Magyar Tudományos Akadémia
Nemzeti Víztudományi Program

A Nemzeti Víztudományi Kutatási Program kihívásai és feladatai

A Nemzeti Víztudományi Kutatási Program kihívásai és feladatai

Kiadó: MTA Ökológiai Kutatóközpont

Javasolt hivatkozás: Engloner Attila, Vargha Márta, Báldi András, Józsa János (szerk.) (2019): A Nemzeti Víztudományi Kutatási Program kihívásai és feladatai. – MTA Ökológiai Kutatóközpont, Tihany.

Készítette: a Magyar Tudományos Akadémia Ökológiai Kutatóközpont Víztudományi Koordinációs Csoportja az Irányító Testület irányításával és tudományterületi szakértők közreműködésével.

Víztudományi Koordinációs Csoport: Engloner Attila csoportvezető, Barreto Sára, Bártfai Boglárka, Liptay Zoltán Árpád és Vargha Márta

Az MTA Nemzeti Víztudományi Program Irányító Testülete:
Józsa János elnök, az MTA levelező tagja
Báldi András társelnök, az MTA Ökológiai Kutatóközpont főigazgatója
Bozó László, az MTA rendes tagja
Németh Tamás, az MTA rendes tagja
Szűcs Péter, az MTA doktora
Vörös Lajos, az MTA doktora
Titkár: Sugár Éva

Tudományterületi szakértők: Baranya Sándor (hidrológia, hidraulika), Engloner Attila (ökológia), Felföldi Tamás (mikrobiológia), Honti Márk (vízminőség), Kardos Levente (vízkémia), Kása Ilona (geográfia, talajtan), Lakatos Mónika (meteorológia), Madarász Tamás (hidrogeológia, mérnökgeológia), Somogyi Boglárka (hidrobiológia), Szilágyi János Ede (jogtudomány), Ungvári Gábor (közgazdaságtan), Vargha Márta (vízhigiéné)

Kézirat lezárva: 2018. december 31.

A kiadványban szereplő képek: Istock: 4., 7., 16., 21., 24., 25., 36., 38. (alsó kép), 39., 46., 50., 52. (felső kép), 62. (felső kép), 63., 68., 69., 76. (felső kép), 79., 84., 86., 88., 89. oldal; MTA: 5. oldal; Krett Gergely: 18., 20. oldal; Bornemissza Péter: 23. oldal; Boldizsár Ágnes: 26 oldal; Takács Péter: 30. oldal; Izsák Bálint: 32. oldal; Országos Vízügyi Főigazgatóság (térképmelléklet): 33. oldal; David Kay: 35 oldal; Szűcs Péter: 37., 54. oldal; Pixabay: 38. (felső kép), 51., 56., 57. oldal; Hidro Consulting Kft.: 41. oldal; flybook.hu: 48. oldal; idokep.hu, Bodrogi Attila: 52. oldal (alsó kép); Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság: 60. oldal; Andrási Lőrinc: 62. oldal (alsó kép); Vörös Lajos: 65. oldal; Engloner Attila: 72., 77., 78. oldal; Boros Emil: 74. oldal; Haczai Zoltánné (ÉDUVIZIG archivum): 76. oldal (alsó kép); Dévai György: 81. oldal; M. Kir. Földművelésügyi Minisztérium Vízrajzi Intézete (térkép): 87. oldal; Endrédi Anett: 92. oldal.

Honlap (hivatkozások, letölthető dokumentumok): http://mta.hu/viz

ISBN 978-615-5799-04-4

A kiadvány koordinátora: Khell Róza, MTA Ökológiai Kutatóközpont, Víztudományi Koordinációs Csoport
Nyelvi lektor: Szigeti László
Nyomdai előkészítés: Pars Kft.
Grafikai terv: Németh János
Nyomdai kivitelezés: Mondat Kft., Vác

TARTALOMJEGYZÉK

Célkitűzés 7
Bevezető 9
A Nemzeti Víztudományi Kutatási Program kihívásai és feladatai című dokumentum elkészítése. 9
A dokumentum szerkezete 13
Kitekintés 14
1. Biztonságos ivóvíz 17
Kulcsszavak 17
Kihívások 17
Kiemelt kutatási feladatok 27
2. Vízminőség 31
Kulcsszavak 31
Kihívások 31
Kiemelt kutatási feladatok 43
3. Fenntartható vízhasználat 47
Kulcsszavak 47
Kihívások 47
Kiemelt kutatási feladatok 58
4. Vízgazdálkodás 61
Kulcsszavak 61
Kihívások 61
Kiemelt kutatási feladatok 70
5. A Vízi ökoszisztémák védelme és helyreállítása 73
Kulcsszavak 73
Kihívások 73
Kiemelt kutatási feladatok 82
6. A Vízhez kapcsolódó társadalmi konfliktusok 85
Kulcsszavak 85
Kihívások 85
Kiemelt kutatási feladatok 94
7. Mellékletek 96

ELŐSZÓ

A víz az élet alapvető, nélkülözhetetlen eleme, amelynek stratégiai fontossága számos globális folyamat, például a klímaváltozás és a népességnövekedés miatt drasztikusan növekszik. Jól tükrözi ezt több nemzetközi egyezmény, így az ENSZ tagállamai által 2015 szeptemberében elfogadott Fenntartható Fejlődési Célok is, amely a 2030-ig megvalósítandó tizenhét cél közül egyet teljes egészében a víznek szentel. A hatodik, „Tiszta víz és alapvető köztisztaság" címet viselő pont a vízciklus egészét lefedi, az ivóvízhez és a szanitációs szolgáltatáshoz való jogtól a fenntartható vízhasználaton át a vizes élőhelyek védelméig. Ugyanakkor számos további cél megvalósulásának, például az éhezés felszámolásának vagy az élhető városok kialakításának is előfeltétele a mainál operatívabb és adaptívabb vízgazdálkodás. E célok eléréséhez elengedhetetlen a vízciklus egészét érintő változások tudományterületeken átívelő, integrált, multidiszciplináris vizsgálata, megismerése.

Magyarországon a vízkutatáshoz kapcsolódó tudományterületek és műhelyek sajnálatos módon többnyire elváltak egymástól, és az operatív vízgazdálkodási feladatok hatékony tudományos támogatása nem megoldott. Egyre több területen van szükség arra, hogy különböző tudományterületek, intézmények, sőt különböző országok kutatói szorosan együttműködjenek. Az egyik legfontosabb példa a víztudományok területe. Ezért elengedhetetlen, hogy véget vessünk a széttagolódásnak, és új fejezetet nyissunk a magyar víztudományi kutatásban. Az ilyen együttműködések megszervezése, kereteinek a megalkotása olyan feladat, amely világszerte nagy kihívást jelent a tudományos és tudományt finanszírozó szervezeteknek.

A víztudományi műhelyek koordinátoraként az MTA-nak, együttműködésben a vízügyi kormányzattal és figyelemmel a nemzetközi trendekre, integráló szerepet kell vállalnia. Az akadémiai kutatóhálózatban folyó munka illeszkedik a magyarországi vízstratégiát megtestesítő Kvassay Jenő Tervhez, annak tudományos alapját képezi, és megfelel az EU Víz Keretirányelv (VKI) elvárásainak is. Figyelembe kell venni, hogy a Kárpát-medence mindig is vízügyi egységet alkotott, akárhány országra is szabdalta a történelem. Folyóink vízgyűjtő területei jelentős részben határainkon

túl fekszenek, így különös fontosságot kap a vízügyi együttműködés a Kárpát-medence más országaival és a Duna menti államokkal. A kapcsolatok megerősítésének nemcsak a konkrét helyzetek kezelésében, hanem az alapkutatásoknál is nagy jelentőséget kell kapnia. Törekedni kell arra, hogy minél több elismert külföldi szakember vegyen részt a közös munkában, s együttműködjünk a Duna-medence akadémiáival és az Európai Unió tudományos szerveivel is.

2016-ban, egyéves előkészítő munkát követően a tudományos életnek régi adósságot törlesztett az MTA, amikor határozott a Nemzeti Víztudományi Program megkezdéséről. E program részeként javaslatot tett arra, hogy az MTA koordinálásával induljon Nemzeti Víztudományi Kutatási Program a Nemzeti Vízstratégia (Kvassay Jenő Terv) tudományos alapjainak biztosítása és a víztudományi kutatások nemzetközi élvonalba emelése végett. Az elsődleges cél az összehangolt kutatói munka megkezdéséhez egy országos léptékű, átfogó, multidiszciplináris tudományos kutatási program kidolgozása, amely lehetővé teszi a hazai víztudományok prioritásainak meghatározását, továbbá egy olyan multidiszciplináris hálózat létrehozása, amely a mérnöki területektől az ökológián át a társadalomtudományokig összehangolja a főbb hazai kutatóműhelyek munkáját.

