

GYÓGYSZERMARADVÁNYOK, PESZTICIDEK ÉS MIKROMŰANYAGOK VESZÉLYEI ÉS ELTÁVOLÍTÁSI LEHETŐSÉGEI

GERENCSÉRNÉ BERTA RENÁTA, BÍRÓ ILDIKÓ, GALAMBOS ILDIKÓ

PANNON EGYETEM, SOÓS ERNŐ VÍZTECHNOLÓGIAI KUTATÓ-FEJLESZTŐ KÖZPONT

Kulcsszavak: antropogén anyagok, mikroszennyezők, gyógyszermaradványok, mikroműanyagok, peszticidek, eltávolítási lehetőségek

BEVEZETÉS

Napjainkban egyre többet hallunk a vizeinket veszélyeztető természetes és mesterséges szennyezőanyagokról. Mivel a vegyészet világa határtalan, így egyre több mesterségesen előállított anyag kerül a környezetünkbe, mely az élővilágra is hatást gyakorol. A vegyületek között vannak jótékony hatásúak, ill. vannak szennyezőanyagok. A jótékony hatású készítmények a lebomlás útján szintén az élővilág számára veszélyes anyagokká válhatnak. A gyógyszerek és a növényvédő szerekén kívül napjainkban egyre nagyobb figyelmet kapnak a természetbe juttatott műanyagok (mikroműanyagok).

Bár az ivóvízben a gyógyszermaradványok és a növényvédőszer-maradványok kis mennyiségben mutathatók ki, azonban a felszíni vizekben, szennyvizekben való előfordulásuk igazolt (még ha kis mennyiségben is). A mikroszennyezők (gyógyszermaradványok,

peszticidek, mikroműanyagok) jelenlétének hosszú távú hatása egyelőre nem igazolt. A problémát egyrészt az jelenti, hogy a szervezetből ürülő gyógyszerhatóanyagok részben metabolitjaik formájában hagyják el a szervezetet, így a vegyületek széles spektrumát kell vizsgálni, továbbá a mikroműanyagok tekintetében is széles vegyületcsaládot kell vizsgálni. Másrészt a szennyvíztisztítók a jelenleg alkalmazott technológiával nem képesek teljes mértékben eltávolítani a mikroszennyezőket. A megfelelő mértékű eltávolításhoz költséges beruházásokra van szükség. Továbbá a tisztítási technológiák alkalmazása során az eredetnél még veszélyesebb anyagok is kialakulhatnak.

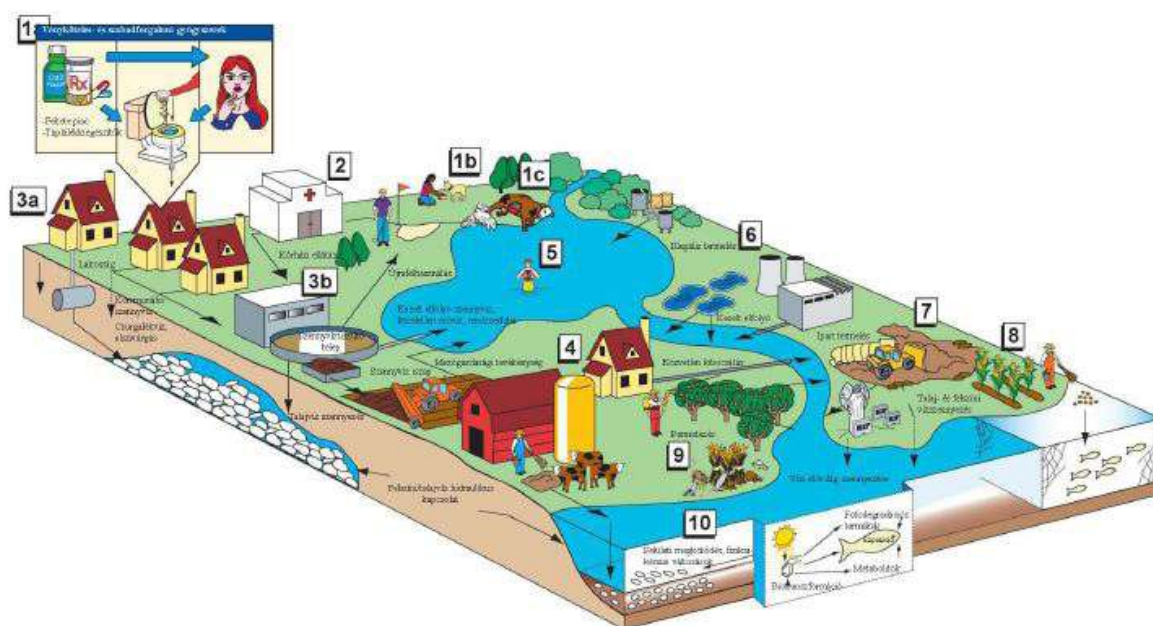
Mivel a mikroszennyezők nyomnyi mennyiségben fordulnak elő a vizeinkben, így a kimutatásuk nagyműszeres technikákkal lehetséges, melyek napjainkban már elérhetők.

