

SZEPESI-BENCSIK Dóra¹**Abstract**

Water is the basis of our existence, not just in a biological sense. The development of mankind and the formation of civilizations have been greatly influenced by water, as in addition to the production of food, it has played and continues to play a major role in transportation and trade. Due to the large-scale development and industrialization, it is becoming increasingly difficult to obtain drinking water of the right quality. Due to urbanization, certain bodies of water enter particularly large amounts of pollutants that are very diverse in terms of their chemical nature. These xenobiotics and their degradation products have adverse effects on aquatic and terrestrial ecosystems and may pose a risk to human health. Through the water cycle, they can enter drinking water bases and from there into the consumer glass, or the food, through food industry, which uses a lot of drinking water. The conservation of drinking water supplies is therefore of paramount importance for the future of humankind.

Keywords

drinking water, health, future, pollution, xenobiotics

Absztrakt

Létezésünk alapja a víz, nem kizárólag biológiai értelemben. Az emberiség fejlődését, a civilizációk kialakulását nagyban befolyásolta a víz, hiszen az élelmiszerek előállításán kívül a szállítmányozásban, kereskedelemben is nagy szerepe volt és van napjainkban is. Pont a nagymértékű fejlődésnek, iparosodásnak köszönhetően egyre nehezebb megfelelő minőségű ivóvízhez jutni. Az urbanizációnak köszönhetően bizonyos víztestekbe különösen nagy mennyiségű, kémiai természetűeket tekintve igen változatos szennyezőanyagok jutnak be. Ezen xenobiotikumok, valamint bomlástermékeik káros hatással vannak a vízi és szárazföldi ökoszisztémákra, valamint az emberi egészséget is veszélyeztethetik. A víz körforgásán keresztül bekerülhetnek az ivóvíz bázisokba, onnan pedig a fogyasztók poharába, vagy az élelmiszeriparon, mely iparág rengeteg ivóvizet használ fel, keresztül a tényérjukra. Kiemelten fontos tehát az emberiség jövőjének szempontjából az ivóvíz készletek megóvása.

Kulcsszavak

ivóvíz, egészség, jövő, szennyezés, xenobiotikumok

¹ bencsikd@mk.u-szeged.hu | ORCID: 0000-0002-9301-0173 | college associate professor, University of Szeged, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering | főiskolai docens, Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar, Élelmiszermérnöki Intézet

BEVEZETÉS

Az emberiség fejlődését kezdetektől meghatározta a víz jelenléte, hiszen létezésünk alapja a víz. Azonban a biológiai igények kielégítése mellett elődeink rájöttek, hogy a víznek számos más tulajdonságát is ki tudják használni. A mezőgazdálkodás, élelmiszertermelés kialakulásának hajnalán öntözni kezdtek vele, majd később a megtermelt javakat szállították a vízi útvonalakon, megindult a kereskedelem. Nem meglepő tehát, hogy az elmúlt korok nagy civilizációi a természetes vízforrások közelében alakultak ki. A víznek napjainkban is meghatározó szerepe van, hiszen az élelmiszertermelés mellett továbbra is a közlekedés, szállítmányozás és kereskedelem fontos színterei a különböző természetes vizek. Ahogy azt láthatjuk az emberiség fejlődése az elmúlt néhány évszázadban, vagy talán inkább évtizedben óriási méreteket öltött. Ezzel párhuzamosan az energia és különböző megtermelt javak iránti is. A nagymértékű iparosodásnak, a helyenként tapasztalható erőteljesen túlfogyasztásnak és a környezetünkbe jutó kemikáliáknak köszönhetően egyre nehezebb megfelelő minőségű, és sok helyen megfelelő mennyiségű ivóvízhez jutni, hiszen a Föld vízkészleteinek csak egy kis része alkalmas potenciálisan emberi fogyasztásra.

