

# FERTŐTLENÍTÉSI MELLÉKTERMÉKEK AZ IVÓVÍZKEZELÉSBEN – 2. RÉSZ

Az ivóvíz biztonsága számos tényezőn múlik, amelyek közül a nyersvízminőség, a klórral végzett vízkezelés és a vízfertőtlenítés technológiája, a vízzel érintkező építési anyagok, az elosztórendszer üledékessége, biofilmbevonata egyaránt jelentős szerepet játszanak. A cikk a klórozási melléktermékek miatti veszélyesemények kivizsgálásában és értékelésében szerzett tapasztalatokat foglalja össze.

DR. BORSÁNYI MÁTYÁS

VÍZBIO Bt.

SZEBÉNYINÉ VINCZE BORBÁLA

DRV Zrt.

DR. LAKY DÓRA

BME – Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék

## 1. Bevezetés

A cikk (Fertőtlenítési melléktermékek az ivóvízkezelésben, Vízmű Panoráma 2017/2. szám, 8–10. oldal) első részében bemutatásra és értékelésre került az elterjedt oxidálószerek szerepe a vízkezelés/vízfertőtlenítés-technológiában; továbbá a klórt, ózont, ill. klór-dioxidot alkalmazó vízkezelés, vízfertőtlenítés során bekövetkező kockázatos melléktermék-képződés.

Az ivóvízellátási lánc esetében tipikus veszélyhelyzet az, amikor a kezelést követően a szerves klórvegyületek koncentrációja esetében eltérés van a tervezett üzemállapottól. A cikkben az ivóvízkezelő rendszerknél veszélyindikátorként használt szerves klórvegyület-összetételhez (pl. AOX, THM, HAA) kapcsolódó veszélykezelés rendszerét tárgyaljuk.

## 2. Az ivóvízellátási lánc kockázatértékelési, kockázatkezelési rendszere, különös tekintettel a szerves klórvegyület-tartalomra

Az újonnan létesült vagy átépített vízművekben kezelt vizek közüzemi hálózatba bocsátásához az illetékes népegészségügyi szerv (továbbiakban Hatóság) hozzájárulása szükséges. A Hatóság a próbaüzemhez kapcsolódóan végzett vízvizsgálatok alapján értékeli a vízkezelés eredményességét, hogy az egyébként OTH-engedélyes vízkezelési technológiát alkalmazva teljesülnek-e a 201/2001. (X.25.) korm. rendelet szerinti határértékek. A teljes ivóvízellátási lánc kockázatértékelési, kockázatkezelési rendszere a szerves klórvegyület-tartalom tekintetében a fogyasztás, a vízhasználat helyét is magában foglalja.

Azok a vízművek, ahol az ivóvízellátást korábban huminsavas, arzénos vizet adó, mélyfűrésű kutakból biztosították, és ahol a KOLps, TOC eleve nagy, de a vízkezelés-technológiai fejlesztés nem eredményezi a szervesanyag-tartalom megfelelő mértékű csökkentését, a szerves klórvegyület-képződés kockázata különösen nagy. Ugyanis a vízforrás szervesanyag-tartalma és a szerves anyag minősége (legyen az felszíni víz vagy kútvíz) klóroxidációt alkalmazó vízkezeléskor – de továbbmenve a klóros vízfertőtlenítéskor is – a tapasztaltak szerint szoros összefüggésben van a szerves klórvegyületek képződésével. Az üzemeltető és a Hatóság esetenként azzal is szembesül,

hogy az ún. előklórozást, valamint klóroxidációt alkalmazó vízkezelést követően a kezelt vízben az adszorbeálható szerves halogén (AOX) koncentrációja a közegészségügy által javasolt, ún. beavatkozási érték feletti.

Tekintettel arra, hogy az AOX-indikátor a vízben lévő szerves klórvegyületek sokaságát foglalja

magában, a közegészségügy részéről ajánlott azt a vízbiztonsági kockázatok értékelésekor és az üzemeltetői kockázatcsökkentő intézkedések keretében felhasználni.