Ezen technikákkal lehetőség van a ppm ill. a ppb mennyiségek kimutatására is, azonban nagyon költséges analitikai mérésekről van szó.

1. GYÓGYSZERMARADVÁNYOK

Az emberek által felhasznált gyógyszeremennyiség egy része a szennyvíztisztító rendszereken keresztül, más része pedig direkt módon a felszíni vizekbe kerül [Gerencsérné 2015]. A kutatások szerint rengeteg forrásból kerülhetnek be gyógyszermaradványok a vízbe (ld. 1. ábra) Ezek egyik útja az emberi vagy állati fogyasztáson, felhasználáson keresztül, ill. kiürüléssel a környezetbe kerül (pl. fájdalomcsillapítók, nem szteroid gyulladáscsökkentők, kábítószeres, kontrasztanyagok vagy fogamzásgátlók). A készítmények többnyire

kis molekulák, melyek a tisztított szennyvízen keresztül bekerülhetnek az ivóvízbázisba, így az élővizeinkbe kerülő gyógyszerszármazékok, hormonok hatással lehetnek egyed szinten a vízben élő szervezetekre, rendszer szinten pedig a táplálékláncokra [Colborn et al. 1993, Toppari et al. 1996]. A természetbe kijutó szteroidok egy részét az emberi és állati endokrin folyamatok bomlástermékei, míg más részét az orális fogamzásgátló tabletták hatóanyagának bomlástermékei, az ösztadiol szintetikus formája, az etinil-ösztadiol adja [Snyder et al. 2003]. A készítmények biológiai lebontása általában lassú, így azok bioakkumulálódnak, a természetes és szintetikus hormonok már kis koncentrációban (ng/L) hatással vannak a stabil ökoszisztémára [Gy. Papp et al. 2009].



1. ábra Gyógyszermaradványok eredete és sorsa a környezetben [www1]

Több tanulmány igazolta, hogy a kis koncentrációban (1 ng/L – 10 µg/L) előforduló gyógyszermaradványok, egy része nem távolítható el a mai szennyvíztisztítás során. A rendelkezésre álló adatok szerint [Preuss et al. 2001, Sacher et al. 2001, Mersmann et al. 2002], elsősorban az erősen poláris gyógyszermolekulák jutnak át a szennyvíztisztítási lépcsőkön

és még a parti szűrésű kutakból nyert ivóvízekben is kimutathatók [Teres et al. 1998, Zwiener et al. 2000, Heberer et al. 2002].

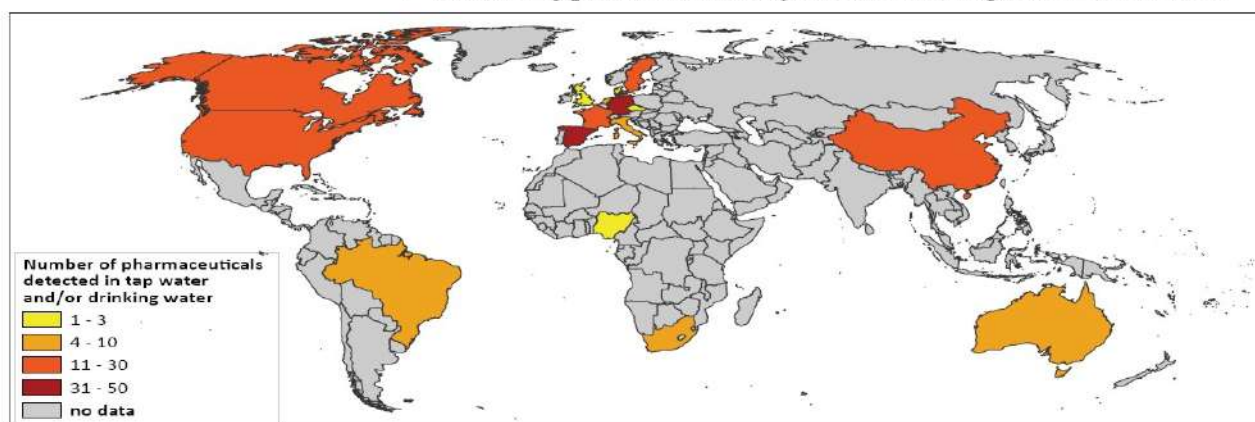
Néhány gyógyszerhatóanyag felszíni vízben kimutatott koncentrációját mutatja be az 1. táblázat, míg a 2. ábra ismerteti, hogy mely országokban mutattak ki gyógyszermaradványokat az ivóvízből.

