

Laky Dóra

■ BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék | laky.dora@epito.bme.hu

Az ivóvízellátás problémái és kezelési lehetőségei



A klímaváltozás miatt előforduló szélsőséges időjárási események jelentős hatást gyakorolnak vízbázisaink mennyiségére és minőségére. A kisvízi hozamok csökkenése, a kisvízes időszakok hosszabbodása és gyakoriságuk növekedése érzékenyebbé teszik a vízfolyásokat a szennyezőanyag-terhelésekkel szemben. Az intenzív csapadékok növelik a vízgyűjtő területről felszíni vizeinkbe jutó szennyezőanyagok mennyiségét. A felszín alatti vizek esetében a szárazabb talajállapotok miatt a csapadékutánpótlás általános csökkenése várható. [1]

A hosszú távú cél vízbázisaink védelme mennyiségi és minőségi szempontból, rövid távon azonban a meglévő ivóvíztisztítási technológiák módosított üzemeltetésével, átalakításával kell felkészülnünk arra, hogy azok a kedvezőtlenebb minőségű nyersvíz tisztítására is alkalmasak legyenek. Jelen tanulmány bemutatja, hogy hazai viszonyok között ezt milyen technológiai módosításokkal lehet elérni.

A klímaváltozás vízminőséget befolyásoló hatása, a tisztítási technológiák szerepe

Magyarországon az ivóvíz többnyire felszín alatti vízbázisokból származik, ezen belül is a legnagyobb részt a mélységi vizek (35%), illetve a parti szűrési vízbázisok (35%) képviselik. A karsztvizek használata is jelentős (25%). A felszínközeli talajvizek olyan mértékben szennyezettek, hogy azok ivóvízcélú felhasználása nem jellemző. Vízellátás szempontjából a felszíni vizek jelentősége kisebb (5%) [2].

Felszíni vizek

Vízminőségi változások a felszíni vízbázisokban

Az ivóvízbázisok közül a klímaváltozás kedvezőtlen hatásai leginkább felszíni vizeinket érintik. A kisebb vízhozamok következtében csökken a szennyezőanyagok hígulásának mértéke, valamint az öntisztuló képesség. A hirtelen keletkező, gyors árvizek miatti fokozódik az erózióveszély, illetve az állóvizek esetében az eutrofizáció [1].

Delpa és munkatársai [3] átfogó szakirodalmi összeállítást készítettek a klímaváltozás vízminőségi paraméterekre gyakorolt hatásáról. Általánosságban elmondható, hogy a kedvezőtlen vízminőségi változások elsősorban a heves esőzések, és ennek következtében a szennyezőanyagok beemosódása révén jelentkeznek.

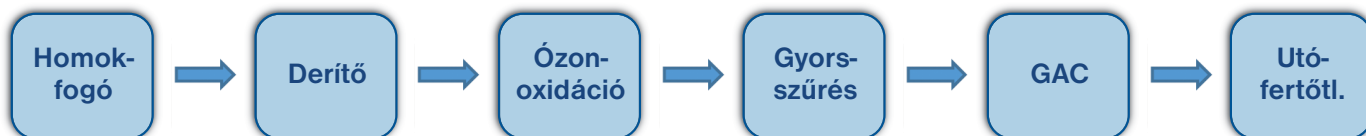
A fizikai kémiai paraméterekkel kapcsolatban megállapították, hogy a klímaváltozás következtében a 1) a pH-érték növekszik, 2) az oldott oxigén koncentrációja csökken (a vízhőmérséklet növekedése, valamint annak következtében, hogy a biológiailag hozzáférhető szerves anyag mennyisége növekszik, ami a mikroorganizmusok számának növekedéséhez, és így az általuk igényelt

oldott oxigén mennyiségének növekedéséhez vezet), 3) a tápanyagok (nitrogén és foszfor) mennyisége is növekszik, ami eutrofizációhoz vezethet. A mikroszennyezők közül mind a szerves (pl. peszticidek, gyógyszermaradványok), mind a szervesetlen szennyezők (pl. nehézfémek) koncentrációja növekszik. A biológiai paraméterek esetében szintén kedvezőtlen változásokra lehet számítani (pl. patogén mikroorganizmusok számának növekedése; az eutrofizáció következtében fellépő algaszaporodás, és ennek következtében algatoxinok megjelenése).