A Nemzeti Víztudományi Kutatási Program kidolgozására és a víztudományi hálózat kiépítésének előkészítésére az MTA 2016. október 1-jén Víztudományi Koordinációs Csoportot hozott létre az Ökológiai Kutatóközponton belül. A csoport munkáját irányító testület segítette, illetve stratégiai döntésekben a Víztudományi Elnöki Bizottság és egy nemzetközi szinten elismert külföldi vízügyi szakemberekből álló bizottság is támogatta.

E munka eredményeként született meg a jelen dokumentum, amely egyedülálló mind a kidolgozás során felhasznált módszerek, mind a tudományterületi lefedettség sokszínűsége tekintetében. A kutatási program figyelembe veszi a korábbi hazai stratégiai dokumentumok eredményeit, számos nemzetközi példát, egy multidiszciplináris szakértői csoport tudományterületi helyzetértékeléseit, valamint annak a kérdőívnek a tapasztalatait, amely a gyakorlatban jelentkező tudáshiány széles körű, szisztematikus felmérésére irányult.

Budapest, 2018. március 22.

Lovász László
az MTA Elnöke

Célkitűzés

A víz az élet alapja, a társadalom számára egyetemesen elérendő közjó, gazdasági erőforrás és fenyegető veszély is. A globális folyamatok miatt stratégiai fontossága szinte minden szempontból növekszik.

Néhány éven belül a világ népességének kétharmadát fenyegetheti az egyre növekvő vízhiány. A klímaváltozás a világ legnagyobb részén felerősíti ezt a folyamatot, és ezzel párhuzamosan megnöveli az extrém időjárási események (árhullámok, aszály, villámárvizek) gyakoriságát. A fokozódó urbanizáció tovább erősíti mind a vízigények, mind a vizeket érő terhelések területi egyenlőtlenségét. A környezet egyre növekvő kémiai szennyezése mind az élővilágot, mind az emberi egészséget közvetlenül veszélyezteti. A világon több mint 800 millió ember nem jut biztonságos ivóvízhez, és 2,5 milliárd ember nem részesül alapvető szanitációs szolgáltatásokban, amelyek mind az emberi egészségnek, mind a gazdasági és társadalmi növekedésnek alapvető pillérét jelentik. Sok esetben hiányzik vagy elégtelen az egyes nemzetek közötti együttműködés a határokon átnyúló vízkészletek kezelésében. Ezek a folyamatok a vízi ökoszisztémák leépüléséhez vezetnek, növelik a fertőző betegségek terjedésének kockázatát, akadályozzák a gazdasági fejlődést, és olyan társadalmi folyamatokat indíthatnak meg, mint a külső és belső migráció vagy a társadalmi elégedetlenség növekedése.

Magyarországon a nemzetközi viszonylatban kiemelkedően gazdag vízkincs, a felszíni és felszín alatti vízkészletek megőrzése nagy felelősséget ró a társadalomra. Ezt felismerve készült el a magyar vízgazdálkodás keretstratégiája és középtávú intézkedési terve: a Nemzeti Vízstratégia (Kvassay Jenő Terv), azzal az elsődleges célkitűzéssel, hogy fenntartható, integrált vízgazdálkodással hazánk elkerülhesse a világot fenyegető vízválságot, és megőrizze a vizet a jövő nemzedékek számára.

A Nemzeti Vízstratégia célkitűzéseinek megvalósításához – egyéb feltételek megléte mellett – elengedhetetlen a tudományos alapok kidolgozása, a fenntartható vízgazdálkodás kellő színvonalú tudományos támogatása. A vízzel összefüggő kutatási igények két szinten jelentkeznek: a vízzel és a vízkörforgással kapcsolatos jelenségek jobb megértéséhez és az operatív tevékenységekhez szükséges stratégiai kutatások, illetve a hatékony operatív vízgazdálkodási tevékenységekhez közvetlenül kapcsolódó kutatási, fejlesztési, innovációs tevékenység együttesen szolgálja a Nemzeti Vízstratégia végrehajtását.

A Magyar Tudományos Akadémiának, együttműködésben a vízügyért felelős kormányzati szervekkel, és figyelemmel a nemzetközi trendekre, a víztudományi műhelyek koordinátoraként integráló szerepet kell vállalnia. Ezért indította az MTA a Nemzeti Víztudományi Programot, melynek több célkitűzését a Nemzeti Vízstratégiát kihirdető kormányhatározat is nevesíti.

A nagy múltú hazai víztudományi kutatások jelenleg több mint száz műhelyben (kutatóintézetben, egyetemen, kormányzati és egyéb intézményben), sokszor egymástól elkülönülten folynak. A jelenlegi feltételek mellett hatékony és koherens, stratégiai szintű vízgazdálkodási tudományos kutatás hálózati jellegű kell hogy legyen, bevonva az összes releváns hazai víztudományi műhelyt (intézetet, tanszéket), és mozgósítva a nemzetközi tudományos együttműködésben rejlő összes lehetőséget. A Nemzeti Víztudományi Program kiemelt feladata, hogy lehetőséget teremtsen a tudományos tevékenység országos szintű összehangolására. Javaslatot fogalmaz meg továbbá, hogy a jelenleg dezintegrált hidrológiai adatbázisokból jöjjön létre egy szabad hozzáférésű, integrált adatbázis, mely kiterjed a hidrológiai körforgás teljes láncolatára (éghajlat, időjárás, folyók, tavak, felszín alatti vizek, források stb.).

A Nemzeti Víztudományi Program egyik pillére egy országos szintű, átfogó Nemzeti Víztudományi Kutatási Program kidolgozása. Ennek célja, hogy összegezze a vízzel kapcsolatos legfontosabb hazai kihívásokat és kutatási feladatokat, és ezáltal kiindulópont legyen integrált, multidiszciplináris kutatásokhoz, segítve a Nemzeti Vízstratégia célkitűzéseinek végrehajtását, valamint a nemzetközi élvonalba emelve a hazai víztudományi kutatásokat. E kutatási programnak elsősorban a közeljövő hazai feladataira kell fókuszálnia, de figyelembe kell vennie a vízkincs jövőjét jelentősen meghatározó világméretű folyamatokat is.

Bevezető

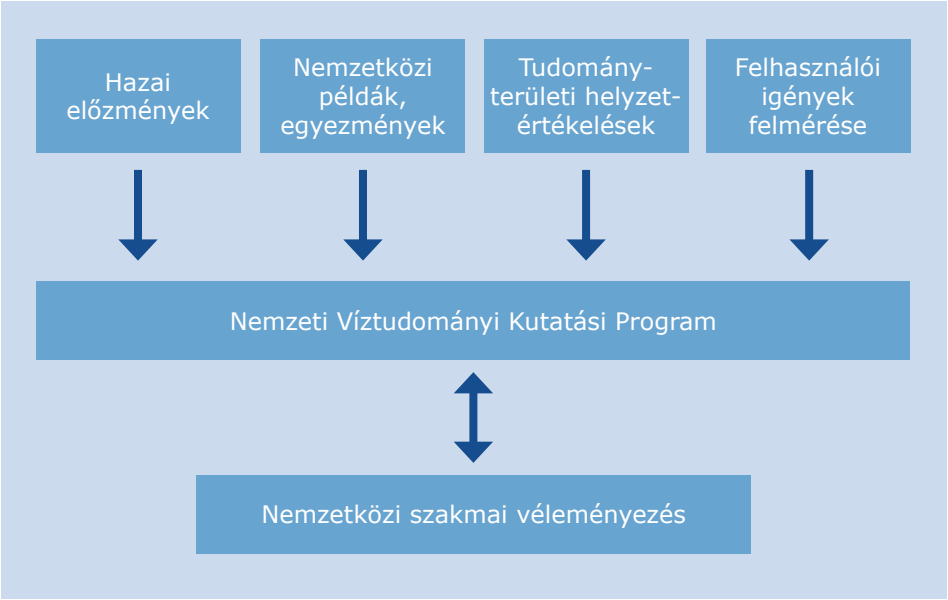
A Nemzeti Víztudományi Kutatási Program kihívásai és feladatai című dokumentum elkészítése

Jelen dokumentumot az MTA Víztudományi Koordinációs Csoportja készítette az Irányító Testület irányításával.

A munka során felhasznált alapvető források: (i) meghatározó hazai stratégiák és tanulmányok; (ii) nemzetközi víztudományi kutatási programok, nemzetközi egyezmények; (iii) felkért szakértők által írt tudományterületi helyzetértékelések és előretekintések; (iv) széles körű kérdőíves felmérés (1. ábra).

A forrásanyagok felhasználásával elkészített programtervezetet nemzetközileg elismert szaktekintélyek véleményezték. Javaslataik beépültek a dokumentumba.

