és hő formájában éri a földet, mely az emberi élet végéig kifogyhatatlan és főleg ingyen van. Hasznosítása az ősidők óta tart s ahogy a technika fejlődik, úgy egyre inkább intenzívebb. Kezdetben a hőhasznosítás pl. szárítás formájában testesült meg (pl. szennyvizes ágazatban iszap szikkasztó ágyak), de napjainkban már a civilizáció által leginkább felhasznált fosszilis energiapótlását sőt egyes helyeken kiváltását képes betölteni. Az alábbi ábra a hazai sugárzás területi intenzitását mutatja. Mint egyébként tapasztalható is, a legerősebb földre jutott intenzitás főleg Szeged és a Dráva folyó mellékén található.



Mennél nagyobb a hősugártás intenzitása, természetesen annál kedvezőbb lehet kihasználni.

A folyamatosan fejlődő technológiák jelenleg a napfűtés, a fotovoltaiikus berendezések (a napfény közvetlen elektromos árammá alakítása), a naperőművek vagy a napenergiát felhasználó épületek egyre jobb kihasználtságára koncentrálnak.

A Napból érkező energia hasznosításának két alapvető módja létezik: a passzív és az aktív energiatermelés. A naperőművek nagyobb léptékben alakítják át a sugárzást elektromos árammá.

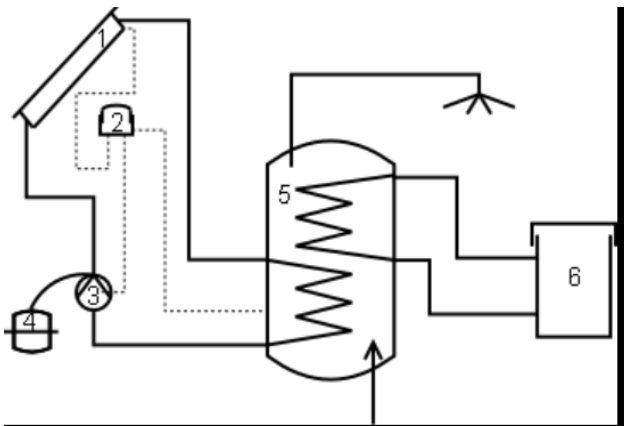
Passzív energiahasznosítás alatt értendő egyebek mellett pl. az épületek tájolása és a felhasznált építőanyagok. Ez esetben az üvegházhatás használható ki az épület hőtermelésre.

A SZOLÁRSZÁRÍTÓ MŰKÖDÉSI ELVE



Az utóbbi időben szennyvíztisztítással kapcsolatban ún. szolár iszapszáritókkal lehet találkozni. A napfényt átteresztő nagy üveg vagy műanyag felülettel kialakított építményben a nedvességtartalmú iszap felmelegszik, párolog, amit ventilációval a külső légtérbe egyszerűen „kifújnak”.

Az aktív energiahasznosításnak két módja van:



ad.1) a napenergia hőenergiává alakítása. A hőenergia „gyűjtése” és tárolása gépészeti berendezésekkel un. napkollektorokkal történik. Ez az a berendezés, ami elnyeli a nap-sugárzás energiáját, átalakítja hőenergiává, majd ezt átadja valamilyen hőhordozó közegnek. Főleg lakások melegvíz ellátására, fűtésre hasznosítják. (Magyarországon jelenleg (2024 év) 260 ezer házon van napkollektor, ami országosan átlag 18 %-os hálózati áramfogyasztást vált ki.) A mellékelt ábra a háztartási melegvíz előállítás technológiai folyamatát mutatja. A vákuumcsöves kollektor változat négy évszakos, képes télen is fűteni és/vagy melegvizet előállítani. Mind a kollektor lapok, mind a beépítési technológiák kialakításában számtalan változat van a piacon és folyamatos a fejlesztésük. Élet tartamuk ~20 évre becsült, utána nagy valószínűséggel veszélyes hulladéknak minősül. Akkor viszont hová...?

ad.2) A napelem a Napból érkező sugárzást közvetlenül áramfejlesztésre hasznosítja. Az energiaátalakítás alapja, hogy a sugárzáselnyelésével mozgóképes töltött részecskéket generál, melyek irányított mozgása egyenáramot állít elő. Inverter (áram átalakító) beiktatásával ezt váltó árammá alakítják,

mely gazdaságosan egyedileg felhasználható. A napelemeket háztartások számára általában kisebb méretben szokás megépíteni. Megtérülési időt tekintve elég nagy a szórás, azaz 6-7 évtől 20 éves idővel lehet számolni.