### 2.1 A Magyarországon elterjedt komplex vízkezelési rendszer

Az elterjedt vízkezelések esetenként előklórozást (csökkenő tendencia) vagy kálium-permanganáttal végzett előoxidációt és vas(III)-hidroxidos koagulációt-adszorpciót, homokszűrést alkalmaznak a vas-, mangán-, arzéntartalom csökkentésére, illetve klóroxidációt az ammóniumtartalom csökkentésére, majd aktív szén-adszorpciót a maradék klór megkötésére és a keletkező szerves klórvegyületek kivonására.

A vízkezeléskor legcélszerűbb lenne a szerves klórvegyületek keletkezését elkerülni (megelőzés elve). Mivel klóroxidáció alkalmazása esetén ez gyakorlatilag nem lehetséges, a szerves klórvegyületek szintjének, ezen belül a lehető legkisebb AOX-indikátorérték elérésére kell törekedni természetesen úgy, hogy sem a vízkezelés, sem a vízfertőtlenítés biztonsága ne csökkenjen. Ebben az összetett helyzetben a szakemberek és a hatóság számára is a „kockázatértékelés és kockázatkezelés” módszerének alkalmazása a legelőnyösebb, amely jellemzően a vízmű működési gyakorlatának a javítására helyezi a hangsúlyt. A kockázatok csökkentésére irányuló tevékenységek, az ivóvízbiztonsági tervprogram „üzemeltetése” legtöbbször javítja a víztermelés költségmegtérülési arányát, és a tevékenységek nemcsak a kockázatok értékelését foglalják magukban, hanem közvetlenül a kockázatkezelés módjának kidolgozásához is vezetnek.

Az üzemeltetői és közegészségügyi kockázatcsökkentés tehát egyfelől a megelőzésre alapozott, amikor a cél a klóroxidáció során képződő szerves, ill. szerves klórvegyületek mennyiségének csökkentése, másfelől a szénadszorberen (szemcsés aktív szén, GAC) megkötődő vegyületek mennyiségének növelésére irányul. Annak ellenőrzése tehát, hogy a vízkezelés során a keletkezett szerves klórvegyületek mennyisége fenn tartható mértékben tartósan csökkenthető, üzemeltetői és közegészségügyi szempontból döntő jelentőségű, mert erre a szolgáltatott ivóvíz minőségének hosszú távú javításához van szükség.

### 2.2 A szerves klórvegyületek ellenőrzése a víznyerés-vízkezelés folyamatában

A hálózatba vezetésre szánt ivóvízben kimutatható szerves halogénvegyületek egyes esetekben a nyersvízforrásból is származhatnak (biotikus vagy antropogén eredetűek), de a hazai tapasztalatok szerint lényegesen

gyakoribb, hogy a vízkezelés során (pl. klórral végzett oxidáció, fertőtlenítés) képződő szervesklór-reakciótermékekről van szó. Közöttük elsősorban a WHO-irányelv, a 98/83/EC irányelv szerint meghatározott szerves klórvegyületek és koncentrációjuk ismeretében becsülhető, hogy azok a vízhasználatok során jelentenek-e, és ha igen, milyen egészségügyi kockázatot, vagy fogyasztást zavaró, ellehetetlenítő hatást.

### 2.2.1 A szerves klórvegyület tartalmának ellenőrzése kútvezetékben

A kútvezetékben a szerves klórvegyület jelenlétéből adódó szennyezettség kizárására végzik a soron kívüli ellenőrzést. A vízvizsgálatok spektrumaként a „Közcélú ivóvízművek... üzemeltetése során teljesítendő... vizsgálatok köréről...” szóló 16/2016. (V. 12.) BM rendelet<sup>1</sup> szerinti, időszakosan vizsgált paramétercsoport (HS) jelölhető meg az AOX-csoportparaméter mellett.

### 2.2.2 A vízműben kezelt víz megfelelőségének ellenőrzése

A kezelt víz ellenőrzésére – bár a követelményrendszer az ivóvízhasználat helyére vonatkozik – „Az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről” szóló 201/2001. (X.25.) korm. rendelet<sup>2</sup> szerint a szerves klórvegyületek kimutathatóságát is ellenőrizni célszerű a technológia ellenőrzését célzó AOX-mérés mellett.