1. ábra A Nemzeti Víztudományi Kutatási Program forrásanyagai



Hazai előzmények: stratégiák és tanulmányok

A multidiszciplináris víztudományi kutatásokat igénylő problémák és kihívások azonosításához a hazai dokumentumok közül elsődlegesen – a Nemzeti Víztudományi Kutatási Program feladatából következően – a *Nemzeti Vízstratégia* (*Kvassay Jenő Terv)* szolgált alapul (lásd 1. keretes írás). Kapcsolódó nemzeti stratégiai anyagok: *Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (2014–2025, kitekintéssel 2050-re)*; *Nemzeti Biodiverzitási Stratégia, Nemzeti Tájstratégia* és *Nemzeti Vidékfejlesztési Stratégia*. A feldolgozott forrásdokumentumok között szerepelt továbbá többek között a *Vízgyűjtőgazdálkodási Terv 2015*, a *Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok – MTA* Köztestületi *Stratégiai Programok 2011* című tanulmány, valamint a *Nemzeti Víztechnológiai Platform Stratégiai Kutatási Terv 2010*.

A Nemzeti Vízstratégia (Kvassay Jenő Terv)

A 2017 márciusában elfogadott Kvassay Jenő Terv – a Nemzeti Vízstratégia – a magyar vízgazdálkodás 2030-ig terjedő keretstratégiája és 2020-ig terjedő középtávú intézkedési terve (http://www.kormany.hu/download/6/55/01000/Nemzeti%20V%C3%ADzstrat%C3%A9gia.pdf).

Sarokpontjai: Magyarországot megóvni a világot fenyegető vízválságtól, vízkészleteit megőrizni a jövő nemzedékek számára, élni a víz adta gazdasági, társadalmi lehetőségekkel, de védekezni a fenyegetései ellen.

A stratégiai jelentőségű kihívásokat a Kvassay Jenő Terv a vízhez kapcsolódó globális fenntartható fejlődési célok és a regionális vízpolitika kontextusában fogalmazza meg, intézkedési terve szervesen illeszkedik a hazai fejlesztéspolitikai stratégiák keretrendszerébe. Áttekinti a hazai vízügyi intézményrendszer jelen felépítését, egyértelműen kijelölve a továbbépítkezés szükséges irányait a szakemberképzés és az intézményépítés terén.

A Nemzeti Vízstratégia fő célkitűzései:

1. Vízvisszatartás és vízszétosztás a vizeink jobb hasznosítása, a gazdaságtámogató vízgazdálkodás érdekében.
2. Kockázat megelőző vízkárelhárítás.
3. A vizek állapotának fokozatos javítása, a fenntartható jó állapot elérésére
4. Minőségi víziközmű-szolgáltatás és minőségi csapadékvíz-gazdálkodás elviselhető fogyasztói teherviselés mellett.
5. A társadalom és a víz viszonyának a javítása (mind egyéni, mind gazdasági, mind döntéshozói szinten).
6. A tervezés és irányítás megújítása.
7. A vízgazdálkodás gazdasági szabályozó rendszerének újjászervezése.

Nemzetközi példák és tapasztalatok

A nemzetközi példák közül az európai uniós kutatási stratégiai dokumentum (*Strategic Research and Innovation Agenda of the Water Joint Programming Initiative of the European Union*) és további négy nemzeti (amerikai egyesült államokbeli, írországi, németországi és új-zélandi) kutatási program áttekintése előzte meg a jelen dokumentum elkészítését. A nemzeti programok kialakítási folyamata, terjedelme és szerkezete eltérő, de célkitűzéseikben sok átfedés van az MTA által kezdeményezett program céljaival. Az Egyesült Államok Környezetvédelmi Ügynöksége (US EPA) Nemzeti Vízprogram Kutatási Stratégiájának (*National Water Programme Research Strategy*) célja a Vízprogram kutatási, tudományos és technológiai szükségleteinek azonosítása egy átfogó tervben, és ezáltal összehangolt kutatási együttműködések támogatása. Az ír víztudományi kutatási terv (*Water Research Pillar – Research Priorities 2014–2016 of Irish EPA's 2014–2020 Research Programme*) a releváns kutatási feladatok azonosítása mellett a nemzetközi és ír kutatásfinanszírozási programokat tekinti át. A német kutatási prioritások összefoglalója (*White Paper – Priority Research Fields of the German Water Science Alliance*) a kutatói hálózat bemutatása mellett a legfontosabb kutatási területeket azonosítja (rövid problémaáttekintéssel és konkrét tudományos kérdések felsorolásával). Az új-zélandi víztudományi stratégia (*Water Research Strategy of New Zealand*) elsősorban vízgazdálkodási témájú kutatási feladatokat határoz meg, és külön fejezetet szentel a modellezésnek, az adatfeldolgozásnak és az eredmények hasznosulásának. Az európai uniós stratégiában hangsúlyosak a gazdasági szempontok, és az egyes kutatási igényekhez a várható (társadalmi, gazdasági, technológiai, környezeti és szakpolitikai) hatásokat is felsorolja. Valamennyi stratégiai anyagban közös, hogy a kutatási feladatokat néhány (4-7) átfogó prioritási területhez sorolják, és ezekhez rendelik a konkrét tudományos kérdéseket. Az egyes anyagok prioritási területei között jelentős átfedések vannak (lásd 1. melléklet), így pl. a biztonságos ivóvíz és a vízi ökoszisztémák védelme mindegyikben megjelenik.

A kutatási feladatok meghatározásakor szempont volt a nemzetközi kötelezettségekkel (pl. EU Víz Keretirányelv, Árvízi Irányelv, Ivóvíz Irányelv, Települési Szennyvízkezelési Irányelv) és a globális célkitűzésekkel (pl. az ENSZ által meghatározott Fenntartható Fejlődési Célokkal) való harmonizáció.

Tudományterületi helyzetértékelések

A felkért tudományterületi szakértők a hidrológia, a hidraulika, az ökológia, a mikrobiológia, a vízminőség, a vízkémia, a geográfia, a talajtan, a meteorológia, a hidrogeológia, a mérnökgeológia, a hidrobiológia, a jogtudomány, a közgazdaságtan és a vízhigiéné területeiről érkeztek. A szakterületi összefoglalók elkészítését a nemzetközi és hazai tapasztalatok alapján kijelölt prioritási területek és kulcsfontosságú témaköreik segítették.

A felhasználói igények felmérése

A vízhez kapcsolódó feladatok végrehajtásában részt vevő szakemberek bevonását, a mindennapi gyakorlat során érzékelt kutatási feladatok, tudáshiányok feltérképezését kérdőíves felmérés célozta. A kérdőív – néhány alapinformáció mellett – a hat prioritási területhez kapcsolható hiányzó tudásra vagy kutatási igényre kérdezett rá, továbbá lehetőség volt megfogalmazni bármilyen egyéb, kapcsolódó problémát (lásd 2. melléklet).

Az online kérdőívet több mint 350, a vízzel kapcsolatos gyakorlati feladatokban, illetve kutatásokban érintett intézmény vezetője kapta meg, hogy munkatársaik minél szélesebb körében terjesszék. A címzettek között államigazgatási szervek (hatóságok és háttérintézmények), kutatási feladatokat ellátó intézmények (egyetemek, kutatóintézetek, kutatócsoportok, kutatásban is érintett gazdasági szervezetek), szakmai és civil egyesületek, vállalkozások egyaránt voltak. A vízzel közvetettebben foglalkozó szakterületek (pl. emberi jogok, településfejlesztés) szervezetei is szerepeltek a megszólított intézmények listáján (lásd 3. melléklet).

A válaszadók között mezőgazdasággal, a felszíni és felszín alatti vizekkel, illetve az ivóvízzel foglalkozó, főként beosztottként dolgozó, aktív korú, felsőfokú végzettséggel rendelkező szakemberek voltak többségben. Akik megjelölték intézményük típusát, jellemzően az államigazgatásban vagy a felsőoktatásban dolgoznak, ugyanakkor igen nagy volt a kérdőívet magánszemélyként vagy intézménymegjelölés nélkül kitöltők aránya (lásd 4. melléklet).

Összesen közel 1500 kérdés, javaslat érkezett, az egyes témakörökhöz nagyjából azonos arányban. A válaszok között mind terjedelemben, mind mélységben nagy volt a változatosság, a célzott kutatási igények megfogalmazása mellett sok esetben szélesebb problématerületekre hívták fel a figyelmet (lásd 5. melléklet).