A képen bárhol (pl. vízmű-, szennyvíztisztító telepeken) felállítható melegvíz előállítására alkalmas, sugárzás irányában „forgatható” napkollektor, ill. elektromos autók akkumulátorainak töltésére alkalmas „töltő” állomás látható.



A sok egymás mellé telepített napelemeket fotovillamos erőműnek nevezzük.

A fotovillamos erőmű (naperőmű) a villamos erőművek olyan fajtája, amelyik a Nap energiáját napelemek alkalmazásával közvetlenül elektromos árammá alakítja. Fotovillamos erőműről akkor beszélünk, ha a talajszinten nagyobb területen egymás szomszédságában sok napelem található és azok összekapcsolva működnek.



Naperőmű Visontán a Mátrai Erőmű és a Markazi-víztározó között



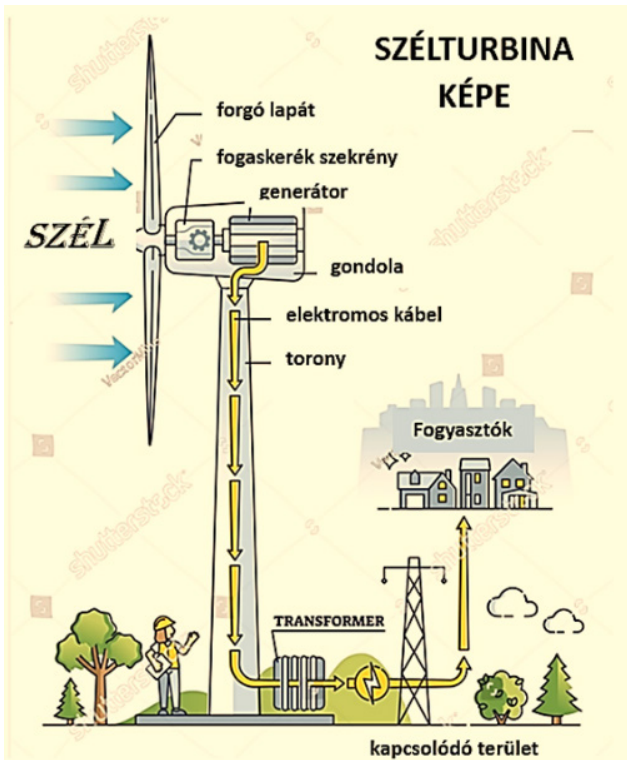
Naphőerőmű Kaliforniában. A tükrök a sugárzást a csövekre irányítják, ahol egy közeg felmelegszik, amivel áramot állítanak elő

A naphőerőmű naperőműveknek továbbfejlesztett változata, amelynek közvetítő közeg közbeiktatásával állít elő hő-, majd villamos energiát. A Nap sugárzását egy hőhordozó közegre (speciális olajok, olvasztott só, stb.) vetítik (pl. tükrök, úgynevezett „heliostatok” segítségével), és az abból keletkezett hőenergiát használják fel áramtermelésre. A működési elv a továbbiakban nem különbözik a közönséges hőerőművektől vagy atomerőművektől. A meleg közeg hőenergiája révén gőzt fejlesztenek, mely turbinákra vezetve mozgási energiává alakul, majd a mozgási energia meghajtja a generátorokat, amivel elektromos áramot lehet előállítani. A naphőerőművek a felmelegített közeg tárolása révén folyamatos villamosenergia-előállításra is képesek. (forrás: Internet).

A SZÉLENERGIA a jövő egyik legnagyobb energia forrása. A szél úgy jön létre, hogy a bolygónkat érő napsugárzás a felszínt egyenlőtlenül érinti. Az egyenlőtlenül földet érő sugárzás egyes helyeken erősebb, itt a légrétegek melegebbé válnak s a körülöttük levők hűvösebbek maradnak. Köztudott, hogy a meleg levegő felfelé száll, míg a hideg lefelé. Ezért a meleg rétegek helyére a hűvös levegő áramlik be: ezt az áramlást nevezzük szélnek.

Valójában a szélenergia is a Naptól származik, és a Nap Földet érő energiájának 1-4 százaléka alakul át szélenergiává. Egyébként a szélenergia Európa területén a leginkább igénybe vett megújuló energiaforrás. A szélkerekek őseinek a szélmalomokat

tekintik, de alkalmazták víz emelésére, darálásra stb.