A bolygón lévő víz mennyiségét 1,4 milliárd köbkilométerre becsülik, melynek mindösszesen 0,003%-a használható fel ivóvízként, mezőgazdasági és ipari célokra, valamint a higiéniai szükségletek kielégítésére. Amennyiben a népesség a mostani ütemben növekszik tovább, azt prognosztizálják, hogy 2030-ra nem biztos, hogy lesz elegendő víz az emberiség fenntartásához, az élelmiszer igények kielégítéséhez. Ezen iparághoz ugyanis hatalmas számok kapcsolódnak a vízfogyasztás tekintetében is. A FAO (Egyesült Nemzetek Élelmiszerügyi és Mezőgazdasági Szervezete) által készített felmérés szerint minden egyes kilogramm gabona előállításához 1000-3000 liter vízre van szükség, míg az egy ember által, naponta átlagosan elfogyasztott élelmiszer előállításához hozzávetőleg 2000-5000 liter víz szükséges [1].

A vízhiány, illetve az ivóvizek nem megfelelő higiéniai állapota a főként a fejlődő országok lakosságát fenyegeti. Sajnálatos módon olyan, főként ivóvízzel terjedő betegségek szedik áldozatainak, mint a kolera és a hastífusz. A 0-5 év közötti korosztályba tartozó gyermekek esetén évente körülbelül 900 millió, hasmenéses tünetekkel járó megbetegedést tulajdonítanak a szennyezett ivóvíz fogyasztásának, és sajnos 1,5- 1,8 millió gyermek halálát okozzák ezek a kórképek [2].

A fejlett országokban egészen más tényezők veszélyeztetik az ivóvizek minőségét. Itt a megfelelő mennyiségű ivóvíz rendelkezésre áll, sőt, ivóvíz pazarlásról is beszélhetünk. A veszélyforrások főként a modern életvitelhez, a nagymértékű iparosodáshoz köthetők. Az ipar egy jelentős szegmense az agrifood szektor, mely magában foglalja az élelmiszer alapanyagok termelését, valamint az élelmiszeripari feldolgozást is. Ezen iparág hatalmas vízigénnyel rendelkezik, hiszen a növényi és állati eredetű alapanyagok megtermeléséhez, majd feldolgozásához is rengeteg víz szükséges. Emellett a legnagyobb szennyezők közé tartoznak, hiszen számos növényvédőszer, műtrágyát, állatgyógyászati készítményt alkalmaznak, az élelmiszeripar pedig rengeteg szennyvizet termel.

A problémakör vizsgálatánál nagyon fontos figyelembe venni azt a tényt, hogy bolygónk, ezen belül a víz körforgása is egy zárt rendszer. Ennek következtében nem juttathatunk ki büntetlenül káros anyagokat a környezetünkbe, hiszen előbb vagy utóbb, de a poharunkba vagy az asztalunkra kerül. A víz körforgása különösen érzékeny rendszer, és

sajnos alkalmas a szennyezések nagy távolságokra, vagy akár nagy mélységekbe való eljuttatására, így egy lokális problémából könnyen akár transzkontinentális, akár globális probléma lehet, ahogy azt már láthattunk több alkalommal és megfigyelhetjük napjainkban is, például a műanyagszennyezés tekintetében.

A téma komplexitását tovább növeli, hogy több tízezer vegyületet használ az emberiség az élet számos területén, így ezek a háztartásokból, a mezőgazdasági tevékenységekben, a nehéz- és könnyűiparból, a közlekedésből és a vegyiparból, beleértve a gyógyszeripart, kikerülhetnek és ki is kerülnek a környezetbe. Ezek az anyagok vagy a levegőből kiülepedve vagy kimosódva, esetleg a talajba bemosódva, vagy a kommunális szennyvízzel elérik a természetes vízforrásokat, amik aztán ivóvízbázisunk alapját is adják.

Előljáróban fontos megjegyezni, hogy ivóvízbázisaink egy része felszíni, míg más része a felszín alatti vízforrásokból áll. Főként a felszíni vízforrások vannak kitéve különféle szennyező ágenseknek, a problémát pedig csak súlyosbítja, hogy ezen vízbázisok maguk is élő rendszerek, tartalmaznak oldott anyagokat, valamint oldott szerves anyagot (DOM- *dissolved organic matter*), melynek nagy szerepe lesz az ivóvíz minőségét illetően.