A dokumentum szerkezete

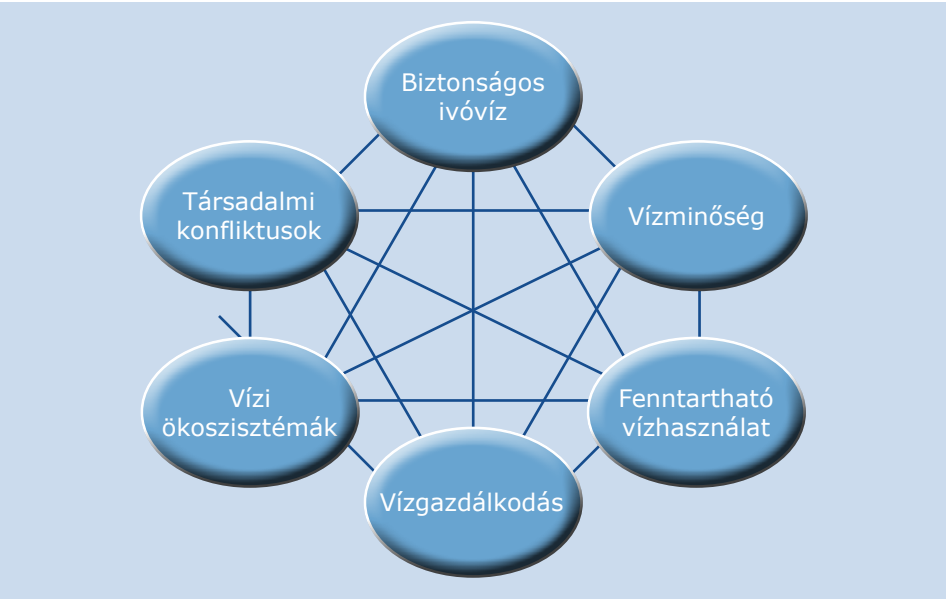
Az MTA Nemzeti Víztudományi Kutatási Programjának kihívásai és feladatai a Nemzeti Vízstratégiában központi jelentőségű Fenntartható Fejlődési Célok víztémájú célterületeire reflektáló **hat prioritási területbe** rendezve jelennek meg:

1. Biztonságos ivóvíz
2. Vízminőség
3. Fenntartható vízhasználat
4. Vízgazdálkodás
5. A vízi ökoszisztémák védelme és helyreállítása
6. A vízhez kapcsolódó társadalmi konfliktusok

E prioritási területek határozzák meg a dokumentum hat fejezetét, amely a kutatásokat igénylő problémákat tematikailag csoportosítva mutatja be. Az egyes fejezetek a prioritási területhez kapcsolódó legfontosabb kulcsszavakkal kezdődnek, és a felsorolt kihívásokból következő kiemelt kutatási feladatokkal zárulnak. Az egyes prioritási területek nem választhatók el teljes mértékben, egyes kihívások és feladatok több fejezetbe is besorolhatók (lásd 2. ábra).

Az azonosított kutatási feladatok nemcsak a prioritási területekhez illeszkedő multidiszciplináris kutatásokhoz nyújtanak alapot, hanem különböző fejezetekből való tetszőleges felhasználásukkal sokféle – például regionális szintű vagy víztestközpontú – integrált víztudományi kutatási terv is kidolgozható.

A hat prioritási területen felsorolt témakörök a Nemzeti Víztudományi Kutatási Program célkitűzésének megfelelően a Nemzeti Vízstratégia által kulcsfontosságúnak ítélt valamennyi területet érintik – a kutatásokat igénylő területekre helyezve a hangsúlyt. Ugyanakkor a dokumentum számos további multidiszciplináris kutatási feladatra is kitér, ilyen például az új típusú szennyezők témaköre (a xenobiotikumoktól a műanyag mikrorészecskéken át az antibiotikumrezisztenciáig), a párolgás-



2. ábra. A Nemzeti Víztudományi Kutatási Program prioritási területei

kutatás vagy a vízi élőhelyeket veszélyeztető idegenhonos fajok terjedése. A Nemzeti Víztudományi Kutatási Program prioritási területeinek és a Nemzeti Vízstratégia célkitűzéseinek kapcsolódásait a 3. ábra szemlélteti.

Kitekintés

A következő fejezetekben felsorolt, a gyakorlat szempontjából fontos problémákra, kutatási feladatokra támaszkodva, az MTA Nemzeti Víztudományi Program további pilléreivel összhangban a következő feladatok állnak a víztudományok előtt:

- Biztosítani kell a legfontosabb tudáshiányokat megcélzó, átfogó, tudományterületeket integráló, közvetlen társadalmi hasznot felmutató kutatási projektek forrását.
- Ezzel együtt, és nem csak futó projektek keretein belül, új szintre kell emelni a hazai víztudományi műhelyek közötti kapcsolatépítést, információcserét és együttműködést.
- A hazai finanszírozással és hálózatépítéssel párhuzamosan nemzetközi forrásokat, finanszírozókat, partnereket kell keresni, illetve hatékonyabbá tenni a meglevő együttműködéseket. Mindez a határokon át-

		A Nemzeti Víztudományi Kutatási Program prioritási területei					
		Biztonságos ivóvíz	Vízminőség	Fenntartható vízhasználat	Vízgazdálkodás	A vízi ökoszisztémák védelme és helyreállítása	A vízzel kapcsolatos társadalmi konfliktusok
A Nemzeti Vízstratégia súlyponti feladatai	Vízvisszatartás és vízszétosztás a vizeink jobb hasznosítása, a gazdaságtámogató vízgazdálkodás érdekében			+	++	+	+
	Kockázatmegelőző vízkárelhárítás	+	+		+++	+	+
	A vizek állapotának fokozatos javítása, a fenntartható jó állapot elérésére	+	+++				
	Minőségi vízi közmű szolgáltatás és minőségi csapadékvízgazdálkodás elviselhető fogyasztói teherviselés mellett	++			+++		+
	A társadalom és a víz viszonyának javítása (mind egyéni, mind gazdasági, mind döntéshozói szinten)	+		+		+	+++
	A tervezés és irányítás megújítása			+	+		++
	A vízgazdálkodás gazdasági szabályozórendszerének újjászervezése			+	+		++

3. ábra. Az MTA Nemzeti Víztudományi Kutatási Program prioritási területeinek és a Nemzeti Vízstratégia súlyponti feladatainak kapcsolódása

nyúló vízgyűjtőterületek megfelelően koordinált kezelése érdekében is elkerülhetetlen.

- A Víztudományi Program mint akadémiai program nem tekinthet el a tudományos kiválóság erősítésének céljától, így a kiemelkedő kutatási eredmények megfelelő elismeréséről is szükséges gondoskodni.
- A jövőbeli kutatási projekteken túl, az MTA Nemzeti Víztudományi Programjához kapcsolódóan ki kell építeni a kormányzat, illetve a többi döntéshozó felé való visszacsatolás mechanizmusát, hogy a kutatói közösség el tudja végezni a Nemzeti Vízstratégiában foglalt célkitűzések végrehajtásának szakmai megalapozását.
- Meg kell teremteni a visszacsatolást a gyakorlat felé, hogy a tudományos eredmények közvetlenül is hasznosuljanak.

1. Biztonságos ivóvíz

Kulcsszavak

- ivóvízbiztonság: ivóvízminőség, vízbázisvédelem, parti szűrés, a készletek túlhasználata
- ivóvízkezelés, mikroszennyezők, új vízszennyezők, ivóvízzel terjedő betegségek, új generációs vízkezelő technológiák, fertőtlenítési melléktermékek
- biztonságos infrastruktúra, másodlagos vízminőségromlás, vízveszteség, opportunista kórokozók
- kockázatalapú szemlélet, összehasonlító teljesítményértékelés (benchmarking), jó gyakorlatok
- magánkutak, innovatív technológiák, nem központosított infrastruktúra, csapadékvíz- és szürkevíz-hasznosítás, közegészségügyi kockázatok
- az ivóvízhez való hozzáférés: fizikai hozzáférés, esélyegyenlőség, megfizethetőség, költségmegtérülés

Kihívások

Az ivóvízellátás helyzete és az ivóvízbázisok védelme

Magyarországon az ivóvízellátás jelenlegi helyzete – az alább részletezett kockázatok ellenére – mind mennyiségi, mind minőségi szempontból jónak tekinthető. Az ország valamennyi településén van közműves ivóvízellátás, amely a lakosság 95%-át látja el, s a közelmúltban végzett vízműfejlesztéseknek és a javuló üzemeltetési fegyelemnek köszönhetően az ivóvíz minősége egyre nagyobb arányban felel meg a jogszabályi követelményeknek. A fennálló és az újonnan felismert kihívások (mint az új szennyezők, az éghajlatváltozás, az elosztóhálózatok állapota, a fokozódó minőségi elvárások, a szándékos vízszennyezés) azonban szükségessé teszik az ivóvíz-előállítással és -elosztással összefüggő minőségi és mennyiségi kockázatok áttekintését a vízbázistól a fogyasztóig.

A vízkészletek mennyisége és minősége, a vízbázisok védelme meghatározó az ivóvízbiztonság szempontjából. A jobb minőségű kitermelhető (úgynevezett nyers)víz csökkenti a vízkezelés technológiaigényét, ezért a biztonságos, fenntartható hazai vízellátás érdekében az üzemelő és a távlati vízbázisok tekintetében egyaránt szükséges az ivóvízbázisokat érő terhelések felmérése és csökkentése, valamint az országos vízbázisvédelmi program hatékonyságának értékelése.

A felszíni és felszín alatti vízkészletek – a fenntartható ivóvízkivétellel és ivóvízminőséggel szorosan összefüggő – további mennyiségi és minőségi kérdéseit a 2. és 3. fejezet is tárgyalja.