1. táblázat:

Gyógyszerhatóanyagok koncentrációja a felszíni vizekben, Európában [www2, Helenkár et al. 2010]

komponens	átlagos (max.) koncentráció (ng/L)					
	Ausztria	Finnország	Franciaország	Németország	Svájc	Magyarország
Bezafibrate	20 (160)	5 (25)	102 (430)	350 (3100)	-	-
Carbamazepine	75 (294)	70 (370)	78 (800)	25 (110)	30 – 150	-
Diclofenac	20 (64)	15 (40)	18 (41)	150 (1200)	20 -150	20 – 931
Ibuprofen	-	10 (65)	23 (120)	70 (530)	-	4 – 110
Iopromide	91 (121)	-	7 (17)	100 (910)	-	-
Roxithromycin	-	-	9 (37)	<LOQ (560)	-	-
Sulfamethoxazole	-	-	25 (133)	30 (480)	-	-

Number of pharmaceuticals found in drinking water worldwide.



(Notes:

1. Caffeine is excluded, because although it is used in some pharmaceutical formulations, it is ubiquitous due to its presence in coffee and tea.

2. In addition, this map excludes drugs which are also used recreationally, and therefore, for example, cocaine and its metabolite, benzoylecgonine, are not included.)

(See IWW Water Centre 2014; <http://pharmaceuticals-in-the-environment.org>).

2. ábra Gyógyszer maradványok kimutatása az ivóvízben a világ egyes országaiban (2011. évi tanulmányban szereplő adatok)

A kis koncentráció (ng/L) kimutatását a napjainkban rendelkezésre álló érzékeny analitikai módszerek teszik lehetővé. Azonban a minta-előkészítés sokszor hosszadalmas, időigényes folyamat a rendkívül összetett és változó mátrix miatt, ami a teljes meghatározás legfőbb eleme. A kis mennyiségben előforduló komponensek mátrixból történő elválasztása után az érzékeny analitikai módszerek segítségével történhet az azonosítás és a mennyiségi meghatározás.

Egyelőre a gyógyszer- vagy hormonmaradványokra nincs határérték, mivel a jelenlegi tudományos bizonyítékok alapján nem alakult ki konszenzus a közegészségügyi kockázat szempontjából jelentős mennyiségre vonatkozóan. Az Európai Unióban is csak nemrégiben kezdték a legkritikusabb összetevők maximális koncentrációjának meghatározását. A környezetben előforduló hormonhatású anyagok előfordulását jelenleg kutatási céllal többek között ivóvízben is vizsgálják.

Magyarországon – ismereteink szerint – ilyen irányú, széles körű, megbízható vizsgálatok nem történtek. Jogszabályi kötelezettség hiányában a közegészségügyi hatóságok ilyen típusú rendszeres méréseket nem végeznek, nem csak Magyarországon, sehol a világon.