VÍZTISZTÍTÁSI MELLÉKTERMÉK VEGYÜLETEK

Ahogy a bevezetésben már szóba került, a fejlődő országokban még napjainkban is hatalmas problémát jelent a kórokozókkal kontaminálódott ivóvíz. A fejlett országokban ez nem jelent gondot, hiszen modern (?) és hatékony víztisztítási, vízfertőtlenítési rendszereket alkalmazunk. Ezen technológiák kétségtelen előnye a mikrobák elpusztítása, ám a felhasznált, többnyire erősen reaktív fertőtlenítő szerek (klór, klór-dioxid, UV, ózon) reakcióba léphetnek a nyers vizekben található szerves anyagokkal. Ezen reakció termékeket nevezi a szakirodalom víztisztítási, vagy vízfertőtlenítési melléktermék vegyületeknek (DBP- *disinfection by-product*). 1974-es felfedezésük [3] óta több, mint 600 anyagról derült ki, hogy a vízkezelés során keletkezik [4]. Ezen anyagok veszélye nem az akut, inkább a krónikus problémákban rejlik, hiszen igen kis mennyiségben található meg az ivóvízben, ám csapvízként, vagy ételünk összetevőjeként napi rendszerességgel visszük be azokat a szervezetünkbe, de akár zuhanyzás közben, apró cseppek formájában közvetlenül a tüdőbe kerülhetnek [5]. Ezen anyagok kialakulásában a DOM mellett szerves szennyezők, mint a jodid és bromid ionok is szerepet játszhatnak. Ezek a felfedezések nagy visszhangot váltottak ki a tudományok közéletben.

Mivel azonban számos vegyület tartozik a DBP-k csoportjába, melyeknek napjainkig csak egy része került górcső alá a toxikológiai vonatkozások tekintetében, így lehetetlen minden anyagra egészségügyi határértéket meghatározni. Más vegyületcsoportokhoz hasonlóan a DBP-k esetében is jelző vegyületeket határoztak meg és az egyes nemzetek és közösségek (USA, EU, WHO) a vízminőségi követelmények részévé tették ezen vegyületek mennyiségének alacsony szinten tartását. A szabályozás alá nem eső DBP-k közül számos anyagot vontak már be *in silico* hatásmechanizmus elemzésbe, mellyel nagy biztonsággal következtethetünk egy anyag potenciális káros hatásaira, hatásmechanizmusára. Ezen vegyületek között szerepelnek jódos savak, jodo-trihalometánok, halopirrolok, halokinonok, bromo-nitrometánok, haloaldehidek és más csoportok is [6].

Az emberiség napjainkban rengeteg gyógyszer hatóanyagot használ, melyek kikerülnek a természetes vizeinkbe a kommunális szennyvizekkel. Ilyenek például a hormonális fogamzásgátlók, csonttritkulás elleni szerek, valamint mennyiségülete tekintve a legtöbbet

alkalmazott fájdalomcsillapító, gyulladáscsökkentő szerek és antibiotikumok, melyek szintén képesek reakcióba lépni a fertőtlenítésre használt klór vegyületekkel [7] [8].

A DBP-eket, különös tekintettel a klórozás hatására kialakultakat, összefüggésbe hozzák daganatos megbetegedésekkel, ám az epidemiológiai kutatások eredményei eddig a húgyhólyagrak esetében tekinthetők kellően alátámasztottnak [9]. Számos, szabályozás alá eső, tehát egészségügyi határértékkel rendelkező THM vegyületről bebizonyították már, hogy laboratóriumi állatokon végzett kísérletek alapján DNS károsító hatásúak, ennek következtében karcinogén hatásúak lehetnek. Továbbá a bróm-tartalmú vegyületek citotoxikusak [10]. A HAA (haloecetsav) vegyületcsoportba tartozó anyagok közül is számos mutagénnek és citotoxikusnak bizonyult, ezen vegyületek esetén a brómozott származékok toxikusabbak a klórozott származékoknál [11].

MIKROMŰANYAGOK

A mikroműanyagok a makroműanyagok aprózódásából alakulhatnak ki, egyes kozmetikumok, például szemcsés kozmetikai termékek (bőrradírok, tusfürdők, fogkrémek, kéz-tisztító szerek) összetevőjeként, de akár poliészter és egyéb szintetikus anyagból készült ruhák mosása és szárítása során is kikerülhetnek a környezetbe. A mikroműanyag részecskék képesek fizikai károsodásokat okozni (a béltraktus és az emésztőrendszer károsodása), illetve kémiai veszélyforrásként is tekinthetünk rájuk. Egyrészt a műanyag részecskékből kioldódhatnak olyan vegyületek (ftalátok, poliklórozott bifenilek (PCB)), melyek közvetlen egészségkárosító hatást fejthetnek ki, másrészt a részecskékhez kötődhetnek szennyező anyagok is. Ezek közül kimutatták poliklórozott bifenilek (PCB), továbbá policiklusos aromás szénhidrogének (PAH), és dikolo-difenil-trikoloetán (DDT) jelenlétét is [12].