A vízhőmérséklet emelkedése és a szerves anyagok mennyiségének növekedése a fertőtlenítési melléktermékek koncentrációját is kedvezőtlenül befolyásolja. Amennyiben az ivóvíztisztítást követően a vizet klórgázzal vagy nátrium-hipoklorittal fertőtlenítik, a vízben található szerves anyagok és a klór reakciója trihalogén-metán- (THM-) vegyületeket képez. Ezek a vegyületek rákkeltő hatásúak, így szigorú határérték érvényes az ivóvízben megengedhető maximális koncentrációra vonatkozóan. Valdivia-Garcia és munkatársai [4] azt vizsgálták, hogy az éghajlatváltozás következtében a víz hőmérsékletének emelkedése és az oldott szerves anyag koncentrációjában bekövetkező változások milyen mértékben befolyásolják a THM-képződést. A három vizsgált klímaszenárió közül már a középső esetben is igen jelentős, 39%-os THM-koncentrációnövekedést jeleztek előre.

Felszíni vízkezelő technológiák és működtetésük megváltozott vízminőség esetén

Az **1. ábra** egy felszíni víz kezelésére alkalmas, jellemző technológiai sort mutat be. A nyersvízkivételi művek szívókamrái, -vezetékei mozgatható szűrőkosárral, durva ráccsal vannak ellátva a nagyobb mechanikai/darabos szennyeződések bejutásának megakadályozására [5]. A technológia első lépésként a könnyen ülepedő szennyezőanyagokat távolítják el a homokfogóban. Ezt követően a derítő műtárgyakban történik a kolloid mérettartományba eső szennyezőanyagok eltávolítása, melyek üleptethetővé tételéhez vegyszer adagolása szükséges. Felszíni vizeknél a kórokozó mikroorganizmusok kellő hatástalanítására célszerű ózonos oxidációt alkalmazni. Ezt a lépést gyorsszűrés követi a finom lebegőanyagok eltávolítása céljából, majd granulált aktív szén tartalmazó adszorberen (GAC) vezetik át a vizet, amely megköti az oldott szerves anyagokat és a mikroszennyező anyagokat. A felszíni vizek kezelésekor bevett gyakorlat, hogy a technológia több pontján alkalmaznak fertőtlenítést klórgázzal vagy nátrium-



1. ábra. A felszíni vízkezelés technológiai sora

hipoklorittal, így a tisztítótelepen a baktériumok elszaporodása visszaszorítható. A tisztítás befejező lépése az utófertőtlenítés, általában klórgázzal, nátrium-hipoklorittal vagy klór-dioxiddal. Ez utóbbi alkalmazása egyre gyakoribb, hiszen a klórozási melléktermékek mennyisége így csökkenthető.

A klímaváltozás következtében fellépő kedvezőtlen vízminőségi változások a tisztítási technológia célszerű módosításával – bizonyos határon belül – kiküszöbölhetők. A zavarosság növekedésekor a homokfogókban felgyülemelő iszap gyakoribb eltávolítása, illetve a derítőszer mennyiségének növelése és ezáltal a derítés hatásfokának javítása jelenthet megoldást. A szennyezés jellegétől függően – amennyiben a technológiai sorban nincs granulált aktívszén-adszorber – a derítők előtt szükség lehet aktív-szénpor adagolására [5]. A szokásosnál gyakoribb gyorsszűrő-öblítések is szükség lehet. Amennyiben a kórokozó mikroorganizmusok számának növekedése is probléma, a fertőtlenítőszer-dózisok növelése jelenthet megoldást: a technológiaközi klóros fertőtlenítés, az ózonos oxidáció és az utófertőtlenítés esetében egyaránt. A szerves anyagok mennyiségének növekedésekor szintén a derítési hatásfokot kell javítani a derítőszer mennyiségének változtatásával, továbbá az ózonkoncentráció növelése is javíthatja a szerves anyagok eltávolításának hatékonyságát. Szükség lehet az aktív-szén-adszorberek gyakoribb cseréjére vagy regenerálására, mivel a nagyobb szervesanyag-terhelés gyorsabb töltetkimerülést eredményez. A szerves anyag eltávolításának hatékonyabbá tétele azért is különösen fontos, mert a mikroorganizmusok számának növekedésekor növelni kellene a klórkoncentrációt, amely a fertőtlenítési melléktermékek (pl. a már említett THM-vegyületek) koncentrációjának növekedését eredményezné.