### 2.2.3 Az összes trihalogén-metán (THM) és egyes haloecetsavak (HAA) koncentrációjának ellenőrzése

A négyféle trihalogén-metán-vegyület (THM) mellett a második legnagyobb klórozási melléktermékcsoportot a haloecetsavak alkotják (HAA, amely kilenc vegyületféléseget jelent). Közülük a WHO ivóvízminőségi irányelve szerint kettő olyan, amelyre nézve ideiglenes határértéket ajánlanak, ezek a diklór-ecetsav (hé: 0,05 mg/L) és a triklór-ecetsav (hé: 0,02mg/L). Az US EPA 5 féle haloecetsav-vegyületet értékel (mono-, di-, triklór- és mono-, dibrom-ecetsavak), amelyek összességére 0,06 mg/L határértéket alkalmaznak.

### 2.2.4 Adsorbeálható szerves halogén, AOX

A vízből a szerves halogénvegyületek nagy csoportja egyszerűen kimutatható adszorbeálható szerves halogén, AOX (X=Cl, Br, I) laboratóriumi vizsgálata keretében (MSZ EN ISO 9562), s ezt az eljárást ezért elterjedten használják a környezetállapot-ellenőrzésben vagy vízkezelési technológiák felügyeletére. A megtévesztő vizsgálati eredmények elkerülése érdekében e helyen külön fel kell hívni a figyelmet a vízmintavételi előírások maradéktalan betartására: a vízmintát a helyszínen nátrium-szulfit-oldat hozzáadásával deklórozni kell (ugyanabból a célból, mint a THM-vizsgálatra szánt és nátrium-tioszulfáttal kezelt vízmintákat), hogy a vízben lévő klór ne eredményezzen AOX-növekményt az üvegben szállításkor, tároláskor. Az AOX-csoport összetevői egyértelműen nem sorolhatók sem a természetes vagy antropogén vegyületek, sem a biotikus vagy abiotikus, és különösen nem az egészségre káros vagy egészségre ártalmatlan vegyületek közé.

Ennek értelmében az AOX-ként mért szerveshalogén-tartalmat a fogyasztó egészségére gyakorolt hatás szempontjából kizárólag vízbiztonsági kockázati tényezőként szabad figyelembe venni.

A szakirodalmi adatokból leszűrhető, hogy az „adszorbeálható szerves halogének” (AOX) csoportján belül már több mint 3650 szerves halogénvegyület létezése ismert. A vízklorozáskor megjelenő vegyületek legnagyobb csoportját (nyersvízminőségtől függően 14,5–64%) a trihalogén-metánok (THM) és a haloecetsavak (HAA) alkotják (José Farré et al. 2015).

## 2.3 Az ivóvízrendszerekben kimutatott AOX-tartalom alapján felmerülő veszély kezelésének rendszere

A vízbiztonsági menedzsment eszköze elsősorban a vízkezelés folyamatá-

nak ellenőrzése, a vízművet elhagyó (és persze a hálózati) vízminőség mérése, esetünkben a vízkezelés módszeréből és hatékonyságából adódó melléktermék-képződés egyensúlyának megfigyelése normális és rendellenes körülmények között. A vízellátási lánc keretében ez a következő megfigyelési pontokat jelenti:

Szerves klórvegyület monitoringja a vízbeszerzés folyamatában	Kimutatható-e szerves klórvegyület?	Nyersvízellátó rendszer
Szerves klórvegyület képződésének helyei a nyersvízbeszerzés, vízkezelés folyamatában	Hol történik szervesklórvegyület-képződés?	Vízkezelés
Szervesklór-vegyület-képződés folyamatának szabályozása a vízkezelés során	Mi befolyásolja a klórozási melléktermék-képződést a vízkezelő rendszerben?	Vízkezelés-technológia működtetése
Szerves klórvegyület maradványainak minősége és koncentrációja, annak változása a vízelosztás során	Milyen a hálózatba vezetett vízminőség egészségkockázata?	Használatra szánt ivóvíz

## 2.4 A hálózatba vezetett víz fertőtlenítése

Egy következő cikk tárgya a hálózati víz fertőtlenítésének, a vízminőség vízbiztonsági szempontú ellenőrzésének témaköre.