2. NÖVÉNYVÉDŐSZEREK (PESZTICIDEK)

A növényvédőszeret, vagyis a peszticideket gyomirtásra, rovarirtásra, továbbá gomba- ill. baktérium ellenes szerekként alkalmazzák a mezőgazdaságban. A Kormányrendelet a felszín alatti vizek jellegétől, valamint a peszticid vizsgálat eredményétől függően 5 illetve 10 évre írhatja elő a vizsgálat gyakoriságát, amennyiben ez idő alatt nem áll fenn szennyezés gyanúja. A hazai ivóvizekben azonban a peszticidek előfordulása rendkívül ritka, hiszen a nagy részüknek a környezetben le kell bomlania megakadályozva a környezetterhelést és a felhalmozódást. A peszticidek

3. ábra:

Különböző peszticid vegyületcsoportok

VEGYÜLETCSOPORT	PÉLDÁK	TOXIKUS HATÁSOK
Organoklór vegyületek (halogénezett szénhidrogének)	DDT, lindán, dieldrin, klordán	Karcinogén, hormon agonista, neurotoxikus
Organofoszfátok	Parathion, chlorpyrifos	Neurotoxikus, dermatotoxikus
Karbamátok	Malathion, aldicarb	Neurotoxikus, dermatotoxikus
Piretroidok	Cyfluthrin, permethrin, fenvalerate	Valószínűleg immunotoxikus és neurotoxikus, hormon agonista, antagonist
HERBICIDEK		
Dipyridyl	Paraquat, diquat	Pulmonális fibrózis
Egyéb	Atrazin, alaklór	Karcinogén

a légkörből, a különböző elfogyasztott növényekből és a vízből kerülhetnek az emberi szervezetbe, a környezetbe pedig az anyagok nem megfelelő kezeléséből, egyéb balesetekből (mezőgazdasági, ipari, kereskedelmi) juthatnak. Néhány előforduló peszticidet a 3. ábra szemlélteti.

Az EU 98/83/EK számú irányelvének 1. sz. melléklete ismerteti az ivóvízben maximálisan elfogadható koncentrációkat. Az irányelv szerint ez az érték hatóanyagonként

0,1 µg/L, míg az összes növényvédő szer koncentráció max. 0,5 µg/L lehet. Az ivóvízre vonatkozó 201/2001. (X.25.) Korm.rendelet ezt az irányelvet alapul véve és követve az összes peszticidre 0,50 µg/L, az egyes egyedi peszticidekre 0,1 µg/L, ill. az aldrin, dieldrin, heptaklór és heptaklór-epoxid vegyületekre (egyenként) 0,030 µg/L határértéket határoz meg [Solymosné 2006].

Az ivóvízre vonatkozó követelmények meghatározzák a felszíni vizekre vonatkozó elvárásokat is. A 10/2000 (VI.2.) Köm-EüM-FVM-KHVM együttes rendelet tartalmazza a vonatkozó határértékeket.

A felszíni vizek minőségére vonatkozó előírásokat az MSZ 12749:1993 szabvány írja elő, mely a felszíni vizeket különböző vízminőségi osztályba sorolja, így annak függvényében adja meg a határértékeket.

3. MŰANYAGOK (MIKROMŰANYAGOK)

A műanyagokat széles körben alkalmazzák kitűnő fizikai és mechanikai tulajdonságaik miatt napjainkban. Ennek a ténynek

köszönhetően évente több, mint 300 millió tonna műanyagot termelünk a világban (2015: 322 Mt, 2016: 335 Mt [Plastics Europe Market Research Group (2017)]), ebből Európában évente 60 Mt-át (2016). A felhasznált műanyagoknak mindösszesen kevesebb, mint 10 %-a kerül újra felhasználásra. Ennek a ténynek a megváltoztatása szemléletváltoztatással lehetséges. Ma már egyre több kezdeményezés indul el a műanyagok felhasználásának csökkentése irányába.

Napjaink kutatása szerint emberek milliárdjai isznak világszerte műanyag részecskékkel szennyezett ivóvizet – világszerte a vizsgált minták 83%-ban találtak 5-20 µm közötti műanyagot [www3]. A műanyag mikroszálak átlagos darabszáma egy 0,5 literes amerikai vízmintában 4,8; míg európaiban 1,9. A természeti erők, eróziók révén a környezetbe kerülő műanyagok aprózódásával, bomlásával keletkező mikroműanyagok (méretüket tekintve kisebbek, mint 5 mm) egyre nagyobb veszélyt jelentenek az emberiségre.