A fentiek alapján elmondható, hogy a felszíni vízkezelés során számos technológiai egység áll rendelkezésre, mellyel a hirtelen fellépő kedvezőtlen vízminőségi változások esetében közbe lehet avatkozni. Természetesen előfordulhatnak olyan haváriák, amelyekre az alaptechnológia nem tud megfelelő választ adni. Ilyen esetekben az adott szennyezőanyag eltávolítását célzó, egyedi megoldásokra van szükség. Erre volt példa a 2000. évi tiszai cianidszennyezés. Ez a Szolnoki Felsővízi Vízművet közvetlenül érintette, megfelelő technológiai módosítással azonban sikerült elérni, hogy az ivóvíz-szolgáltatást nem kellett leállítani.

Karsztvizek

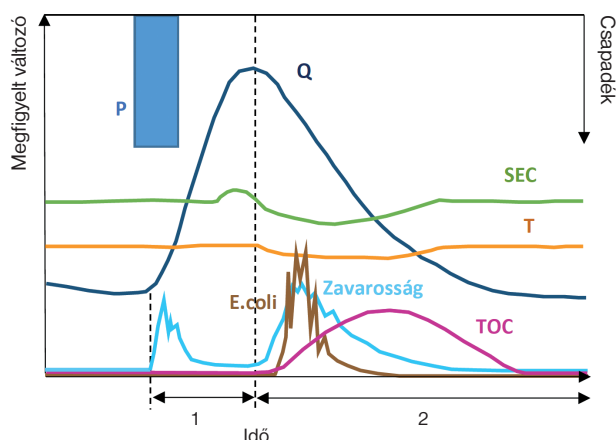
Vízminőségi változások a karsztvízbázisokban

Karsztvizeink jelentős ivóvízbázisaink, amelyek érzékenyen reagálnak a felszíni környezet változásaira. A klímaváltozás kapcsán meg kell különböztetnünk az elmúlt évtizedek klímaváltozásából következő hosszú távú, tartós vízminőségi változásokat és az időjárási extremitásokból (aszályok, hirtelen lezúduló intenzív csapadékok) adódó változásokat, amelyeknek átmeneti hatása van a víz minőségére.

Hazánkban a karsztvízbázisok egy része a bauxit- és szénbányászathoz köthető. A bányászati tevékenység megszüntetésével a kitermelt vizek mennyisége jelentősen csökkent. Ez a karsztvízszint emelkedéséhez vezetett, és bizonyos esetekben vízminőség-javulást is eredményezett. Hazai viszonyok között ezért ne-

hez szétválasztani a klímaváltozásból adódó hosszú távú hatásokat a bányászati tevékenység megszűnésének következményeitől.

Az ivóvízellátás szempontjából kiemelten fontos az intenzív csapadékok hatása. A 2. ábra bemutatja, hogy a kitermelt karsztvíz minőségében milyen változások várhatók [6]. Időben két jól elkülönülő részre oszthatjuk a megfigyelt idősort: az első szakaszban, amikor a P csapadékesemény kapcsolatba lép a Q karsztvízhozammal, megkezdődik a járatokban tárolt karsztvíz kimosódása, és a leülepedett részecskék felkavarodása a zavarosság növekedését eredményezi. Ezt követően a járatokban, illetve az epikarsztban található, oldott anyagokban gazdag víz érkezik meg (kisebb csúcsot eredményezve a víz elektromos vezetőképességében). A második szakaszban a csapadékvíz a karsztvízforráshoz érkeve a felszínről szilárd szennyezőanyagokat és bak-



2. ábra. Csapadékesemény (P) hatása a karsztvíz minőségére [6]

Q – vízhozam; SEC – elektromos vezetőképesség; T – hőmérséklet; TOC – összes szerves szén

tériumokat juttat a vízbe (*E. coli*-csúcs, és egy második csúcs a zavarosságban jellemezi ezt a szakaszt). Eközben a csapadékvíz hígítja a karsztvizet (ennek következtében csökken az elektromos vezetőképesség és a hőmérséklet), valamint a talajból szerves anyagok jutnak a vízbe (az összes szerves szén koncentrációjában megjelenő csúcs mutatja ennek hatását). A fentiek alapján az intenzív csapadékok esetében fellépő zavarosság általában mikrobiológiai terhelést is jelent [7], így a zavarosság online mérése és az adatokban tapasztalható hirtelen változás fontos információ a vízmű üzemeltetője számára.