Az ivóvíz-fertőtlenítés célja a víz útján terjedő mikrobák növekedésének megakadályozása az emberi használatra szánt ivóvízben. Az alkalmas fertőtlenítési technológia kiválasztásához értékelni kell a hálózati vízminőségre ható kockázatokat, legelőször is azokat, amelyek esetében növekszik a mikrobák túlélésének esélye az ivóvízelosztó rendszerben. Ilyenek a biofilm-kialakulásnak az ivóvíz mikrobiális szennyezettségét fokozó kockázata a víztárolókban, a csövek falán, a tömítéseken és az üledéken, valamint a fémkorrózió. Az ivóvízben a mikrobiális biofilm növekedése ronthatja az elosztóhálózati víz minőségét, esztétikai (íz, szag, undort keltő zavarosság) és egészségügyi problémákat is okozhat, továbbá hozzájárulhat a korrózióhoz (Gaugecz J., Szabó T., Kostyál E.; M. Salkinoja-Salonen, Borsányi M. OTKA T-25977, 1999–2002.)

## 2.5 A szerves klórvegyület-tartalom ellenőrzése és a klórozási melléktermék-képződés felügyelete

A melléktermékképzés a vízkezelés rendszerének optimalizálásával szabályozható. A szabályozás kritériuma a lehető legalacsonyabb klórada-golás mellett fenntartott stabil – nincs szokatlan növekmény a melléktermék-vegyületek (pl. AOX) koncentrációjában – vízkezelés, üzemeltetés. Az ajánlott felügyeleti program a következő:

**2.5.1 Nyersvízellátó rendszer:** a vízforrás vizében az AOX mellett a klórozott szénhidrogén tartalmának ellenőrzése. Szükség esetén a vízkivételi rendszer biztonságba helyezése. A vezetett nyersvíz, nyersvízmedence klórozott vízének – ha van előklórozás – monitoringja. A tapasztalatok alapján az előklórozás szükségességének, mértékének, felválthatóságának újraértékelése. A nyersvízforrás szervesanyag-tartalmának (KOIps, TOC) ellenőrzése és a

műszaki lehetőségek szerint elsősorban az alacsonyabb szervesanyag-tartalmú víz igénybevétele.

**2.5.2 Vízkezelés:** a klóroxidációt alkalmazó vízkezelés folyamatában (derítés, szűrés, aktívszén-GAC-adszorber utáni kezelt víz) AOX-monitoringja. A kezelt vízben a THM-vegyületek ellenőrzése és a GAC THM-megkötő kapacitásának rendszeres ellenőrzése az átvezetett vízmennyiség változtatása során történő mintavételekkor. A szerves klórvegyületek koncentrációjának változékonyságát, tendenciózus növekedését tapasztalva a vízmű rutin-szerű üzemeltetésének, a klóroxidáció- és GAC-adszorber-üzemeltetés, a működés gyakorlatának a javítására, ill. módosítására kell törekedni.

**2.5.3 Fogyasztói pontok:** melléktermékek mennyisége a fogyasztói pontokon. Tapasztalatok alapján a kis mennyiségű utóklór adagolása is jelentős melléktermék-képződéssel járhat, ezért a megfelelő, telepet elhagyó vízminőség mellett a fogyasztói pontokon kifogásoltság léphet fel.

A klórozást elsősorban vízfertőtlenítési célból alkalmazzák. A klór ugyanakkor oxidálószerként is működik, segíthet bizonyos vegyi anyagok eltávolításában vagy kémiai átalakításában, az oldott anyagok oxidálásával oldhatatlan vagy könnyebben kezelhető termékeket hozva létre, amelyeket utólagos szűréssel távolíthatunk el. A klór hátránya, hogy akár fertőtlenítési, akár oxidációs vízkezelési céllal alkalmazzák, képes reagálni

*A balatoni térség felszíni vízből történő vízellátási körzeteiben szezonálisan megjelenő magasabb klórozási melléktermék-koncentrációk csökkentése céljából a DRV Zrt. 2013-ban átfogó, ivóvízbiztonságot javító projektet indított.*