A műanyagok számtalan úton kerülhetnek a környezetbe. Többek között a felhasznált szintetikus ruhák mosásával egyre több apró szemcse morzsolódik le, valamint a mikrogöngyöket tartalmazó kozmetikumok egy része, melyek a bőrt hivatottak radírozni, szintén szintetikus műanyagot tartalmaznak. A legnagyobb mennyiségben azonban a felhasznált műanyagpalackok okozzák a mindennapos veszélyt. Ezen palackok, nem csak a környezetbe juttatva és abból aprózódott mikroműanyagok révén jelentenek veszélyt, hanem a belőlük kioldódó veszélyes anyagok miatt. A leggyakrabban felhasznált

komponensek a polietilén (PE), polipropilén (PP), polivinilklorid (PVC) és a polietilén-tereftalát (PET).

Az eddigi kutatásokat figyelembe véve nem csak a vízi élőlényekben fordulnak elő mikroműanyagok, hanem Kínában már tengeri só mintában is találtak, Németországban palackozott sörben. A Wessling dolgozói magyarországi vonatkozásban foglalkoznak a mikroműanyagok kérdésével [Bordós et.al. 2016]. Ezen tanulmányban ismertetik a lehetséges előfordulást, a táplálékláncban elfoglalt helyüket, valamint a kockázatukat ill. az élőlényekre gyakorolt hatását. Ismertetésre kerül egy mintavételi módszer, amely után lehetőség nyílik a mikroszennyezők későbbi azonosítására. A Parányi Plasztiktalány Projekt (PPT-Projekt) keretében 2017-ben felmérték a Tisza és a Tisza-tó (5-23 db / 1 m³ felszíni víz), az idén (2018-ban) pedig a Duna mellékfolyóit, az Ipoly, a Rába, a Bükkös patak és a Duna mikroműanyag szennyezettségét. Az Ipolyban köbméterenként 1,7, míg a Rábában 12,1 mikroműanyagot azonosítottak [www4]. További vizsgálatok várhatók a szennyezettség felderítése érdekében.

A szabályozást tekintve egységes törvényi előírás még nem létezik. Kezdeményezések ill. indítványozások vannak, úgy, mint műanyag-csomagolásnak újrahasznosíthatónak kell lennie 2030-ra az Európai Unióban; csökkenteni kell az egyszer használatos műanyagok felhasználását az Európai Bizottság (EB) szerint; 2018-ban egységes műanyagstratégiát kell kialakítani az EU-ban.

4. JAVASLATOK A MIKROSZENNYEZŐDÉSEKKEL KAPCSOLATBAN

Mivel jelenleg még az országok fejlettségét tekintve nem a mikroszennyezők eltávolítása áll az elsődleges középpontban, érdemes lenne a hangsúlyt a szennyezők mennyiségének csökkentésére fordítani.

A gyógyszermaradékok, peszticidek tekintetében a szennyezők mennyiségi csökkentésének segítségével az alábbiak szerint valósítható meg:

- a gyógyszergyárak maguk igyekezzenek olyan termékeket előállítani, melyekben egyre kevesebb legyen a szennyező anyag, vagy biológiailag lebontható legyen
- egy új gyógyszer engedélyezésénél figyelembe kell venni annak későbbi esetleges hatását az ivóvízre
- a gyógyszer csomagolásánál tájékoztatni kell a felhasználót annak ivóvízre gyakorolt lehetséges hatásáról
- egyéb ipari tevékenységeknél a kórokozók kibocsátásának akadályozása, csökkentése. Tekintettel arra, hogy ilyenkor a szennyező anyag koncentráció lényegesen magasabb, mint a tisztított szennyvízben, a visszatartás sokkal hatékonyabb
- a mezőgazdaságban minden eszközt fel kell használni a növényvédőszeres, az állatorvos által alkalmazott gyógyszerek, és a mikroszennyezőket tartalmazó trágyák felhasználási mennyiségének csökkentésére

- innovatív terápia receptek (pl. lassító eljárások) alkalmazása, a kórházi szennyvizek elkülönített kezelése

A mikroműanyagok tekintetében pedig nagy szerepe lenne a szemléletformálásnak. Ne használjunk feleslegesen egyszer használatos műanyag tároló eszközöket (nylon zacskó, műanyag PET palackos ásványvíz, stb...), valamint gondoskodni kellene a műanyagok nagyobb mértékben történő újrahasznosításáról.