2006-ban Miskolcon a nyár eleji, két hétig tartó intenzív csapadék okozott komoly problémát az ivóvízellátásban. A vízgyűjtő terület nem megfelelő csapadékvíz- és szennyvízcsatorna-hálózatával rendelkező részéről a rövid idő alatt lehulló nagy mennyiségű csapadék kórokozó mikroorganizmusokat juttatott a karsztvízbázisba [8].

Karsztvízkezelő technológiák és működtetésük megváltozott vízminőség esetén

A hazai karsztvízkezelő technológiák körében a hagyományos, valamint korszerű technológiák és a vízkezelés nélküli megoldá-

sok egyaránt megtalálhatók. Kedvező vízminőség esetén csupán fertőtlenítésre van szükség, és a víz közvetlenül a hálózatba táplálható. Kevesbé kedvező adottságok esetén azonban tisztítani kell a nyersvizet, ez a helyzet például Kincsesbányán vagy Miskolctapolcán. Kincsesbányán eredetileg egy hagyományos (levegőztetésen, derítésen és szűrésen alapuló) technológiát alkalmaztak, azonban a bányászati tevékenység megszűnését követő vízminőség-javulás miatt a technológiát az utóbbi években jelentősen egyszerűsítették a levegőztetés és a derítés kiiktatásával, valamint az adagolt vegyszerek mennyiségének csökkentésével.

Miskolctapolcán a 2006. évi vízjárványt követően alakítottak ki vízkezelő technológiát. A hasonló vízjárványok elkerülése érdekében egy előszűrésből, ezt követő ultraszűrésből, majd utófertőtlenítésből álló kezelési sort alakítottak ki [7].

A karsztártekvetek következtében hirtelen megjelenő kedvezőtlen vízminőségi változásokat – bizonyos határokon belül – a megfelelő technológiával rendelkező vízmű kezelni tudja. Ez esetben lehetőség van szerves anyag eltávolítására szolgáló vegyszerek adagolására, majd az így átalakított szennyezők gyorsszűrőn történő eltávolítására (gyakoribb szűrőöblítésekkel) és a fertőtlenítőszerek-koncentrációk növelésére. Ha ilyen technológia nem áll rendelkezésre, csupán a biztonsági fertőtlenítés céljából adagolt vegyszer mennyiségét lehet növelni. Karsztvízbázisok esetén ezért kiemelt jelentősége van a nyersvíz folyamatos (lehetőség szerint online) monitoringjának, hiszen a mikrobiális szennyezést általában a zavarosság növekedése és más paraméterek egyidejű változása kíséri.

Parti szűrésű vizek

Vízminőségi változások a parti szűrésű vízbázisokban

A parti szűrésű vízbázisok kútjait a folyómederhez közel, jó vízvezető képességű, alluviális kavicssteraszokon alakítják ki. Parti szűréskor a felszíni víz ezen a néhányszor tíz, esetleg száz méter vastag kavics- és durva szemű homokrétegen átszűrődve jut el a víztermelő kútba, miközben természetes mechanikai, fizikai, kémiai és mikrobiológiai tisztítási folyamatok játszódnak le. Ennek hatására a felszíni víz lebegőanyag-tartalma és szervesanyag-koncentrációja jelentős mértékben csökken, valamint mikrobiológiai paraméterei akár több nagyságrenddel (1,5 log – 3,5 log eltávolítási hatékonyság) is javulhatnak [9], [10]. A mikrobiológiai lebontási folyamatok a kavicszemcsék felületén kialakult biofilmnek, az abban élő biológiai szervezeteknek köszönhető. Ideális körülmények között a termelt nyersvíz további kezelés nélkül, biztonsági fertőtlenítés után továbbítható a hálózatba [9]. Vannak olyan parti szűrésű vízbázisaink, ahol kevésbé kedvezőek az adottságok, és a ki-termelt nyersvízben bizonyos szennyezőanyagok (pl. vas- és mangán-, esetenként ammóniumionok) jelennek meg, így a hálózatba táplálás előtt ezeket el kell távolítani. A parti szűrésű vizeknél a folyó vízállása határozza meg, hogy a termelő kutakba milyen hányadban érkezik a víz a folyó felől, és milyen mértékű a háttérvíz (felszín alatti vízből) történő utánpótlás. Kisebb vízállások esetén a háttér felőli áramlás aránya megnő, míg magasabb vízállás esetén a folyó felőli áramlás aránya lesz nagyobb.