A közvetítő szerepet az ún. szélturbinák képviselik, amikor is a szél hatására kinetikus energiát, azaz generátor segítségével - elektromos áramot - hoznak létre. A mellékelt kép a turbina szerkezetét mutatja be. A széljártól függően általában 60-120 m. magas acéltörzsre helyezett „gondolában” kap helyet a szél által forgatott tengely fogaskerék áttétele és a generátor. A gondola viszonylag tágas, munkavégzésre is (karbantartás) alkalmas helység. A belső felvonóval ellátott acéltörzs magasságtól függően 70-80 tonna, a gondola általában 2-3 t, a szél irányában forgatható lapátkerekek egyenként 2-tonná-sak. A súly és a szél torkolnyomásakülönleges alapozást követel meg.

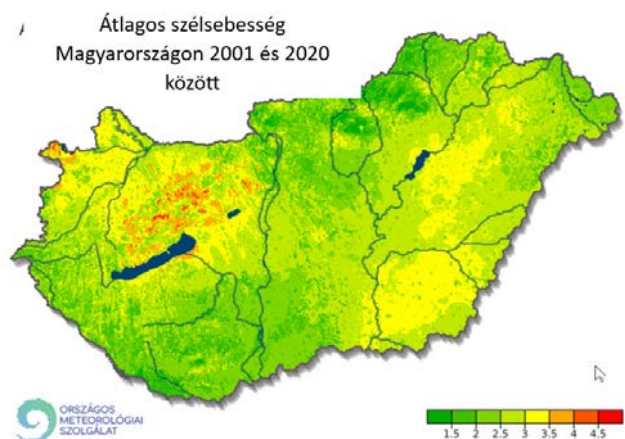
A szélkerekek telepítésével kapcsolatban nálunk sokáig megoszlottak a megítélések.

A korábbi telepítést ellehetetlenítő intézkedések feloldást nyertek és a tornyok vagy szélfarmok településektől számított 12 km-ről 700 m távolságra korlátozódtak.

Magyarország széljárása a szélturbinák telepítése szempontjából nem tartozik a kedvező feltételekkel rendelkező országok közé, az „átlagos” szélesség alapján a mérésekleten a széles vidékek közé sorolhatják. A szélességek évi átlaga 2-4 m/s között változik. (Egyes helyeken viszont a mérési lehetőségek már korábban is igazolták, hogy pl. Észak-Dunántúlon, - pl. Mosonmagyaróvár térségében - van helyeországunkban is a szélenergia előnyös kihasználásának.)

Ahhoz, hogy a turbinák meginduljanak 2,5-3,0 m/sec (~ 10km/h) szélességre van szükség.

A kiegyensúlyozott, gazdaságos energiatermeléshez a szélesség érték min. ~6 m/sec (~22 km/h), míg a jó termelési érték 10-25 m/sec (36-90 km/h). 25 m/sec szélesség felett a turbina lekapcsol.



Míg a hazai hosszú hezitálás késleltette az olcsó energia rendszer kiépítését, mind Európában, mind a világ bármely részén egyre fokozottabban folyik a fejlesztés.

Óriás szélenergia farmokat építenek nem ritkán napenergia parkkal összeépítve. Mivel az egyik ellenérv, hogy a turbinák csupán akkor termelnek, ha fúj a szél, hatalmas akkumulátorok kifejlesztését tervezik, hogy szélmentes időben legyen tartalék.

Fontos a farm földrajzi helyének megválasztás, azaz a kedvező széljárás



kihasználása. Erre -mint az alábbi képen is látható -a dombvidék, tenger- vagy tópart menti területek kiválóan alkalmasak. Sokan támadják a nagy tengeri parkokat, hogy az azonos ill. közel azonos magasságú tornyok egymást zavarva rontják a hatásfokokat. A dombvidéki egysorban épített tornyok a szakértők szerint jobb hatásfokkal üzemeltethetőbbek.