Nem csak a gyártók felelőssége a különböző szennyezőanyagok környezetbe való jutása, hanem a felhasználók felelőssége is. Az alábbiakban összegeztünk néhány megfontolandó gondolatot a szennyezőanyagokkal kapcsolatban:

- a gyógyszerekből az orvostól kisebb mennyiséget tartalmazó csomagolásokat kérjenek. Ilyen módon kevesebb lesz a nem felhasznált gyógyszer.
- a felesleges gyógyszert ne csapvíz segítségével juttassák a csatorna hálózatba, hanem:
 - szemétben, amennyiben a település vagy a körzet szemete elégetésre kerül,
 - gyógyszertárban, amennyiben azok átveszik. Az átvételt a hatóságoknak minél több gyógyszertárnak elő kell írni,
 - káros anyagokat gyűjtő helyen.

Egyedül Budapesten 20 tonna gyógyszer kerül a Dunába évente!

- Ne használjunk mikroműanyagot tartalmazó kozmetikumot, maradjunk a természetes anyagoknál.
- Kerüljük a műszálás, mikroszálas ruha vásárlását és viselését.
- A szívószál és a bevásárlószatyor használatát kerüljük (magyarországi vendéglátóhelyek évente annyi szívószálat használnak el, mint amennyi a Föld területének két és félszerese).

A témával kapcsolatos döntéshozók és érdekeltek részére bizonyos időközönként találkoztatást kell szervezni a gyógyszermaradványokkal, növényvédő szerekkel való környezet szennyezés csökkentése érdekében (mikroműanyagok tekintetében már elindultak az egyeztetések), amelyben érdekeltek a kormányzat, a hatóságok, a gyártók, orvosok, állatorvosok, mezőgazdasági képviselők, kutatók, környezettel és egészséggel foglalkozó nem kormányzati szervezetek.

Mindenfajta tájékoztatás fontos a szakemberek és a közönség bevonása céljából, melyek megvalósíthatók szimpóziumok, konferenciák, sajtó, televízió, szórólapok, szakcikkek segítségével.

Továbbá minden olyan szakmai kezdeményezést, újítást támogatni célszerű (esetleg anyagilag is), mely a tisztított szennyvíz nyomelem szennyezőinek lebontását vagy eltávolítását hatékony módon, kis beruházási és üzemeltetési költséggel meg tudná valósítani.

5. A MIKROSZENNYEZŐK ELTÁVOLÍTÁSI LEHETŐSÉGEI

A gyógyszermaradványoknak, peszticideknek a nem kielégítő szennyvízkezelés során van jelentősége, illetve akkor, ha az ivóvizet ugyanabból a forrásból nyerik, ahová a kezelt szennyvizet vezetik (parti szűrésű kutak esetében az ivóvizet a természetes vizekből kapjuk). A szennyvízkezelés során számos tisztítási formát alkalmaznak, úgy, mint fizikai, kémiai és biológiai módszerek. A legtöbb szennyvíztisztító telepen alkalmazott módszerek nem alkalmasak a kis mennyiségű (ng/L) gyógyszermolekulák eltávolítására. A biológiai

szennyvíztisztítás során felhasznált baktériumtörzsek a gyógyszer metabolitokat is elbonthatják, így az eredeti hatóanyag ismét megjelenhet a tisztított vízben. Több nemzetközi tanulmányban megfogalmazták, hogy a tisztított szennyvízzel általában 100 – 3500 ng/L egyedi koncentrációban kerülnek a folyókba a különböző gyógyszervegyületek és egyéb vegyi anyagok, majd a környezeti vizekben kb. tízszeresre hígulnak. Ezen anyagok közül a természetes és mesterséges szteroidok környezetkárosító hatása bizonyított [www5].

2. táblázat:

Gyógyszerhatóanyagok eltávolítási hatásfoka különböző technológiákkal szennyvízből
[Pharmaceuticals in drinking water, WHO, 2012]

hagyományos módszerek	eltávolítási tartomány (%)	vízforrás
eleveniszap	11 – 99	nyers szennyvíz
biológiai szűrés	6 – 7	kezelt szennyvíz
elsődleges kezelés	3 – 45	nem specifikált
koaguláció, szűrés, ülepítés	5 – 36	nem specifikált
homokszűrés	0 – 99	eleveniszap szűrlet
fejlettebb módszerek		
ozonizálás	1 – 99	eleveniszap szűrlet
ozonizálás/ultrahang és szonokatalízis	3 – 45	nem specifikált
ozonizálás és katalitikus ozonizálás	> 9 – 100	nem specifikált
UV besugárzás	29	nem specifikált
Fotolízis	52 – 100	nem specifikált
biomembrán	23 – 99	kezelt szűrlet
mikroszűrés és fordított ozmózis	91 – 100	másodlagos kezelt szűrlet
fordított ozmózis	62 – 97	másodlagos kezelt szűrlet
ultrahang	24 – 100	nem specifikált