*A felszíni vízkezelési technológiák részben elavultak, szervesanyag-eltávolítási hatásfokuk alacsony, az alkalmazott aktív szén szűrés töltetei a szezon során gyorsan kimerülnek. Korábban több beavatkozás is történt a klórozási melléktermékek csökkentése céljából, így pl. az ún. előklórozás kiváltása kálium-permanganáttal történő előoxidálásra, az aktívszéntöltet-reaktiválás gyakoriságának növelése. Az alkalmazott beavatkozások a hálózatra kiadott vizek minőségét tekintve ugyan elérték a kívánt eredményt, azonban a nagy kiterjedésű regionális elosztórendszerek esetében a vízműtől távoli használati helyeken is szükséges, a maradék fertőtlenítőszer biztosítása érdekében alkalmazott hálózati közbenső „hipoklorit-adagolások” miatt a klórszarmazékok időszakosan megközelítették, esetenként túl is lépték a határértéket.*

*A 2013-ban elindított, nagy elosztóhálózati ivóvízbiztonság-javító program több fronton is csapást mért a klórozási melléktermékekre. Több területen és a korábbinál hosszabb időszakban – az ivóvízforrás cseréjét követően – már nagy tisztaságú nyírádi karsztvíz kerül a fogyasztókhoz, a nyári szezonon kívüli időszakban a déli parton már Zamárdiig, az északi parton Balatonfüredig ér el.*

*Ahol nem volt mód a tisztított felszíni víz kiváltására, és a leginkább veszélyeztetett területeken az ivóvíz-fertőtlenítő szer cseréje történt meg, a klórgázt és hipokloritot klór-dioxidra váltotta fel a DRV Zrt. saját beruházással. Nem csupán a felszíni vízművek utófertőtlenítésénél, hanem az elosztóhálózati közbenső fertőtlenítési pontokon is generátorral előállított klór-dioxid-gázt, néhány helyen oldatos formában adagolható klór-dioxidot alkalmaz a társaság.*

*A beruházások 2015. év elején realizálódtak, azóta a jelzett helyeken és hálózatokon az összes-THM-tartalom meg sem közelíti a határértéket. A programban érintett községi vízellátó rendszerek példáján ez azt jelenti, hogy míg a 2015. év előtti időszakban átlagértéken a 40 µg/l összes-THM-tartalom volt a jellemző, ez az érték a nyersvízforrás változtatása, a vízkezelés optimalizálása (a szerves klórvegyület képződésének csökkentése, a GAC-adszorbens üzemeltetésének jó gyakorlata) és/vagy a vízfertőtlenítés-technológia módosítása mellett mára <2 mikrog/l értékre csökkent.*

a természetes szerves anyagokkal, számos, a vízellátás folyamatában használt, vízzel érintkező építési anyaggal, bevonatokkal, aminek hatására trihalometánok (THM) és más szerves halogénezett melléktermék-vegyületek, pl. AOX képződnek.

A melléktermékképzés a nyersvízellátás és vízkezelés rendszerének optimalizálásával szabályozható. A szabályozó beavatkozások eredményessége az ivóvíz-szolgáltató üzemeltetési szabályzatában és/vagy a vízbiztonsági tervben meghatározott felügyelet és monitoring útján ellenőrizhető.

### Felhasznált irodalom

WHO Guidelines for drinking-water quality - 4th ed. 2011. [www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/...guidelines/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/...guidelines/en/) US National Primary Drinking Water Regulations, 2017.

[www.epa.gov/...water...drinking-water/Towards a Guidance Document for](http://www.epa.gov/...water...drinking-water/Towards a Guidance Document for)

*the implementation of a Risk Assessment for small water supplies in the European Union. Overview of best practices. November 2011. <https://circabc.europa.eu/sd/d/.../Towards Best Practices>*

Gaugecz J., Szabó T., Kostyál E.; M. Salkinoja-Salonen, Borsányi M. OTKA T-25977. 1999-2002.

José Farré, M., Lyon, B., de Vera, G., Stalter, D., and Gernjak, W.: Assessing Adsorbable Organic Halogen Formation and Precursor Removal during Drinking Water Production. *J. Environ. Eng., 10.1061/(ASCE), 15 Dec. 2015.*

HIRDETÉS

[www.franklinmotor.hu](http://www.franklinmotor.hu)