Az ivóvízbázisokat veszélyeztető tényezők

A hazai ivóvízellátás alapját több mint 90%-ban felszín alatti vizek, főként réteg- és parti szűrésű vizek jelentik. A parti szűrésű kutak közvetlenül a folyók kavicsteraszához kapcsolódnak, és döntően felszíni vizekből táplálkoznak. Mennyiségileg a jelenlegi ivóvízellátás több mint 30%-át, a távlati ivóvízbázisok kétharmadát teszik ki. Budapest és agglomerációja szinte teljes egészében parti szűrésű vizet használ közel kétmillió lakosa ellátására. A parti szűrés folyamatában meghatározó szerepet játszik a folyómeder anyaga (az úgynevezett kolmatált réteg) és az ezen kialakuló élőbevonat. A klímaváltozás és/vagy a mederszabályozási beavatkozások hatására a folyókban megváltozó áramlási és hordalékvándorlási viszonyok hosszú távon a mederanyag szemösszetételének megváltozását eredményezhetik, ami a szűrés minőségi és mennyiségi jellemzőit is érintheti. A vízszint és a vízhőmérséklet változása ugyancsak befolyásolja a szűrési folyamatot. A stratégiai fontosságú vízkészletek megőrzéséhez elengedhetetlen a termelt víz minőségét meghatározó folyamatok megismerése.

A rétegvízbázisok az ivóvíz 45%-át adják, a területi lefedettségben és a síkvidéki területek vízellátásában ezek a vízkészletek játsszák a legfontosabb szerepet. A rétegvíz minőségét elsősorban a geológiai adottságok és az áramlási viszonyok határozzák meg. Az emberi egészségre kockázatot jelentő, jelenleg ismert szennyezők közül Magyarországon az arzén a legjelentősebb. Emellett az ammónium-, a vas-, a mangán- és a szervesanyagtartalom miatt szükséges sok helyen vízkezelő technológia alkalmazása. A jelenleg vizsgált komponensek mellett számolni kell korábban nem feltárt szerves és szervetlen mikroszennyezők esetleges jelenlétével is (urán, vanádium, jodid stb.). A felszín alatti vizek minőségével kapcsolatos további problémákat a 2. fejezet tárgyalja. Kiemelt figyelmet érdemelnek a termálvíz jellegű (20 °C-nál melegebb, speciális összetételű) ivóvizek. Az ivóvíz minőségének javítása során a vízbáziseredetű szennyezők esetén törekedni kell olyan lehetséges hidrogeológiai és vízgazdálkodási megoldásokra (pl. vízátvezetés, vízbáziscsere), amelyek nem az igen költséges víztisztítási technológiák alkalmazására támaszkodnak.

A karsztvízkészletek a Dunántúli-középhegységben és a Bükk térségében játszanak jelentős szerepet az ivóvíz-kitermelésben. A nyílt karsztvízbáziskészleteket veszélyeztetik leginkább a környezeti és antropogén hatások. A közelmúlt nagyobb ivóvízjárványait (az extrém esőzés következtében fellépő) karsztvízszennyezés okozta, amelynek kockázata az éghajlatváltozással összefüggésben növekszik. A Dunántúli-középhegységben a bányászati tevékenység leállása óta emelkedő karsztvízszint újabb potenciális szennyezési útvonalat jelenthet, a pozitív kutak nem megfelelő műszaki védelme miatt.

A hasadékos és repedezett kőzetekben tárolt víz lokális léptékben, az ország kisebb területén játszik szerepet az ivóvíz-előállításban. Talajvízkészleteink többsége nem alkalmas ivóvízellátásra (az üzemelő talajvízbázis az ivóvíztermelés 5%-át adja), ugyanakkor a nem közműves ellátásban elsődleges a talajvíz szerepe. A hazai ivóvízellátásnak kb. 8%-át fedezik a felszíni vízkészletek, amelyek speciális vízminőségi kockázatai (különös tekintettel a toxintermelő cianobaktériumokra és a szerves mikroszennyezőkre, gyógyszermaradványokra) figyelmet érdemelnek. Országosan az ivóvízkivétel jelenleg a teljes lehetséges kapacitás harmadát sem éri el, de a víztermelő kapacitás kihasználásának nagy a területi szórása, különösen az Alföldön vannak túlhasznált vízbázisok. A távlati, jelenleg még nem használt ivóvízbázisok kapacitása összemérhető a tényleges vízkivétellel. Az ivóvízcélú vízkivétel hatása a készletgazdálkodásra és a vízbázisok kitettsége a szélsőséges időjárási eseményeknek

régiónként eltérő. A területi eltérések mértékének pontosítása és az éghajlatváltozási modellekhez illesztése középtávú kutatási feladat a Kárpát-medence egészében.

Az ivóvízkezelés kihívásai

A növekvő elvárások az ivóvíz minőségével szemben újabb kihívások elé állítják az ivóvíz-előállítást. A hagyományos szennyező anyagokra vonatkozó határértékek több esetben szigorodtak, ami mind technológiai, mind gazdasági szempontból növekvő terhet ró a vízművekre. Egyre nagyobb figyelmet kapnak a korábban nem vizsgált, de az emberi egészségre potenciális veszélyt jelentő új vagy újonnan felismert szennyezők is (pl. a szerves mikro- és nanoszennyezők, a hormonháztartásra ható anyagok, az egysejtű kórokozók, a vírusok, az antibiotikumrezisztens szervezetek). A jelenleg alkalmazott vízkezelő technológiák a nyersvízeredetű szennyezők eltávolítása során technológiai eredetű szennyezések megjelenését okozhatják. mikrobiológiai kockázat csökkentése érdekében alkalmazott, jellemzően klóralapú fertőtlenítés sok esetben eredményezi egészségkárosító fertőtlenítési melléktermékek keletkezését, ami egyben a lakossági panaszok egyik elsődleges forrása. A korábbi eljárásokat kiváltó, új generációs vízkezelő technológiák az új szennyezők, valamint a hagyományos vízszennyezők korábbinál hatékonyabb eltávolításában játszhatnak szerepet. A másodlagos (az elosztóhálózatban bekövetkező) vízminőségromlás megelőzése érdekében biológiailag stabil (alacsony szervesanyag- és tápanyagtartalmú, korróziót nem okozó) víz előállítása szükséges. A klóralapú fertőtlenítés kiváltásával csökkenthető a fertőtlenítési melléktermékek keletkezése. Az új technológiákkal szemben támasztott elvárások sokrétűek: a hatékony víztisztítás és a technológiai melléktermékek keletkezésének minimalizálása mellett őrizzék meg az

ivóvíz értékes ásványianyag-tartalmát, és gazdaságosan (hatékony víz- és energiafelhasználással) legyenek üzemeltethetők.

A különböző eredetű új szennyezők és a szigorodó határértékek a vízanalitika számára is kihívást jelentenek. A szennyezők előfordulásának jellemzése és az ehhez szükséges módszerek fejlesztése mellett fontos feladat az egyes szennyezők tényleges egészséghatásának a hazai helyzetre vonatkoztatott becslése, kockázatelemzése.

Az ivóvíz-előállítás terén a legkomplexebb technológiai igénye az úgynevezett újvíz-berendezéseknek van, amelyek tisztított szennyvizet hivatottak ivóvízminőségűre tisztítani. Jelenleg az ilyen irányú fejlesztéseknek – az egyéb vízforrások viszonylag bőséges rendelkezésre állása miatt – csekély a hazai igénye. A fenntarthatósági szempontokat szem előtt tartva ugyanakkor növekszik az ivóvíz és az úgynevezett használati víz szétválasztásának fontossága, tekintettel arra, hogy a megtermelt ivóvíznek mindössze 3%-át fogyasztják el ténylegesen. A használati víz különböző forrásokból származhat: az ivóvízzel azonos nyersvízből, alacsonyabb szintű tisztítást követően, csapadékvízből, talajvízkútból vagy úgynevezett szürkevízből (fekális szennyezést nem tartalmazó háztartási szennyvízből). A jellemző hasznosítási módok (mosás, öntözés, vécéöblítés) közegészségügyi szempontból a fogyasztásnál kisebb, de nem elhanyagolható kockázatot jelentenek, ezért elengedhetetlen az adott használathoz tartozó vízminőségi határértékek és egyéb közegészségügyi feltételek kidolgozása.

A decentralizált rendszerek terjedése (lásd alább), a tudatosabb fogyasztói igények és a megelőző szemléletű ivóvíz-szolgáltatás (amely nagyobb hangsúlyt fektet az üzemközi ellenőrzésre) a nagyműszeres analitikai technikák fejlesztése mellett olyan új vízvizsgáló módszerek kidolgozását teszi szükségessé, amelyekkel az alapvető vízminőségi vizsgálatok csekély műszerezettséggel és szakértelemmel, laboratóriumi háttér nélkül, a helyszínen elvégezhetők.