3. táblázat

Gyógyszerhatóanyagok eltávolítási hatásfoka különböző technológiákkal ivóvízből [Pharmaceuticals in drinking water, WHO, 2012]

módszerek	eltávolítási tartomány (%)
Fordított ozmózis	> 99
Koaguláció	24 – 72
Nanoszűrés	> 98
Ultraszűrés	< 30
O ₃ /Koaguláció/Ülepítés/Cl ₂	100
GAC (granulált aktív szén)	100

A szennyvíztisztítás során számos technológia áll rendelkezésre, mely képes a különböző szennyezőanyagok eltávolítására (ld. 2. táblázat és az ivóvízből (ld. 3. táblázat) (WHO összeállítás).

Több tanulmány is beszámol arról, hogy az egyes technológiák milyen hatékonysággal tudják eltávolítani a különböző vizekből a mikroszennyezőket, pl. Huerta-Fontela és munkatársai [Huerta-Fontela 2008], valamint Boleda és munkatársai [Boleda et al. 2011] különböző technológiai sorokat ismertettek a mikroszennyezők eltávolítására. A jelenleg is meglevő vizsgálatok mellett további kutatások szükségesek, hogy egy a valóságban is megvalósítható, költséghatékony víztisztítási lépés beépülhessen a vízművek ivóvíz-előke-szítő rendszerébe.

A mikroműanyagok eltávolítására számtalan lehetőség áll rendelkezésre. A hagyományos homokszűrő mechanikai szűrőként üzemel, mellyel a mikroműanyagok egy része eltávolítható. Az irodalomban vizsgált technológiák közül (membránbioreaktor, korongszűrő, homokszűrő, oldott levegős flotálás (DAF), biológiai gázasító szűrés (BAF)) a membránbioreaktor bizonyult a leghatékonyabbnak (99,9% eltávolítási hatékonyság) egyes vizsgálatok alapján [Talviti et al. 2017]. Vizsgálták továbbá az elektrokoagulációs technológia hatékonyságát a mikrogyöngyök eltávolítására vonatkozóan, melyre 98 % feletti hatékonyságot sikerült elérniük [Perren W et al. 2018]. Bár laboratóriumi körülmények között számtalan technológiát vizsgáltak a mikroszennyezők eltávolítására vonatkozóan, azonban napjainkig egyetlen költséghatékony technológia sem került megvalósításra. Keressük továbbra is a hatékony és olcsó megoldást ezen szennyezőanyagok eltávolítására vonatkozóan.