A 2000-es évek elején a tudományos közlemények döntően a mikroműanyagok környezeti hatásaival foglalkoztak [13] [14] [15], viszont az utóbbi 10 évben a kutatók egyre nagyobb figyelmet szentelnek a mikroműanyagok humán egészségügyi vonatkozásainak. A PE (polietilén) és PP (polipropilén) részecskéket tartalmazó arcápolási és tisztálkodószerek hosszútávú alkalmazása bőrkárosodáshoz vezet [16], az emésztőrendszeren keresztül a szervezetbe került részecskék kromoszómakárosodáshoz vezethetnek, melyek növelik a rák, az elhízás a meddőség kockázatát [17]. A részecskékről leoldódó, illetve kioldódó, ösztrogén-szerű hatást kifejtő anyagok pedig növelik az emlőrák és egyéb, ösztrogénhez köthető megbetegedések kockázatát.

Hiányoznak a szabványosított mintavételi és elemzési módszerek, így még ha a vizsgálatok száma növekszik is, a mikroműanyagok eloszlását ezen eredmények alapján nagyon nehéz világszinten értékelni. A különböző kutatócsoportok eltérő megközelítéseket és eljárásokat alkalmaznak mind a mintavételezés, mind pedig az analitikai vizsgálatok tekintetében, így az eredmények gyakran nehezen összehasonlíthatóak. További kérdéseket vet fel a mikroműanyagok szerkezeten belüli viselkedése, valamint a nanométeres méret-tartományba tartozó műanyagok témaköre, hiszen ezek hatásáról rendkívül keveset tudunk, ám fizikai paramétereik képessé teszik azokat a szervezetbe való akadálytalan bejutásra és akár felhalmozódásra is.

A kutatások jelentős része a tengerekben jelenlévő mikroműanyagokra fókuszál, ám az édesvizekben is bizonyítható a jelenlétük, így az élelmiszer előállítás (öntözés, halgazdálkodás), vagy akár az ivóvízen keresztül is bekerülhetnek a táplálékláncba. Hazai

vizekben, természetes vízfolyásokban és halastavakban, valamint azok üledékében is vizsgálták már a mikroműanyag részecskék jelenlétét. Az elemzett 13 vízmintából 12, míg 12 üledékmintából 9 mikroműanyaggal szennyezett volt. A mintákban polietilén (PE), polipropilén (PP), polisztirén (PS), politetrafluoroetilén (PTFE), poliakrilát (PA) és poliészter (PES) polimereket mutattak ki [18].

A HAZAI IVÓVIZEK HELYZETE

Hazánkban többféle nyersvíz bázis érhető el. A választott vízkezelési technológia mindig az adott vízbázisból nyerhető nyersvíz minőségéhez igazodik.

A lakossági vízellátás alapjául főként a rétegvizek szolgálnak, az ivóvíz ellátás több, mint 40%-át adják. A felszín felől érkező szennyezéseknek kevésbé vannak kitéve, ám a felszín közeli rétegekre olykor jellemző a nitrát tartalom és a bakteriális szennyezettség is. Általában nagyobb mennyiségben tartalmaznak oldott sókat, valamint gyakran található bennük fölösleges szén-dioxid és metán.

A karsztvizek vízkészleteink közül a legjobb minőségűek között vannak, kevés szerves anyag, vas és mangán található bennük, az ivóvíz ellátás kb. 20%-át adják. Vízellátási szempontból fontos karsztvíz lelőhelyek vannak a bükki karszt és Aggtelek környékén, valamint az észak-balatoni régióban.