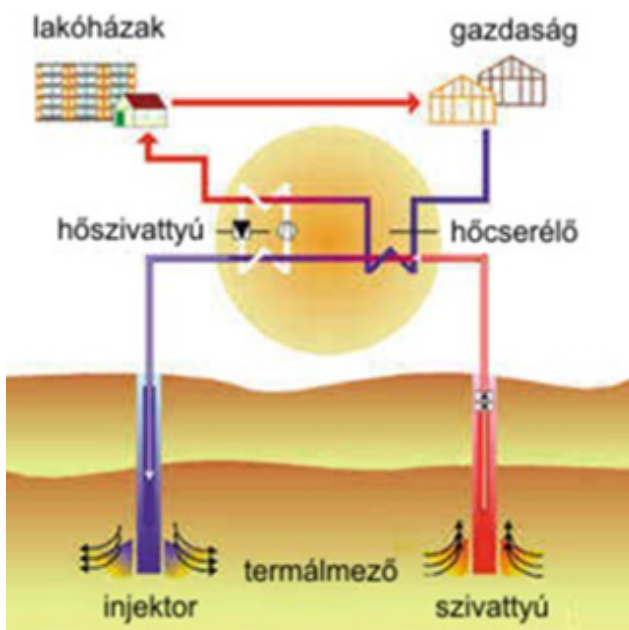
Dániában felépítették a világ méreteiben eddigi legnagyobb szél turbináját. 280 m magas, a szárnyak átmérője 236 m, megfűjt felület 43 743 m². Az előrejelzések szerint ~20 000 lakos éves energia szükségletét fogja fedezni.

A megújuló energia fejlesztése területén jelentős szektor a GEOTERMIKUS ENERGIA, ami valójában nem más, mint a földkéregből hő formájában kivont energia.

A hő a föld keletkezése óta tartó lehülésből és a természetes radioaktív bomlásból származik. A megolvadt kőzetanyag a hőt óriási mértékben folyamatosan termeli és közvetíti a térszín felé, ami a különböző rétegekben tározódik. Ennek nyomán olyan energiaforrásról beszélhetünk, amely megszakítás nélkül biztosít hőenergiát, amit elsősorban fűtésre, valamint áramtermelésre is fel lehet használni. (forrás: internet)

Fenntarthatósági szempontból a geotermikus energia az egyik legolcsóbb és legkörnyezetkímélőbb energiaforrás. Kicsi a szénlábnyoma, mivel a geotermikus energia előállításához jellemzően nem kapcsolódik bányászat vagy szállítás, és nincs szükség tüzelőanyagra sem a folyamatban. Így hasznosításával jelentősen csökkenthető a környezetterhelés, ezzel kímélhetjük a környezetünket. (a képek a meleg közeg kitermelésének vázlatát mutatják)





A legfőbb előnye talán az, hogy megbízható, folyamatos ellátást biztosít, nincs kitéve az időjárási hatásoknak, mint a szél- és a napenergia. További előnye, hogy a geotermikus fűtési és hűtési rendszerek élettartama hosszú (20-50 év), és a rendszer kevés karbantartást igényel. Mindemellett kiemelkedően biztonságos, hiszen sem gázszivárgásból eredő robbanásveszélytől, sem pedig az égéstermékek nem megfelelő elvezetéséből adódó szén-monoxid-mérgezésről nem kell tartani.

Magyarországon a földhő közvetítő közege a legalább 30°C-os termálvíz – amely az ország területének több mint 70%-án rendelkezésre is áll.

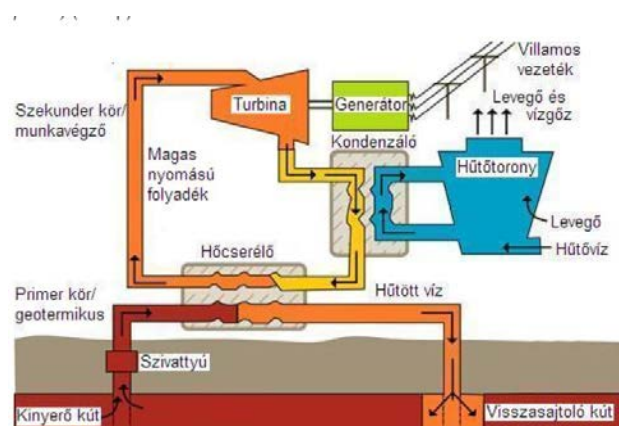
Miután a Kárpát medencében a földkéreg átlagos vastagsága ~25 km, (kb. a világtalag fele), a geotermikus gradiens átlagos értéke ~50 °C/km, körülbelül a világtalag duplája (~20 m/°C), a termálvíz két km. mélységben elérheti a 120 °C-ot, így természeti adottságai igen jók. Ennek tudható be, hogy sok

ilyen jellegű energiát használunk fel, amit bizonyít számos termálfürdők.