Az elosztóhálózatok kockázatai: vízveszteség és másodlagos vízromlás

Elsősorban a vízdíj bevezetését követően megváltozott fogyasztói szokások miatt az ivóvízfogyasztás az elmúlt 30 évben folyamatosan (kb. a felére, átlagosan napi 110 l/fő/napra) csökkent. A vidéki kistelepüléseken még nagyobb a változás, részint a lakosság elvándorlása, részint a saját kutak használata miatt (a napi közműves fogyasztás mindössze 60–80 l/fő). Az elosztóhálózat a jelen vízfogyasztáshoz képest országosan túlméretezett és jellemzően leromlott állapotú. Az elöregedett csőhálózatból elszivárgó víz okozta veszteség jelentős (20–30%), ennek csökkentése korszerű hálózatiszivárgás-detektáló eljárások fejlesztése révén lehetséges, amelyek egyben a rekonstrukciós programok tervezésének, ütemezésének optimalizálását is elősegítik. A csőhálózatok korszerűsítése a gazdasági szempontok mellett közegészségügyi érdek, mivel a vezetékek integritásának sérülése az ivóvíz mikrobiológiai szennyeződésének egyik elsődleges oka. A rekonstrukció hosszú távú eredményessége szempontjából mind a beépített anyagok minősége, mind a jelenlegi igényekhez jobban alkalmazkodó méretezés meghatározó, bár a tűzivízigények biztosíthatósága érdekében a hálózati kapacitás egy bizonyos ponton túl már nem csökkenthető.

A csökkenő fogyasztás következménye a megnövekedett tartózkodási idő az elosztóhálózatban. Ennek eredményeképpen kedvezőtlen folyamatok (szervetlen anyagok lerakódása, kioldódás, biofilmképződés) indulhatnak meg. Ez az úgynevezett másodlagos vízromlás, amelynek kockázata a klímaváltozás hatására emelkedő nyári középhőmérséklet miatt (különösen a külső hőmérsékletnek jobban kitett, épületen belüli elosztóhálózatokban) várhatóan növekedni fog. A gerincvezetékek több mint felét kitevő azbesztcement csövek kopásából származó azbesztrostok egészséghatása nem tisztázott, a kiváltásukra használt műanyag csövek életciklusa, hibaforrásai még nem ismertek.

Elsődlegesen az épületek belső elosztóhálózatában jelentkezik a csőanyagokból, szerelvényekből kioldódó anyagok (különösen az ólom, emellett a réz, króm, nikkel, kadmium) okozta szennyezés, valamint a mikrobiológiai utószaporodás. Bár a hálózatokban elszaporodó, a felületeken biofilmet képző mikroorganizmusok többsége ártalmatlan környezeti szervezet, a rendszerekben előfordulhatnak olyan kórokozók, amelyek egészséges emberekre ugyan nem veszélyesek, de legyengült immunállapot esetén megbetegedéseket okozhatnak. Ezek hatása jelen-

leg elsősorban az egészségügyi ellátóintézményekben észlelhető, de az idősödő társadalmakban az otthoni környezet kockázata is növekszik. Az elosztóhálózatban kialakult biofilm okozza a spontán nitrifikációt is, amely csecsemők egészségére veszélyt jelentő mennyiségű nitrit keletkezését eredményezheti. A másodlagos vízminőségromlás elsősorban közegészségügyi kockázat, kiküszöbölésében azonban a vízkezelés fejlesztésének, az anyagtudományoknak (a bakteriális növekedést nem támogató csőanyagok) és az épületgépészetnek is van feladatuk.

Kockázatszemléletű üzemeltetés

A technológiai fejlesztések mellett a megfelelő üzemeltetési gyakorlat is nélkülözhetetlen a kiváló minőségű kezelt víz biztosítása érdekében. Az Ivóvízminőség-javító Program keretében, európai uniós finanszírozásból újonnan kiépült (hagyományos elveken nyugvó) technológiák működésének közegészségügyi és gazdasági optimalizálása további feladatot jelent. Az üzemeltetés „legjobb gyakorlatának” elterjedését országosan több tényező is segíti. A víziközmű-szolgáltatásról szóló törvény hatálybaléptét követően a szolgáltatók száma a vízművek összevonásával közel a tizedére csökkent, ami összehangoltabb, magasabb színvonalú műkö-

dést tesz lehetővé. A hazai víziközmű-szabályozói gyakorlatban elkezdték alkalmazni az összehasonlító teljesítményértékelést (benchmarking), amely a nemzetközi trendek szerint a nem versengő közszolgáltatások felügyeleti gyakorlatának egyre fontosabb eleme. Egy országos léptékű benchmarkingfolyamat új platformot teremthet a regionális kutatói-üzemeltetői együttműködések kialakítása felé. Az ivóvízbiztonság szempontjából jelentős előrelépés a kockázatalapú megközelítés (ivóvízbiztonsági tervezés) beépülése a szolgáltatói gyakorlatba.

Kevéssé vizsgált területe az ivóvízbiztonságnak a szándékos vízszennyezés vagy az ivóvízellátást érintő egyéb szándékos káresemények (terrortámadások). Az ezekre való felkészülés (kockázatértékelés, korai jelzőrendszerek fejlesztése) mind a vízművek, mind a katasztrófavédelmi hatóságok számára kiemelt jelentőségű feladat.

A nem közműves ivóvízellátás kockázatai és feladatai

Statisztikai adatok szerint a lakosság mintegy 5%-a nem részesül közműves ivóvízellátásban. Idetartoznak többek között az ellátatlan területen (külterületen, tanyás övezetben, üdülőterületen vagy zártkertes településrészen) élők, valamint azok, akik szociális okokból nem veszik igénybe a szolgáltatást (nem tudják finanszírozni a rákötést, díjtartozás miatt kizárták őket a szolgáltatásból, vagy a túl nagy terhet jelentő vízdíjak miatt hagyatkoznak részben vagy teljesen más forrásokra). Becslések szerint a lakosság 3%-ának egyedi (intézményi, üzemi vagy közösségi) ellátórendszerek biztosítják az ivóvizet. Emellett kb. 200 ezer ember fogyasztja sa-

ját, jellemzően talajvízre telepített, fúrt vagy ásott kútjának a vizét, és ez növekvő tendenciát mutat. Teljes körű, országos felmérés azonban nem áll rendelkezésre arról, hogy a közműves ellátással nem rendelkező, hátrányos helyzetű csoportok hogyan jutnak hozzá az alapvető ivóvíz- (és szennyvíz)szolgáltatáshoz.

Nemcsak az ivóvíz elégtelen minősége (a hozzáférhető víz szennyezettsége) növeli a fertőzések kockázatát, hanem a személyes higiéné korlátozott lehetősége miatt a nem megfelelő mennyiség is, például a vezetékes vízzel nem rendelkező vagy a fogyasztásból kizárt háztartások esetén.

Míg a közműves és a legtöbb egyedi rendszer által szolgáltatott ivóvíz minőségét rendszeresen ellenőrzik, a magánkutak (3 évenkénti) vizsgálata csak 2016 júniusa óta kötelező. Ezek vízminőségéről jelenleg csak eseti információ áll rendelkezésre. Tapasztalatok szerint a magánkutak a fertőző és nem fertőző megbetegedések szempontjából is nagyobb kockázatot jelentenek, mint a közműves ellátás (bár utóbbi esetén nagyobb az egyes események által érintett lakosok száma). Az ivóvíz nitrit- és nitráttartalmával összefüggő methemoglobinémiás megbetegedést az utóbbi években kizárólag magánkutak vize okozott, és az ország egyes területein a hepatitis A vírus okozta fertőzések számának növekedését is a nem megfelelő ivóvízellátással hozták kapcsolatba. Közegészségügyi szempontból hasonló kockázatokat vet fel (bár jellemzően más társadalmi csoportot érint) az ugyancsak ellenőrizetlen minőségű természetes forrásvizek elsődleges ivóvízként való fogyasztása.

Az egyre inkább előtérbe kerülő magánellátás miatt (amely jellemzően saját kútból valósul meg, bár vannak hazai példák esővízgyűjtésen alapuló rendszerekre is) az ivóvízkezelés igénye, illetve feladata már nemcsak központilag, hanem helyi szinten is megjelenik. E téren fontos szerep juthat a háztartási léptékű víztisztító berendezéseknek, technológiáknak. Az ivóvízként használt nyersvizek (magánkutak vize, csapadékvíz) összetételéről és a víztisztító berendezések hatékonyságáról különböző minőségű

nyersvizek esetén jelenleg nincs információ. A lakosság körében egyre elterjedtebb kisberendezések alkalmazása a hálózati víz utótisztítására, a – sokszor csak vélt – minőségi problémák megoldására. A berendezések hatásaként jelentkező esetleges egészségnyereség, illetve a (gyakran helytelen) használatból adódó egészségkockázatok még értékelésre várnak.