Külön kategóriát alkotnak a parti szűrésű vizek, hiszen eredetüket tekintve felszíni vizek, melyek több tíz méter vastagságú mederanyagon (homokos kavics, kavics) szivárognak át, így a természetes szűrés által javul a minőségük. Ezen vizek minőségét jelentősen befolyásolja a felszíni víz minősége, a parti talajréteg (mederanyag) szűrőhatása és az esetleg hozzákeveredő talajvíz minősége, ami szoros összefüggésben van az antropogén hatásra bekövetkező környezetterheléssel. A Dráva mentén, valamint a Duna kavicsteraszaiban, jellemzően a Szigetköz és Budapest környékén rendelkezik hazánk ilyen vizekkel. A vízigények kielégítéséhez 30%-ban járulnak hozzá ezek a források.

A nyersvíz kezelési technológia mindig az adott vízforráshoz igazodik. Míg a karsztvizek, illetve a rétegvizek döntő többségének esetében minimális oldott szervesanyag-mennyiségről beszélünk, addig a parti szűrésű vizek esetében többnyire komoly kihívást jelent a vízszolgáltatóknak a megfelelő minőségű ivóvíz előállítása, nem csupán a magasabb oldott szervesanyag tartalom, de a potenciális antropogén eredetű szennyezések miatt is. Példaként Budapest ivóvíz ellátását említeném. A Fővárosi Vízművek két fő vízbázisa az északi és a déli vízbázis. Az északi a Duna közvetlenül Budapest fölötti szakaszán található. A vízbázis az budapesti ivóvízellátás kb. 70%-át adja. Vize ivóvíz minőségű, fertőtlenítés után közvetlenül fogyasztható, egyéb szűrési eljárásokra nincs szükség. A déli vízbázis esetén egészen más a helyzet. Ide a Duna Budapest alatti szakaszán a Csepel-sziget, Ráckeve és Szigetszentmiklós között elhelyezkedő területek tartoznak, melyek főváros és az agglomeráció vízellátásának 30%-át adják. Míg az északi területeken alacsonyabb a népesség és a kutak védett területeken helyezkednek el, addig a Budapest alatti szakaszon jelentősnek mondható a szennyvíz terhelés, ezáltal az innen származó nyersvizek komplexebb kezelést igényelnek a fogyasztók egészségének védelmében. Ezen vizek kezelésében nagy szerepe van a derítő eljárásoknak, mellyel nem csupán a vas és mangán ionokat, de a huminanyagokat is el lehet távolítani a rendszerből. A másik fontos lépés az aktív szenes szűrés, mellyel további íz- és illatrontó anyagok és mikroszennyezők távolíthatóak el [19] [20]. A DBP-k tekintetében tehát a legjobb minőségű, a fogyasztók számára legbiztonságosabb ivóvíz az

alacsony szervesanyag tartalmú karsztvizekből, illetve rétegvizekből állítható elő. Különösen azokon a területeken, a népesség alacsony és kisebb mértékű az antropogén szennyezés.

Hazánk bizonyos területein az arzén gyakori vízszennyezőként fordul elő. A szervezetlen arzén vegyületeket a Nemzetközi Rákkutatási Ügynökség (IARC – *International Agency for Research on Cancer*) 1. csoportú humán karcinogénnek minősítette, hiszen bizonyított bőr, hólyag-, tüdő- és vesedaganatot idéznek elő. Ezeken kívül veszélyük leginkább a kis mennyiségű, krónikus bevitelben rejlik, hiszen összefüggésbe hozzák szív- és érrendszeri megbetegedések, idegrendszeri rendellenességek, máj és vese rendellenességek, de még a diabétesz kialakulásával is. A nemzetközi szakirodalomban megtalálható adatok alapján elmondható, hogy még napjainkban is igen nagy a bizonytalanság azzal kapcsolatban, hogy mi is lehet az a biztonságos beviteli szint, amely a minimálisra csökkenti az arzén bevitellel kapcsolatos megbetegedések kialakulásának kockázatát. Más, alacsony koncentrációban a szervezetbe jutó, akut tüneteket nem okozó xenobiotikumokhoz hasonlóan az arzén krónikus fogyasztása jelenthet nagy problémát. A krónikus fogyasztás elkerülése pedig kvázi elkerülhetetlen, hiszen mind az élelmiszerekkel, mind pedig az ivóvízzel bejuthat az emberi szervezetbe, ott évek vagy akár évtizedek alatt kifejtve káros hatását [21].