A hasznosító (fűtő) berendezések általában ~5 év alatt megtérülnek

Léteznek ún. geotermikus erőművek melyek a Föld mélyebb rétegeiben található magas hőmérsékletű és nyomású víz energiáját alakítják át villamos energiává. A geotermikus energiaforrások általában forró források, gejzírek, vulkáni területek és mélyfúrások révén érhetők el. A geotermikus energia tiszta és megújuló energiaforrás, amely nem függ a külső környezeti tényezőktől, mint például a napfény vagy a szél.

A geotermikus energia végsőfokon hőenergia, amit hőerőgépek képesek a mechanikai munkává alakítani, melyet aztán tovább alakíthatunk villamosenergiává. Az alábbi kép a geotermikus erőmű vázlatos kialakítását mutatja:



A kútból felszivattyúzzák a geotermikus „folyadékot”, amely ezután egy hőcserélőn halad át. A hőcserélő úgy működik, mint egy radiátor az autóban, amely a geotermikus folyadékból származó hőt egy másodlagos folyadékba továbbítja, utóbbi lehet egy munkafolyadék, például izobután vagy szuperkritikus szén-dioxid. A másodlagos folyadékot

a geotermikus folyadékból származó hő szétporlasztja. Az elporlasztott másodlagos folyadék átáramlik egy generátorhoz csatlakoztatott turbinán. A turbina forgása -mint már láttuk - elektromos áramot hoz létre a generátorban. A másodlagos folyadékot ezután visszahűtik és visszavezetik a hőcserélőhöz, hogy a ciklust befejezve újra felmelegedjen. (forrás: Internet)



Geotermikus erőmű távlati képe

A legerjedtebb geotermikus energia használó országok közé tartozik Izland, a Fülöp-szigetek, Új-Zéland, Olaszország és az Egyesült Államok.

Izland „gejzirjei” hozzásegíti országukat, hogy energia ellátásuk több mint kétharmadát geotermikusenergiából biztosítsák

Az elmúlt években Magyarországon is egyre nagyobb figyelmet kap a geotermikus energia hasznosítása, és számos projekt valósult meg az elmúlt években.

A megújuló geo. energia nyereség előnye mellett azért számos hátrány is jelentkezik. A hosszú élettartam ellenére a létesítési költségek, a szükséges infrastruktúra, a fenntartás ill. karbantartás viszonylag magas (lásd: megtérülést). A feltörő víz mellett káros, környezetre kiható gázok szabadulhatnak

ki stb. Ott érdemes üzemeltetést létesíteni, ahol a földkéreg nem túl vastag és kevés az esély a melegvíz esetleges „kimerülésére”. (visszatáplálás szükségessége.)

Jelentős megújuló energiaforrás lehet hazánkban is a biomassza erőművek által szolgáltatott villamos energia fejlesztése ill. kihasználása.

Magyarországon a megújuló energiaforrások közül az egyik legnagyobb potenciállal a biomassza rendelkezik. A biomassza ma már a fosszilis energiahordozókkal szemben is versenyképes, környezetvédelmi szempontból azoknál kedvezőbb, ráadásul munkát adhatna a mezőgazdasági termelésből kiszorult területeknek is. Ez újra felfedezett energiaforrás

A Földön található összes élő anyag – biomassza – a bolygó felszínének egy vékony rétegében, a bioszférában található. A bioszféra kiapadhatatlan erőforrás, amelyet a Nap energiája a fotoszintézis útján táplál, ezért az egész világon nagy lehetőség van a biomassza energetikai célú felhasználásának növelésében. Biomassza 5 nemzetgazdasági szférából származhat: növénytermesztésben és erdőgazdálkodásban képződő melléktermékekből, állattenyésztésből, élelmiszeriparból (növényolaj-iparból), és a kommunális és ipari hulladékokból. (Már itt kiemelő a szennyvíz-, szennyvíziszap jövőbeni szerepe a hazai biomassza mesterséges ültetvényeinek fejlesztése területén.) A felsoroltakból előállítható „massza” két módon hasznosítható: a termék elégetésével hő- és villamos energia állítható elő, vagy az elegyet „erjesztéssel” biogázzá alakítják, mely hő és elektromos energiaként hasznosítható.

Hazánkban a biomassza energetikai hasznosítása elsősorban erdőgazdasági és mezőgazdasági melléktermékekre jellemző és még mindig csak másodsorban használatosak kifejezetten erre a célra termesztett mezőgazdasági energianövények.