Az ivóvízellátás esélyegyenlőségi szempontjai

Társadalmi szempontból az ivóvíz nemcsak az ember egészségéhez, hanem az emberi méltósághoz is elengedhetetlen. A vízhez való jogot elismerte az ENSZ közgyűlése, és Magyarország Alaptörvénye is elismeri bizonyos formáját, illetve több alapjogon keresztül biztosítja érvényesülését. Ugyanakkor számos ügy mutat rá arra, hogy Magyarországon a társadalom perifériájára szorult emberek bizonyos körében nehézségbe ütközik a vízhez való jog maradéktalan és fenntartható biztosítása. Ezt súlyosbítják a megfizethetőségi korlátok: a Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv felülvizsgálatának megállapításai szerint a lakosság fele a nemzetközileg és hazai dokumentumokban is elfogadhatónak tekintett szint (a jövedelem 3%-a) feletti víziközműdíjat fizet, az alsó jövedelmi tizedben pedig e ráfordítás a 8%-ot is meghaladja. A helyzet kulcsa a legszegényebb, hátrányos helyzetű fogyasztók és az átlagfogyasztókat érintő árképzés és kompenzációs rendszer egyértelmű szétválasztása, amely jelenleg nem megoldott, bár a szabályozás elvben megfelelő módon rendezi a kérdés hátterét. A külterületeken kialakult szegénynegyedek helyzetét nehezíti, hogy ezeken a területeken az önkormányzatoknak korlátozott kötelezettségük van az ivóvíz biztosítására. Több szempontból problémát okozhat a fogyasztók kizárása is. Ha nagy számban nem kerülnek vissza a rendszerbe, nemcsak a vízhez való jog sérül, de a víziközmű gazdaságos működtethetősége is csökken. A fogyasztásból kizártak vagy rákötéssel nem rendelkezők sok esetben csak a közterületi kutakból jutnak ivóvízhez, így azok felszámolása vagy kapacitásszűkítése tovább korlátozza a hozzáférésüket. A rendelkezésre álló vízkészletek csökkenése egyes területeken (a klímaváltozás vagy a túlhasználat hatására) újabb feladatokat ró a társadalomra az egyetemes, egyenlő esélyel megvalósuló hozzáférés biztosítása terén.

Kiemelt kutatási feladatok

Az ivóvízbázisokat veszélyeztető tényezők

- Korábban nem vizsgált, felszíni és felszín alatti vizekből származó kémiai, mikrobiológiai és radiológiai ivóvízszennyezők kockázatának értékelése, szükség esetén határérték megállapítása
- A parti szűrés hatékonyságát befolyásoló környezeti tényezők és folyamatok (vízszint, vízhőmérséklet, hordalékszállítás, kolmatáció), illetve a hidromorfológiát érintő beavatkozások (pl. duzzasztás) ivóvízminőségre gyakorolt hatásának vizsgálata.
- A parti szűrés hatékonyságának értékelése a szerves mikroszennyezők (pl. gyógyszermaradványok) eltávolításában
- A vízminőséget alakító mikrobiológiai közösségek jellemzése a vízkivételi művekben, parti szűrésű kutakban és elosztóhálózatokban
- Az ivóvízkészletek területi eloszlása változásának felmérése a felhasználás és az éghajlat változásával összefüggésben, az ivóvízhiány megelőzése érdekében

Az ivóvízkezelés kihívásai

- Innovatív ivóvízkezelő technológiák fejlesztése: biológiailag stabil víz előállítása, az új szennyezők eltávolítása az ásványianyag-tartalom megőrzése mellett, a technológiából adódó mikrobiológiai kockázatok csökkentésének lehetőségei
- A mikroszennyezők eltávolítására alkalmas biológiai módszerek fejlesztése
- A fertőtlenítési melléktermékek keletkezési dinamikájának vizsgálata a nyersvízösszetétel és az alkalmazott vízkezelő módszerek függvényében, az azonosításukhoz szükséges kémiai analitikai eljárások és vizsgálati protokollok fejlesztése
- A fertőtlenítési melléktermékek (haloecetsavak, haloacetonitrilek) egészséghatásának vizsgálata

Az elosztóhálózatok kockázatai: vízveszteség és másodlagos vízromlás

- A hálózati szivárgás észlelésére alkalmas innovatív diagnosztikai módszerek fejlesztése
- A másodlagos vízminőségromlás nyomon követése az ivóvízelosztó hálózatban: opportunista kórokozók, egészségkockázatot jelentő mikrobiális folyamatok, a csőanyagokból származó kockázatok

Kockázatszemléletű üzemeltetés

- Az extrém időjárási események sérülékeny ivóvízbázisokra kifejtett hatásának modellezése és az adaptáció beépítése a vízművek üzemeltetésébe
- Az új típusú biztonsági kockázatok (pl. terrorizmus) elleni védekezés beépítése a vízművek üzemeltetésébe
- Kockázatszemléletű, költséghatékony, energia- és víztakarékos ivóvízellátás fejlesztése
- Az ivóvízzel összefüggő megbetegedések és járványok észlelésére alkalmas észlelőrendszer (surveillance) kifejlesztése

A nem közműves ivóvízellátás kockázatai és feladatai

- Az alternatív vízforrások (pl. csapadékvíz, szürkevíz) hasznosításához szükséges közegészségügyi, pénzügyi, műszaki, jogi feltételek kidolgozása, a használativíz-szolgáltatás kiépítése szükségességének vizsgálata
- A csapadékvíz összetételének vizsgálata az időjárás és a szennyezőforrások függvényében, a kockázati tényezők azonosítása
- Innovatív, költséghatékony vízvizsgáló módszerek kifejlesztése a kockázatalapú üzemellenőrzéshez, valamint a magánkutak és egyéb nagyon kis vízellátó rendszerek vízminőség-ellenőrzéséhez, *in situ* vizsgálatokhoz
- Magánkutak, csapadékvíz-alapú és egyéb nagyon kis vízellátó rendszerek vízkezelésére alkalmas, moduláris vízkezelő technológiák fejlesztése

Az ivóvízellátás esélyegyenlőségi szempontjai

- A teljes megtérülés elvének és az ivóvíz megfizethetőségének egyidejű megvalósítására alkalmas megoldások kidolgozása
- Az ivóvízhez való teljes körű, hosszú távon is fenntartható hozzáférés biztosítása mindenki számára, beleértve a társadalom perifériájára szorult embereket – jogi, műszaki és pénzügyi megoldások azonosítása
- A speciális jogállású ivóvízellátó rendszerek (államhatárokon átnyúló ivóvíz-szolgáltatás, illegális településrészeket ellátó vagy szívességi vízszolgáltatásként üzemelő rendszerek) technológiai, finanszírozási, illetve jogi megoldásainak azonosítása

2. Vízminőség

Kulcsszavak

- felszíni és felszín alatti, fizikai, kémiai és biológiai, ökológiai vízminőség
- analitika, automatikus online mérések, távérzékelés, emissziós leltárak, ökotoxikológia, izotóphidrológia, vízgyűjtőszintű modellezés
- minősítési módszerek, emissziós és immissziós határértékek
- hagyományos és új szennyezők, diffúz és pontszerű vízszennyezés, só- és hőterhelés, tápanyagterhelés, eutrofizáció, gyógyszermaradványok, kórokozók, xenobiotikumok
- szélsőséges időjárási helyzetek, transzportfolyamatok, elkeveredés
- terheléscsökkentés, kármentesítés, szennyvíztisztítás, természetközeli technológiák