Korábban az ivóvizek arzén szennyezettségét a permetszerek helytelen kezelésének tulajdonították az Alföldön, majd később kiderült, hogy a Körös-, Maros-, Tisza-hordalékúpokból kitermelhető felszín alatti vizek, melyek ezen területek fő ivóvíz bázisaként szolgálnak, természetes módon tartalmaznak nagyobb mennyiségben arzént. Hazánkban az 1980-as évek elején közel 400 000 ember fogyasztott magas arzéntartalmú ivóvizet, az akkoriban hatályban lévő határérték (50 µg/l) szerint. A nemzetközi kutatások alapján azonban a WHO ajánlását megfogadva az Európai Unió ezt a határértéket ötödére csökkentette, így a korábbi erőfeszítések ellenére rengeteg embert érintett a probléma. Az ivóvíz szolgáltatók speciális szűrési eljárásokkal tudják csak biztosítani a megfelelő minőségű, határértékeken belüli ivóvizet a lakosságnak [22] [23].

A szervezetebe kerülő arzén mennyiségért nem kizárólag az ivóvíz felelős, az élelmiszerekkel is jelentékeny mennyiség bejuthat a szervezetbe. A WHO az átlagos népességben a naponta bejutó arzént 20 és 300 µg közé teszi. A nagy ingadozás annak tudható be, hogy a népesség táplálkozása igen változatos. Az EFSA (*European Food Safety Authority* – Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság), 19 európai országban történt felmérés alapján megállapította, hogy a napi, víz eredetű szervezetlen arzén bevitel 0,13-0,56 µg/ttkg között van, és a nagy különbségek igazából a táplálkozásból adódnak összbevitel tekintetében. Adatbázisuk szerint a gabonafélék, a kávé és a sör, a halak és zöldségek, valamint a rizs és rizsből készült termékek teszik ki az európai népesség napi arzén bevitelének nagyobb hányadát [24].

A hazai ivóvizeknek meg kell felelni a jelenleg hatályos 201/2001. Kormányrendeletnek [25], valamint a 98/83/EK rendeletnek [26]. Az ivóvíz szolgáltatók ezt folyamatosan ellenőrzik, hiszen a fogyasztók védelme a legfontosabb szempont. A hazánkban elérhető ivóvizek megfelelnek a törvényi előírásoknak, megfelelő minőségűnek tekinthetők.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az emberiség megállíthatatlannak tűnő módon fejlődik. Ezen fejlődésnek sajnos velejárója lett, hogy sokszor a megfeledkezünk arról, hogy az ember, az emberiség a Föld

csodálatosan bonyolult rendszerének a része. Hajlamosak vagyunk elfelejteni, hogy tetteinknek súlya és nagyon komoly következménye van, mely kihatással van az emberek életére, egészségére. Az ivóvízzel kapcsolatos problémák a bolygó különböző pontjain nagyon eltérőek. Míg a fejlődő országokban hatalmas gondot okoz a lakosság megfelelő mennyiségű, és legalább mikrobiológiailag megfelelő vízzel való ellátása, megóvásuk a vízzel terjedő betegségektől. A fejlett országokban a megfelelő mennyiségű ivóvíz rendelkezésre áll, sokszor még ivóvíz pazarlásról is beszélhetünk. Ezekon a területeken a jellemző problémát az iparosodás és urbanizáció következtében a környezetbe jutó szennyező anyagok jelentik. Ezen ágensek egy jelentős része előbb vagy utóbb, bekerül a víz globális körforgásába, végső soron pedig a táplálékláncokba, melyeknek része maga a kibocsájtó, az ember is. Mivel ezen táplálékláncok csúcán helyezkedünk el, ezért még nagyobb veszélynek vagyunk kitéve, hiszen a felhalmozódásra képes anyagok jelentős veszélyt jelenthetnek egészségünkre.

Az ivóvíz olyan, napi fogyasztási cikk, melyet a háztartási felhasználáson kívül természetesen az élelmiszeripar is nagy mennyiségben használ, akár technológiai vízként, akár az egyes élelmiszerek összetevőjeként, ezért reális élelmiszer-biztonsági, élelmiszertoxikológiai kockázatot jelenthetnek a benne megtalálható, potenciálisan káros anyagok.