A parti szűrésű vizek minőségét tehát nagymértékben befolyásolja a folyó vízállása. A folyóvíz és háttérvíz arányának alakulása mellett a természetes tisztítási folyamat hatékonysága is függ a folyó vízállásától, hiszen a vízállás a szivárgási időre is hatással van. Kis vízállások esetén problémát jelenthet a kisebb szivárgási sebesség, azaz a szivárgási idő növekedése, aminek következtében a redoxviszonyok is megváltoznak. A mikrobiális tevékenység következtében az oldott oxigén koncentrációja jelen-

tősen csökkenhet, és nem kívánt mikrobiológiai folyamatok játszódhatnak le. Nagy vízállások esetén problémát okozhat, hogy a felszíni víz egy olyan zónán keresztül szivároghat a kútba, amely korábban nem állt közvetlen kapcsolatban a folyóval. A mikrobiológiai lebontásban kulcsfontosságú szerepet játszó biofilm ebben a zónában nem alakult ki, és ez a kutakban szennyezőanyagok megjelenéséhez (pl. növekvő szervesanyag-koncentráció, patogén mikroorganizmusok) vezethet. Magas vízállások esetén további problémát okozhat a kútfejek víz alá kerülése és a nyers felszíni víz kutakba kerülése is [9], [11].

A parti szűrésű rendszerek működését a hőmérséklet is jelentősen befolyásolja. A hőmérséklettel változik a víz viszkozitása, és ez módosítja a szivárgási sebességet [9], továbbá a biológiailag aktív zónában lejátszódó folyamatokra is jelentős hatással van. Nyári időszakban, a hőmérséklet emelkedésével a folyóvízben oldott oxigén koncentrációja csökken, mindemellett magasabb hőmérsékleten a szűrőközegben a mikrobiológiai aktivitás jelentősen növekszik, a mikroorganizmusok több oldott oxigént használnak fel működésükhöz, aminek hatására az eredetileg oxidáló közeg oxigénhiányossá válhat [9], [10], [11].

A felszíni vizek minőségét veszélyeztető extrém csapadékok a parti szűrésű vízbázisok minőségét is kedvezőtlen módon befolyásolják. Azt, hogy a parti szűrésű rendszer milyen mértékben képes a szennyezőanyagok eltávolítására, mindig az adott körülmények (a nyersvízben megjelenő szennyezőanyagok jellege és mennyisége, a hőmérséklet, a szivárgási sebesség, a szűrési zóna jellemzői stb.) határozzák meg.

A parti szűrés vízkezelő technológiái és működtetésük megváltozott vízminőség esetén

Parti szűrés esetén Magyarországon vízkezelő technológiát általában a fent említett kedvezőtlen redoxviszonyok kialakulása és ennek következtében az oldott vas és mangán (esetenként ammóniumion) megjelenése miatt kell működtetni. A vas és a mangán oxidációval, majd ezt követő gyorsszűréssel távolítható el. Hazánkban több olyan, parti szűrésű vizet kezelő technológia működik, ahol a vas és a mangán átalakítása céljából a levegőztetést követően ózonos oxidációt alkalmaznak. Az ózonos oxidáció miatt granulált aktív szén adszorpció alkalmazására is szükség van annak érdekében, hogy az ózonizálás hatására keletkező, biológiailag könnyen hozzáférhető szerves anyagokat eltávolítsák a vízből. A technológia végső lépéseként utófertőtlenítést alkalmaznak (3. ábra).

A vázolt – meglehetősen komplex – technológiai sor alkalmas arra, hogy a nyersvíz minőségében hirtelen bekövetkező kedvezőtlen változásokkor is megfelelő minőségű tisztított vizet szolgáltatson. A klímaváltozással összefüggésben a már említett kisvízes és nagyvízes időszakok jelentenek leginkább veszélyt, mert a parti szűrt vizek minőségében megnövekedett szervesanyag-koncentrációt és kedvezőtlen mikrobiológiai paramétereket eredményezhetnek. A nyersvízben megjelenő nagyobb szervesanyag-tartalom esetében lehetőség van az ózonkoncentráció növelésére, illetve – amennyiben a technológiában az adagolás lehetősége kiépített – a gyorsszűrés előtt koagulálószer adagolására. Felszíni vízkezelés esetén ideális esetben a megfelelő pehelyszerkezet az erre a célra megvalósított derítő műtárgyban alakul ki. A parti szűrés vízkezelő technológiája azonban derítőt általában nem tartalmaz, így a pehelyképződésre csak annyi idő áll rendelkezésre, amíg a víz az adagolás helyétől a gyorsszűrőig eljut. A vegyszeradagolás miatt a gyorsszűrő szennyezőanyag-terhelése is nagyobb lesz, így a szűrőket gyakrabban kell öblíteni. A magasabb