A leginkább felhasználható anyag félésegek:üzemanyagként hasznosítható hagyományos mezőgazdasági termények melléktermékei és hulladékai,üzemanyagként hasznosítható erdőgazdasági, fafeldolgozási hulladékok, másodlagos (állati) biomassza, üzemanyagként hasznosítható erdőgazdasági, fafeldolgozási hulladék,energetikai célra termesztett növények.

Magyarországon jelenleg ugyan a biomassza eltüzelése viszi a prímet, de szerencsére egyre többfelé jelennek meg a biogáz-erőművek. Jelenleg itthon is már több, mint tíz ilyen erőmű üzemel, számuk pedig tovább gyarapszik.

A biomassza erőműnek számos előnye és hátránya ismert. Bár az erőműben felhasznált anyag általában megújulónak számít, mint egy tíz év szükséges ahhoz, hogy a felhasznált anyag „megújuljon”.

A biomasszának a felhasználási mód, illetve a halmazállapot szerint három fajtája van:

- az eltüzelhető,
- az elgázosítható,
- az üzemanyagként hasznosítható.

A hátrányok között megemlítendő, hogy a biomassza-alapú áramtermelés viszonylag költséges, főként akkor, ha messziről kell szállítani az energiahordozót. Éppen ezért a biomassza-erőműveket jellemzően a bőségebb biomasszaforrások közelében

érdemes megépíteni, de ez megint plusz költségeket jelenthet.

Végül pedig nem lehet megfeledkezni arról sem, hogy a tüzelőanyag elégetése során pontosan ugyanannyi szén-dioxid kerül vissza a levegőbe, amennyit a növények fejlődésük során megkötöttek.

A közvetlen égetéssel felhasznált biomassza-alapanyagok közül a legismertebbek az olyan nyersanyagok, mint a települési szilárd hulladékok és a papír- vagy fűrészárugyárakból származó hulladékok. Az égetés viszont csak akkor lehetséges, illetve akkor hatékony, ha száraz alapanyagot használnak hozzá. Így e folyamat első lépése a szárítás, amely során 200–320 Celsius-fokra hevítik a biomasszát, és ezzel elpárologtatják belőle a nedvességet.

Ezt követően a masszából brikettek készülnek. Ennek több előnye is ismert. Egyrészt a brikett hidrofób (azaz víztaszító), így tárolása kedvezőtlenebb körülmények között is megoldható. Másrészt nagy az energiasűrűsége és könnyen elégethető.

A bioenergia előállítás példájaként szerepeltethető a Veolia cég által üzemeltetett Szakolyán megépült erőmű távlati képe, míg a másik kép az erőműbe táplálandó aprított biomassza alapanyagot mutatja meg



(Biomassza elegy egy fűrészüzem udvarán)
(forrás: internet)



Az erőművi kedvező alapanyag (apríték) mesterséges erdők (ültetvények) meghonosításával gazdaságosabban nyerhető. Hozamuk szennyvízöntözéssel, szennyvíziszap terítéssel is növelhető, továbbá az itt felhasznált települési folyékony hulladék nem terheli az élővizeket.

Az energianyár-fajták olyan nemesített nyárfa-fajták, melyek 2-3 éves vágási ciklussal, speciális aratógép segítségével arathatók, és töről újrasarjadnak. A kitermelt energianyárfa, valójában egy max. 2-3 cm átmérőjű, 2-3 m magas vessző, 5-10 db vékony ággal. A termelés során az aratógép általában azonnal elvégzi a fa aprítását is.



Kiváló biomassza ill. erőművi alapanyag az energiafűz, melyfafajtát Svédországban fejlesztettek és nemesítettek ki. Nagyon

hasznos és környezetbarát faanyag, egyaránt használható papírgyártásra, bútorgyártásra, biomasszaként hőenergia előállítására, vagy fűtésre is. A növény magas szalicil-alkohol tartalma miatt igen magas fűtőértékkel rendelkezik, körülbelül 18-19 ezer kJ/kg, napi növekedése eléri 3-3,5 cm-t. Magassága rendszerint 6-7 m.

Az energiafűz egy hihetetlenül erős növekedésű (napi 3-3,5 cm) fűzfajta. Az első évben kb. 1-3 hajtás keletkezik, amelyek 2-3 méter magasra is megnőnek.

A fenti jellemzők mellett egy sor olyan előnyt jelent az energiafűz termesztése, melyek alapján az EU országokban mind nagyobb teret hódít és aminek köszönhetően néhány éve, mint támogatott energetikai növényt nevesítették.