IRODALOMJEGYZÉK

- Boleda M.R., Galceran M.T., Ventura F (2011): Behavior of pharmaceuticals and drugs of abuse in a drinking water treatment plant (DWTP) using combined conventional and ultrafiltration and reverse osmosis (UF/RO) treatments. *Environmental Pollution* 159 1584
- Bordós G, Reiber J (2016): Mikroműanyagok a környezetben és a táplálékláncban, Élelmiszervizsgálati Közlemények, LXII. évf., 2. szám
- Colborn T, Vom Saal FS, Soto A (1993): Developmental effects of endocrine-disrupting chemicals in wildlife and humans *Environ. Health Perspect* 101 (5): 378-384.
- Gerencsérné Berta Renáta, Rácz Gábor, Galambos Ildikó (2015): Gyógyszermaradványok eltávolítása különböző típusú vizekből, Szennyvizek és szennyvíziszapok hasznosítása a régió fenntartható mezőgazdaságáért 21
- Gy. Papp Zsuzsanna, J. Sándor Zsuzsanna, Kosáros Tünde, Hegedűs Réka, B. Csávás Katalin, Kiss-Horváth Ágnes (2009): Gyógyszerek és maradványaiknak lehetséges hatásai és kimutatási lehetőségei vízi környezetben Halászatfejlesztés 32 – Fisheries & Aquaculture Development 32:65-71
- Heberer Th.; Reddersen K.; Mechlini A (2002): From municipal sewage to drinking water: fate and removal of pharmaceutical residue in the aquatic environment in urban areas *Water Sci. Technol.* 46, 81-88.
- Helenkár A, Sebők Á, Záray G, Molnár-Perl I, Vasánits-Zsigrai A (2010): The role of the acquisition methods in the analysis of the non-steroidal anti-inflammatory drugs in Danube River by gas chromatography-mass spectrometry. *Talanta*, 82 600
- Huerta-Fontela Mm, Galceran MT, Ventura F (2011): Occurrence and removal of pharmaceuticals and hormones through drinking water treatment. *Water Research* 45 1432
- Inreiter N, Humer MF: Monitoringprogramm von Pharmazeutika und Abwasserindikatoren in Grund- und Trinkwasser Forschungsprojekt – Endbericht, Juni 2015
- Karl P, Martin E.J., Börgers A. und Türk J (2013): Entwicklung eines Verfahrens zur weitergehenden Reinigung von kommunalem Abwasser bis zur Trinkwasserqualität mittels Aktivkohle-Festbettbiologie und UV-Oxidation, Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt 1-52
- Kreuzinger N, Schaar H (2011): Ozonation of tertiary treated wastewater – a solution for micro pollutant removal?, *Advanced water supply and waste water treatment: A road to safer society and environment* 131-146
- Mersmann P; Scheytt T; Herberer Th (2002): Column experiments on the transport behaviour of pharmaceutically active compounds in the saturated zones *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 30, 275-284.
- MSZ 12749 számú magyar szabvány
- Perren W, Wojtasik A, Cai Q (2018): Removal of Microbeads from Wastewater Using Electrocoagulation, *ACS Omega* 3, 3357-3364
- Pharmaceuticals in drinking water, WHO, 2012
- Plastics Europe Market Research Group (2017)
- Preuss G; Willme U; Zullei-Seibert N (2001): Behaviour of some pharmaceuticals during artificial groundwater recharge – Elimination and effects on microbiology *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 29, 269-277.
- Sacher F; Lange FT; Brauch JJ, Blankenhorn I (2001): Pharmaceuticals in groundwaters analytical methods and results of a monitoring program in

Baden-Württemberg, Germany. J.Chromatogr. 938, 199-210

Snyder SA, Westerhoff P, Yoon Y, Sedlak DL (2003): Pharmaceuticals, personal care products, and endocrine disruptors in water: implications for the water industry Environ. Engineering Sci. 20 (5):449-469

Solymosné Majzik Etelka (2006): Növényvédő szer hatóanyagok koncentrációjának meghatározása különböző SPE módszerek alkalmazásával felszín alatti és felszíni vízmintákból, PhD értekezés

Talviti J., Mikola A, Koistinen A, Setälä O (2017): Solutions to microplastic pollution - Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies, Water Res. 123, 401-407

Ternes TA (1998): Occurrence of drugs in German sewage treatment plants and rivers Water Res. 32, 3245-3260.

Toppari J, Larsen JC, Christiansen P, Giwercman A, Grandjean P, Guillelte LJ, Jégou B, Jensen T K, Jounnet P, Keiding N, Leffers H, McLachlan JA, Meyer O, Müller J, Rajpert-De Meyts, Scheike T, Sharpe R, Sumpter J, Skakkebaek N E (1996), Male reproductive health and environmental xenoestrogens Environ. Health Perspect. 104 (4): 741-803

Várszegi Cs: Nyomelemek és ivóvíz biztonság, Országos Hidrológiai Vándorgyűlés, Szombathely, 2015. július 1-3., előadás

Zwiener C; Glauner T; Frimmel FH (2000): Biodegradation of pharmaceutical residues investigated by SPE-GC/ITD-MS MS and on-line derivatization J. High Res. Chromatogr. 23, 474-478

www1:<http://www.epa.gov/ppcp/pdf/drawing.pdf> (2017.09.04.)

www2:http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/pharmaceuticals_20110601.pdf (2017.09.04.)

www3: <https://hulladekmentes.hu/2017/09/06/muanyaggal-szennyezett-ivoviz/>

www4: https://mikromuanyag.hu/#go_mikromeres

www5: <http://felsofokon.hu/orvos-es-egeszsegtudomany/gyogyszermaradvanyok-az-ivovizben/>