3. ábra. A parti szűrés technológiai sora (nagy vas- és mangánkoncentrációk esetén)

szennyezőanyag-koncentráció és a megnövelt ózondózis miatt az aktív-szén-adszorberek is hamarabb merülnek ki, így a tölteteket gyakrabban kell regenerálni vagy cserélni. Végül az utófertőtlenítéskor is lehet avatkozni; a fertőtlenítőszer-koncentráció növelésével, illetve – amennyiben lehetőség van rá – többlépcsős fertőtlenítéssel (pl. kiegészítő ultraibolya fertőtlenítéssel) tovább csökkenthető a mikroorganizmusok mennyisége.

Számos parti szűrésű vízbázisunk olyan kedvező adottságokkal rendelkezik, hogy vízkezelő technológia kiépítése nélkül, csupán biztonsági fertőtlenítés alkalmazásával is megfelelő minőségű vizet tud szolgáltatni. Ebben az esetben a nyersvíz minőségében bekövetkező kedvezőtlen változásokat csak kismértékben tudják a technológia változtatásával követni: a beavatkozásra lehetőség a fertőtlenítés hatékonyságának növelése. Budapest vízellátásának jelentős része ilyen kedvező adottságú vízbázison alapul. A vízminőségromlással járó helyzetekre felkészülve a klórozás mellett lehetőség van ultraibolya sugárral történő fertőtlenítésre is, így abban az esetben, ha a mikrobiológiai paraméterek ezt indokolják, kétféle fertőtlenítést követően táplálják a vizet a hálózatba.

Rétegvizek

A hazai ivóvízellátás mintegy harmadát rétegvizekből biztosítjuk. A vízzáró rétegek alatt elhelyezkedő – gyakran több mint száz méter mélyen megtalálható – vízbázis nagyobb része a „védett” kategóriába tartozik, ami azt jelenti, hogy emberi eredetű szennyeződések nem tartalmaz. Természetes szennyezők azonban szép számban megtalálhatóak (vas- és mangánvegyületek, ammóniumionok, arzénvegyületek, oldott gázok, szerves anyagok), így ezek eltávolítására esetenként egészen összetett technológiákra van szükség. A védett rétegvizekben a nyersvíz minősége azonban igen stabil, abban hirtelen változásokra nem számíthatunk; elmondhatjuk, hogy a klímaváltozás – az általunk vizsgált időtartamokon belül – e vízbázisokat nem érinti.

Rétegvizeinknek azonban van egy jelentős hányada, amely a nem védett kategóriába esik, azaz a védőidomoknak van felszíni vetülete. Ezen vízbázisok sérülékenyek, így szélsőséges időjárási körülmények között a nyersvíz minősége kedvezőtlenül változhat. Amennyiben a vízben található természetes szennyezőanyagok jelenléte miatt kezelési technológiára egyébként is szükség van, a szélsőséges időjárási körülmények okozta kedvezőtlen vízminőségi változások hatását az adott technológia csökkenteni tudja. A vízminőségi változás és a technológia jellegétől függ, hogy milyen módon tud a vízmű üzemeltetője beavatkozni; általában az oxidálószer és a koagulálószer koncentrációjának növelése, gyakoribb szűrőöblítések, a fertőtlenítőszer-koncentráció növelése jelenthet megoldást.