A biomassza hasznosítás taglalásakor meg kell jegyezni, hogy alternatív energiának tekintendő a szennyvíz szakmában jól ismert iszap rothasztás, vagy települési hulladékkal kiegészítve az ún. ko-rothasztásból származó biogáz, melyből gázmotor által villamos áramot nyerünk és mellékhatásként a kipufogó levegője hőcserélő beiktatásával hőenergiát képes hasznosítani.

A megújuló energia előállítása (napsugárzás, szél stb.) külső tényezőknek kitett, bizonyos esetekben termelés kiesés lehetséges. A világ kutatói nagy erővel dolgoznak az energia átmeneti időszakban történő tárolási lehetőségén.








Dinamikus fejlődés várható kicsiben és nagyban az „áramakkumuláció” szerepének felfejlesztésében. A hibrid autók megjelenése a kezdeti jele volt a fosztilis energia hatékonyabb kiváltásának. Magyarország

gazdaságilag is kikívánja venni részét az akkumulátor ipar fejlesztésének tendenciájában.

A mellékelt táblázatban összefoglalás gyanánt be szerettem volna mutatni a számításba vett „alternatívákat”. Természetesen hazánk egyik- másikban nem vagy kevésbé érintett, a jövő generáció feladata, hogy

lehetőségeink kihasználásával minél nagyobb arányban, mielőtt létrejön az országunk energia függetlensége.

*Budapest 2024. április hó
Összehozta: Bandi bácsi*

MEGÚJULÓ ENERGIÁK ÖSSZEFOGLALÁSA				
MEGNEVEZÉS		MINTA KÉP	FELHASZNÁLÁS	TERMELT ENERGIÁ FAJTA
FOLYÓ ÉS TENGÉR VÍZ	VÍZ ERŐMŰ		SÍKVÍDEKI VÍZERŐMŰ (folyók) MAGAS TÁROZÓK VÍZESÉSEK	villamos energia
	ÁRAPÁLY-DAGÁLY ERŐMŰ		TENGER ÁRAMLÁS	villamosenergia
NAP ENERGIÁ			NAPKOLLEKTOR NAPELEM NAPERŐMŰ	melegvíz elektromos energia
SZÉL ENERGIÁ			SZÉLTURBINA SZÉLFARM	villamosenergia
GEOTERMIKUS ENERGIÁ			TERMÁLVÍZ TERMÁLERŐMŰ	(fűtés, gyógyászat, ipar) villamos energia
BIOMASSZA ENERGIÁ			ELÉGETÉS BIOGÁZ FEJLESZTÉS	hőenergia villamosenergia
ÉLŐMUNKA ENERGIÁ			FIZIKAI ERŐ SZELLEMI ERŐ	végrehajtás innováció

AZ ÓBUDAI EGYETEM REJTŐ SÁNDOR KÖNNYŰIPARI ÉS KÖRNYEZETMÉRNÖKI KAR



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

„Települési szennyvízgyógyászati
szakmérnök” szakirányú
továbbképzési szakotí ndít
2024. szeptemberi 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 vízgyógyászati szakterületre olyan szakemberek képzése, ill. továbbképzése, akik a korábban megszerzett felsőfokú szakképzésük és szakismereteik birtokában képesek a szennyvíz-, és vízgyógyászati szakterületén építési, üzemeltetési, szakértői, beruházási, közigazgatási és vállalkozói munkakörökben a legújabb szakmai- tudományos és fejlesztési eredmények követésére és alkalmazására, specialisták a szennyvíz-, és vízgyógyászati területén.

A szakirányú diploma feljogosít:

- Fejlesztési feladatok önálló megoldására,

- Decentralizált, kis szennyvíztisztítók üzemeltetésére,
- Szakreferenci feladatok ellátására önkormányzatoknál, szakhatóságoknál. stb.
- Projekt menedzseri feladatok ellátására.
- A szakirányú diploma igazolja a FIDIC jellegű ismeretek elsajátítását.
- A szakirányú továbbképzésben megszerzhető szakképzettség neve:
- Települési szennyvízgyógyászati szakmérnök

A képzés tanterve: <https://rkk.uni-obuda.hu/szakok/telepulesi-szennyvizgyogyaszati-szakmernok/>

Jelentkezési határidő: 2024. május 31.