Jelen kéziratban részletesebb bemutatásra kerültek azok a témakörök, melyek napjaink egyre súlyosbodó ivóvízbiztonsági problémáit okozzák. A víztisztítási melléktermék vegyületek, melyek kémiai természetüket tekintve igen változatosak, főként a fejlett országokat érintik. Kutatásukkal nem túl régen, az 1970-es évek közepe óta foglalkozik a tudomány, ám néhány évtized alatt is csak az ide sorolt vegyületek töredékének toxikológiai profilját sikerült megalkotni. A probléma komplexitását főként a környezetbe kikerülő szennyező anyagok (ipari melléktermékek, gyógyszer hatóanyagok, növényvédőszer, állatgyógyászati készítmények, kőolaj- származékok, stb.) adják, ám a tudomány mai állása szerint óriási szerepe van a DBP-k kialakulásában a nyersvizek oldott szervesanyag tartalmának. A vegyületek sokfélesége és nagy száma miatt szabályozás alá csak töredékük esik, ezek a csoportok is leginkább jellemző, indikátor vegyületeken keresztül. A szabályozás alá nem eső csoportok azonban számos veszélyt rejthetnek.

Hasonlóan jelentős a mikroműanyagok problémaköre. A modernizáció, a kémia, azon belül is a petrolkémia robbanásszerű fejlődése magával hozta a műanyagok elterjedését. A műanyagipar kialakulásának hajnalán még nem foglalkoztatta az embereket az, hogy később mi lesz a sorsa az előállított műanyagoknak. Az idők során, a környezetben megtalálható többi szilárd anyaghoz hasonlóan ezek is elkezdtek aprózódni és alakultak át mikroműanyaggá. A helyzet, ha csak a világtengerekben úszó szemét szigetekre gondolunk, napról napra súlyosabb. Korábban azt feltételezték, hogy a mikroműanyagok problémaköre kizárólag a tengeri ökoszisztémákat érinti, ám egyre több tanulmány alapján nyer tanúbizonyságot, hogy ezek a részecskék az édesvízi ökoszisztémákban, sőt, az élelmiszerláncban is megtalálhatók. Nem meglepő tehát, hogy egyrészt a jogalkotók is próbálják arra sarkallni az ipar szereplőit, illetve a fogyasztókat is, hogy kevesebb műanyagot használjanak, illetve a felhasznált műanyagokat újrahasznosítsák.

Hazánkban, más, fejlett országokhoz hasonlóan jelen vannak a fent említett problémák. Geológiai és vízrajzi sajátosságaink nagyban befolyásolják ivóvizeink minőségét. Ha nyersvíz forrásokat nézzük, igen nagy változatosságot mutatnak. A lakosság vízellátásában a felszíni vizekkel közvetlen kapcsolatban álló, parti szűrésű kutak, valamint a felszín alatti,

ártézi vizek játsszák a főszerepet. Előbbiek esetén a DBP-k kialakulása illetve egyéb, antropogén eredetű szennyezések jelenthetnek egészségügyi kockázatot, míg utóbbiak esetében a sajátos geológiai adottságokból származó szennyezések, például az arzén. Hazai kutatók eredményei szerint a mikroműanyag problémára is egyre nagyobb figyelmet kell fordítani, hiszen már természetes vizeinkben, illetve azok üledékében is megtalálhatók ezek a részecskék, tehát jelen lehetnek a táplálékláncokban.

Természetesen a szakhatóságok figyelembe véve az Európai Unió szabályozását és irányelveit, valamint a nemzetközi ajánlásokat, arra törekcszenek, hogy a hazai fogyasztók megfelelő minőségű ivóvízhez jussanak, minimalizálva ezzel az egészségügyi és élelmszer-biztonsági kockázatokat.