Összességében elmondható tehát, hogy a klímaváltozás kedvezőtlen hatásainak leginkább kitett felszíni vízbázisok csupán kis részét képviselik a hazai ivóvízellátásnak. Parti szűrésű kútjaink és karsztvizeink esetében azonban számolni kell az éghajlatváltozás kedvezőtlen hatásaival. Azon vízműveknek, amelyek a kedvező adottságaik következtében nem rendelkeznek vízkezelő technológiával, a megfelelő monitoring tevékenységgel, és indokolt esetben kiegészítő technológiai lépésekkel kell felkészülniük a

kedvezőtlen vízminőségi változásokra. A hazai ivóvízellátás szintén jelentős részét kitevő rétegvizek esetében a nem védett vízbázisaink szintén fokozott figyelmet érdemelnek. A rétegvizek nagyobb hányada védett vízbázis, a nyersvíz minősége ezeken a helyeken igen stabil, így kedvezőtlen vízminőségi változásokra nem kell számítanunk. ●●●

Köszönetnyilvánítás. Ezúton szeretnék köszönetet mondani Szabóiné Vincze Borbálnak (Dunántúli Regionális Vízművek Zrt.), Magyariné Bede Mariannának (Víz- és Csatornaművek Koncessziós Zrt.), László Balázsnak (Fővárosi Vízművek Zrt.) és Laky Sándornak (Tunel Kft.), akik hasznos észrevételeikkel segítettek a tanulmány elkészítését.

IRODALOM

- [1] Országos Vízügyi Főigazgatóság, Magyarország Vízügytő-Gazdálkodási Tervének második felülvizsgálata – Jelentős Vízgazdálkodási Kérdések, vitaanyag, 2019. http://vizeink.hu/wp-content/uploads/2020/01/JVK_vitaanyag_20191220.pdf
- [2] Magyar Vízi Közmű Szövetség. https://www.maviz.org/fogyasztoi_informaciok/honnan_ered_a_csapviz_magyarorszagon
- [3] Delpla I. et al., Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. *Environment International* (2009) 35/8, 1225–1233.
- [4] Valdivia-Garcia M., et al., Predicted Impact of Climate Change on Trihalomethanes Formation in Drinking Water Treatment. *Scientific Reports* (2019) 9, 1–10.
- [5] Magyar Vízi Közmű Szövetség. A Magyar Víziközmű Szövetség 2014./6. számú szakmai ajánlása az Ivóvízbiztonsági tervek elkészítéséhez (2014)
- [6] Hartmann A. et al., Karst water resources in a changing world: Review. *Reviews of Geophysics* (2014) 52, 218–242.
- [7] Viszokai J., Membrántechnológiai üzemeltetési tapasztalatok a Tapolcai Vízműben Miskolcon. Előadás a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség Szakmai Napján, 2019.
- [8] Kiss Z. et al., A 2006. évi miskolci ivóvízjárvány környezet-egészségügyi ismertetése – esetismertetés. *Egészségtudomány* (2008) 52/1, 60–71.
- [9] Goda Z., Az éghajlatváltozás lehetséges hatásai a parti szűrésű vízbázisokra. *Műszaki Katonai Közlemény* (2019) 29/1, 185–194.
- [10] Nagy-Kovács Zs. et al., Water Quality Changes during Riverbank Filtration in Budapest, Hungary. *Water* (2019) 11/2.
- [11] Eckert P., Lamberts R., Wagner C., The impact of climate change on drinking water supply by riverbank filtration. *Water Science and Technology* (2008) 8/3, 319–324.

ÖSSZEFOGLALÁS

LAKY DÓRA: AZ IVÓVÍZELLÁTÁS PROBLÉMÁI ÉS KEZELÉSI LEHETŐSÉGEI

Az éghajlatváltozás jelentősen befolyásolja vízbázisaink mennyiségét és minőségét, ezáltal hatással van az ivóvízkezelő technológiák működtetésére.

A tanulmány bemutatta, hogy milyen technológiai válaszokat adhatunk az ivóvízkezelés során a nyersvíz minőségének klímaváltozás következtében fellépő kedvezőtlen irányú változásaira. A konkrét lépéseket természetesen minden esetben a helyi viszonyok, a rendelkezésre álló technológia adottságai határozzák meg. Ezekről a – minden vízmű esetében rendelkezésre álló – vízbiztonsági tervek részletesen rendelkeznek. A technológiák módosított üzemeltetése azonban nem minden esetben jelent megoldást a szélsőséges időjárási viszonyok esetén. Amennyiben ezen extrém körülmények között várható vagy tapasztalt vízminőségi változások, a vízbázis sérülékenysége indokolják, szükség lehet a meglévő technológia átalakítására, kiegészítésére annak érdekében, hogy a biztonságos ivóvízellátás ilyen körülmények között is biztosítható legyen.