Jelentkezni lehet írásban postai vagy online úton a következő címen:

Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar, Környezetmérnöki Intézet, 1034. Budapest, Doberdó u. 6., vagy online a jelentkezési lap és kért dokumentumok küldése a következő címre: bodane.rita@rkk.uni-obuda.hu

A jelentkezési lap letölthető: <https://rkk.uni-obuda.hu/szakok/telepulesi-szennyvizgyogyaszati-szakmernok/>

További információ 06-30-651-9852 telefonszámon, vagy az alábbi címen kérhető: bodane.rita@rkk.uni-obuda.hu

PÓTFELVÉTELI A NEMZETKÖZI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEMEN: NEMZETKÖZI VÍZPOLITIKAI ÉS VÍZDIPLOMÁCIAI SZAKÉRTŐ MESTERKÉPZÉS

Az NKE Víz tudományi Kar 2020-ban világszerte egyedülálló, angol nyelvű képzést indított a vízkormányzás (water governance) nemzetközi államtudományi (MA) szakterületén. A 2024/25 tanévtől a képzést a hallgatói igények és a nemzetközi elvárások figyelembevételével módosítottuk.

A három féléves gyakorlat-orientált MA program célja, hogy olyan szakembereket képezzen, akik a nemzetközi szervezetek, az uniós intézmények, a nemzeti köz- és államigazgatási szervek, valamint az önkormányzatok és vízügyi ágazat által igényelt vízügyi problémamegoldás területén jártasak. A képzési programot a természet- és társadalomtudományokon alapuló biztos elméleti tudás és a projektalapú csoportmunka bázisán alakítottuk ki; annak érdekében hogy a hallgatók képesek legyenek a vízpolitikai döntéselőkészítésre és konfliktus kezelésre. A tantárgyak és a teljes képzés közös szellemi háttérét a fenntarthatóság és az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás elveivel és gyakorlatával kapcsolatos horizontális rendszerszemléletű gondolkodás képezi.

A képzést nappali és levelező munkarendben egyaránt elindítjuk. A képzési program 5 azonos fontosságú és időtartamú, egymásra épülő modult tartalmaz:

Ismeretkör (modul)	Szemeszter	kreditérték	tantárgyak száma
1. Természettudományos, műszaki és vízügyi ismeretek	1. félév	15	3 db. kötelező, 1 db. választható
2. Fenntarthatósági és rendszerelméleti ismeretek	1.félév	14	3 db. kötelező, 1 db. választható
3. Közpolitikai és kormányzási ismeretek	2. félév	13	3 db. kötelező, 1 db. választható
4. Jogi és diplomáciai ismeretek	2. félév	14	3 db. kötelező, 1 db. választható
5. Konfliktuskezelési, probléma megoldási és kommunikációs ismeretek	3. félév	14	4 db. kötelező, 1 db. választható
Diplomatervezés, szakmai gyakorlat	2-3. félév	20	2 db. kötelező

Újdonsága a képzésnek, hogy az egyes modulok teljesítéséről (azaz, ha az adott modul valamennyi tantárgyából a hallgató megszerezte a krediteket) az Egyetem mikrotanúsítványt („Kék Bizonyítványt”) állít ki. A Kék Bizonyítvány a tárgyleírást és kreditértéket is tartalmazó olyan igazolás, amely a képzés adott moduljának elvégzése révén megszerzett tanulási eredményt tanúsítja.

A képzés során hallgatóink világhírű professzorokkal folytathatnak közös kutatásokat, bekapcsolódhatnak olyan nemzetközi projektekbe, mint pl. a UNESCO Chair on Water Conflict Management. Érdeklődő hallgatóink beléphetnek a Student's Science Club rendezvényeibe, ahol közvetlen tudományos dialógust folytathatnak az oktatók és a hallgatók.

További információk: <https://en.uni-nke.hu/faculties/faculty-of-water-sciences/degree-programs/ma-in-international-water-governance-and-water-diplomacy-in-english>

Kérdés esetén:

KOVÁCS Ágnes, Képzési koordinátor

email: Kovacs.Agnes@uni-nke.hu

Víz- és Környezetpolitikai Tanszék, NKE Víztudományi Kar

A pótfelvételi felhívás hamarosan a felvi.hu-n.!



Jövőbiztos hidraulika, kiváló hatékonyság

Grundfos SP6" bűvárszivattyú



www.grundfos.hu

GRUNDFOS 

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.



BIOSZÉP KFT.



Köszönjük az ágazat elkötelezett támogatását!