FELHASZNÁLT FORRÁSOK

- [1] FAO: Water for sustainable food and agriculture, *A report produced for the G20 presidency of Germany*, Róma, Olaszország, 2017
- [2] N.J. Ashbolt: Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions. *Toxicology*, 198: 229238, 2004
- [3] J.J. Rook Formation of haloforms during chlorination of natural waters. *Water Treatment Exam*, 23: 234243., 1974
- [4] S.D. Richardson, C. Postigo: Drinking water disinfection by-products, In: *The Handbook of Environmental Chemistry*, Springer, Boston, MA, pp. 93137., 2011
- [5] V. Uddameri, K. Venkataraman: Assessing the effect of initial vapor-phase concentrations on inhalation risks of disinfection-by-products (DBP) in multi-use shower facilities. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 15(4):591606., 2013
- [6] Y.T. Woo., D. Lai, J.L. McLain., M.K. Manibusan., V. Dellarco: Use of mechanism-based structure-activity relationships analysis in carcinogenic potential ranking for drinking water disinfection by-products. *Environmental Health Perspectives*, 110(suppl 1):7587., 2002
- [7] P. Wang, Y.L. He., C.H. Huang: Reactions of tetracycline antibiotics with chlorine dioxide and free chlorine. *Water Research*, 45:1838–1846., 2011
- [8] M.C. Dodd, A.D. Shah, U. Von Gunten, C.H. Huang: Interactions of fluoroquinolone antibacterial agents with aqueous chlorine: reaction kinetics, mechanisms, and transformation pathways. *Environmental Science & Technology*, 39:7065–7076., 2005
- [9] S.E. Hrudey: Chlorination disinfection by-products, public health risk tradeoffs and me. *Water Research*, 43: 2057–2092., 2009
- [10] S. Landi, N.M. Hanley, S.H. Warren, R.A. Pegram, D.M. DeMarini: Induction of genetic damage in human lymphocytes and mutations in Salmonella by trihalomethanes: role of red blood cells and GSTT1-1 polymorphism. *Mutagenesis*, 14: 479-482., 1999
- [11] S.D. Richardson, M.J. Plewa, E.D. Wagner, R. Schoeny, D.M. DeMarini: Occurrence, genotoxicity, and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: a review and roadmap for research. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 636(1-3):178–242., 2007
- [12] L.V. Cauwenberghe, L. Devriese, F. Galgani, J. Robbins, C.R. Janssen: Microplastics in sediments: a review of techniques, occurrence and effects. *Mar Environ Res* 111:5–17, 2005
- [13] K.L. Ng, J.P. Obbard: Prevalence of microplastics in Singapore's coastal marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 52(7):761-7., 2006

- [14] MA. Browne, T. Galloway, R. Thompson R.: Microplastic—an emerging contaminant of potential concern?. *Integrated Environmental Assessment and Management: An International Journal*, 3(4):559-61., 2007
- [15] C. Sofra, B. Calarke, GD. Calarke: Microplastics in the Marine Environment: Investigating Possible Sources, Presence and Abundance. InPoster presented at Student Research Meeting 2010 Sep (Vol. 21).
- [16] C. Lassen, SF. Hansen, K. Magnusson, F. Noren, NIB. Hartmann, PR. Jensen, TG. Nielsen, A. Brinch: Microplastics: occurrence, effects and sources of releases to the environment in Denmark. The Danish Environmental Protection Agency. <http://www.eng.mst.dk/>, 2015
- [17] GESAMP: Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. In: Kershaw PJ (ed) (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep Stud GESAMP No. 90, pp 96, 2015
- [18] G: Bordós, B. Urbányi, A. Micsinai, B. Kriszt, Z. Palotai, I. Szabó, Z. Hantosi, S. Szoboszlai: Identification of microplastics in fish ponds and natural freshwater environments of the Carpathian basin, Europe. *Chemosphere*. 216:110-6., 2019
- [19] RM. Clark, JQ. Adams, BW. Lykins Jr: DBP control in drinking water: cost and performance. *Journal of Environmental Engineering*. 120(4):759-82., 1994
- [20] Y. Magara, S. Kunikane, M. Itoh: Advanced membrane technology for application to water treatment. *Water science and Technology*, 37(10):91., 2008
- [21] International Agency for Research on Cancer (IARC) - Summaries & Evaluations; ARSENIC IN DRINKING-WATER (<http://www.inchem.org/documents/iarc/vol84/84-01-arsenic.html>)
- [22] Guidelines for Drinking Water Quality, 3rd ed. incorporating the first and second addenda Vol. 1. World Health Organization, 2008., Geneva (http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/index.html)
- [23] Arsenic (WHO Food Additives Series24) - <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v024je08.htm>
- [24] EFSA: Scientific Opinion on Arsenic in Food, *EFSA Journal*, 7(10):1351, 2009
- [25] 201/2001 X. 25.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről
- [26] 98/83/EK: A TANÁCS 98/83/EK IRÁNYELVE (1998. november 3.) az emberi fogyasztásra szánt víz minőségéről