Kihívások

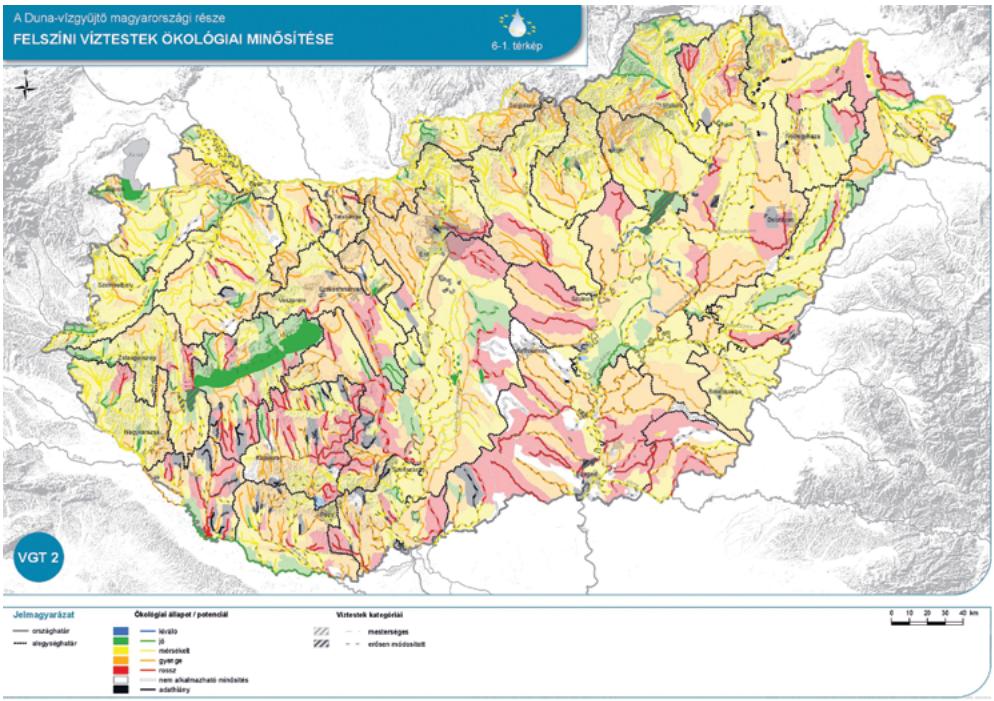
A vízminőség meghatározása

A felszíni és felszín alatti vizek minőségét a fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságok összessége határozza meg, és a vízzel kapcsolatos valamennyi természetes és antropogén folyamat befolyásolja. A vízminőség megítélése mindig egy adott (pl. ökológiai vagy emberi) szempontrendszer függvénye; a mért vízminőségi paraméterek (kitettség) csak a jelentkező, az emberi egészségre vagy az ökoszisztémákra gyakorolt hatásokkal együtt értékelhetők. A vízminőség meghatározása jellemzően az emberi vízhasználatnak, illetve az ökológiai igényeknek való megfelelés alapján történik (ivóvízellátás, öntözés, termálvízhasználat, horgászat, rekreáció stb.). Értékelését nehezíti, hogy az ökoszisztémára vagy az emberi egészségre gyakorolt hatás nem minden esetben következik egyértelműen az egyes vízminőségi jellemzőkből. Egyes stresszfaktorok szinergikus hatást válthatnak ki, más tényezők kioltháthatják egymást. A vízminőség ökológiai vonatkozásait az 5. fejezet tárgyalja.

A vízminőség elemeinek mérése és modellezése

A felszíni és felszín alatti víz minőségének jellemzése hagyományosan térben és időben kiterjedt, széles spektrumú monitoringvizsgálatokra épül, a Víz Keretirányelv (VKI) előírásainak megfelelően. A VKI fő célkitűzése a vizek „jó ökológiai és kémiai állapotának" elérése, de a vízminőségi határértékek sok esetben az emberi célokhoz igazodnak (pl. ivóvízminőség). A törzshálózati pontokon meghatározott gyakorisággal zajlanak egyes fizikai, kémiai és (felszíni víz esetén) biológiai paraméterek vizsgálatát célzó mintavételek. Jelenleg még sok az adathiányos víztest, és a minősítéshez szükséges osztályba sorolás sem megbízható. Egyes esetekben a víztestek kategorizálásához szükséges hidromorfológiai adatok sem állnak rendelkezésre teljeskörűen. Az egyes élőlénycsoportokra épülő ökológiai minősítőrendszer folyamatos fejlesztést, finomítást igényel. A kémiai mo-

nitoring területén számos komponens (pl. szerves mikroszennyezők) kimutatása nem kellően megbízható a jelenlegi módszerekkel. A kötelezően vizsgálandó paraméterek körének bővülése, a szigorodó határértékek és az új szennyezők egyaránt az analitikai módszerek fejlesztését teszik szükségessé, amely jellemzően egyre inkább a nagyműszeres analitika (és az ehhez szükséges megfelelő elválasztástechnika) felé tolódik el.



A nagy idő- vagy térbeli felbontású mérési módszerek elterjedése és a számítási kapacitás ugrásszerű növekedése a hagyományos problémák esetében is új szemszögű megközelítéseket tesz lehetővé. Az elmúlt évtizedben elérhetővé vált automatikus módszerekkel jelentősen megnövelhető a mérések gyakorisága, a távérzékelés segítségével pedig a térbeli lefedettség, így a vízminőség dinamikus változásai, tranziens eseményei is feltérképezhetők. A vezető nélküli repülőgépes technológia (a drónok) fejlődése a laboratóriumi mérésekhez hasonló terepi mérések elvégzését teszi lehetővé. Ugyanakkor a hazai gyakorlatba még nem épültek be kellőképpen ezek a módszerek, és az automatikus monitoringadatok hosszú távú tárolása sem megoldott.

Bár az online mérések az adatgyűjtés új távlatait nyitják meg, a jelenlegi technológiáknak módszertani és pénzügyi korlátai is vannak (pl. a mikroszennyezők vizsgálata terén). A kockázatértékelésen alapuló (célzottan a potenciális terhelési forrásokra fókuszáló) monitorozás költséghatékonyabb fejlesztési irányt jelent. Ehhez a meglévő emissziós leltárak pontosítása és a természetes háttérszennyezés jellemző határértékeinek a felülvizsgálata szükséges, az EU által kötelezően előírt komponensek mellett a vízgyűjtő-specifikus szennyezőkkel kapcsolatban is. A szinergista hatások jellemzésére is alkalmas ökotoxikológiai módszerek szerepe erősítendő, ugyanakkor a rendelkezésre álló módszerek köre még számos ponton bővítésre szorul (pl. a hormonhatású és a hormonháztartást befolyásoló anyagok vizsgálata terén).

A sokszorosára növekvő adatmennyiség összetett modellek használatát teszi lehetővé és igényli. Vízgyűjtőszintű modellek segítségével jellemezhető például az egyes szennyezések forrása és terjedése az anyagspecifikus szennyezéscsökkentő intézkedési programok meghatározásához. A medenceszintű dinamika jellemzését a hidrológiai mérések mellett a kémiai és izotóphidrológiai vizsgálatok is támogatják. Nagyobb vízgyűjtő esetén több mérési pont adatainak együttes értékelése szükséges, ezért biztosítani kell az eredmények hozzáférhetőségét. A vízgyűjtőléptékű adatok rendelkezésre állását a határral osztott felszín alatti víztestek és a határon átnyúló vízfolyások nagy száma is nehezíti.

Felszíni és felszín alatti vizek minősítése, az emissziós és immissziós határértékek összehangolása

A kémiai vízminőség szempontjából az Országos Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv felülvizsgálata (VGT2) során elvégzett állapotértékelés a 185 felszín alatti víztest harmadát találta gyenge vagy romló állapotúnak. Elsődlegesen a diffúz (nitrogén)terhelés jelent problémát. (A mennyiségi értékelést a 3. fejezet tartalmazza). A felszín alatti vízbázisok esetén az aktuális állapot minősítése mellett a sérülékenységi küszöbértékek számítása és a veszélyeztetettségi besorolások aktualizálása is kiemelt jelentőségű. Az ivóvízbázisok esetén ez stratégiai fontosságú feladat (lásd 1. fejezet).

Az ökológiai minősítés alapján a felszíni vizek közül a vízfolyások mindössze 7, az állóvizek 12%-a tekinthető jó állapotúnak. A vízfolyások többsége az alkalmazott ötfokozatú (kiváló, jó, mérsékelt, gyenge, rossz) skálán a „mérsékelt” besorolást kapta, jellemzően a biológiai minősítés

miatt, kémiai szempontból közel felük megfelel a „jó állapot” kritériumainak. A speciális szennyező anyagokra vonatkozó (korántsem teljes körű) elemzések elsősorban fémek okozta szennyezést mutattak ki. Az állóvizek közül a nagy tavak (Balaton, Fertő tó, Velencei-tó) és a szikes tavak ökológiai állapota jó, a holtágak és más módosított víztestek esetén a tápanyagterhelés és a feliszapolódás a jó állapot elérésének elsődleges akadálya. Számos víztest állapotértékelése adathiány miatt nem lehetséges.

A fürdőzésre használt felszíni vizeket a rekreációs igényekhez igazodó vízminőség-vizsgálatok alapján is minősítik. A hazai kijelölt fürdőheyek minősége több mint 95%-ban jó vagy kiváló (bár az adathiány itt is problémát jelent). Az alkalmazott minősítés azonban nem terjed ki a speciális kórokozók (enterális vírusok, egysejtű kórokozók) vagy a cianobaktérium-toxinok által okozott kockázatokra. A fürdővíz-minősítésben is előtérbe kerülnek azok az előrejelzésen alapuló módszerek, melyek a vízminőség romlásához vezető események azonosításával határoznak meg olyan beavatkozási értékeket (pl. egy adott csapadékmennyiséget vagy vízszintet), amelyeknél a fürdőzés várhatóan már kockázattal jár.

Egyes terhelések – különösen az új szennyezők, lásd később – ökológiai állapotra gyakorolt hatása még nem kellően feltárt, illetve számszerűsített (lásd a 6. fejezetet is). A szennyezések összeadódó hatásainak csökkentése érdekében az egyes kibocsátókra vonatkozó (úgynevezett emissziós) határértékek és a víztest terhelhetőségét jellemző (immissziós) határértékek összehangolása szükséges. Különösen fontos ez a szennyezésekre fokozottan érzékeny kisvízfolyásoknál.

A vízminőséget veszélyeztető hagyományos szennyezők

Hagyományos szennyezőknek a régóta fennálló, például szervesanyag-, hő-, tápanyag-, ion- és nehézfémszennyezőket tekintjük. Ezeknél az okozott problémák jellege, kiterjedése és sok esetben megoldási lehetősége már ismert, bár elhárításuk országos szinten belátható időn belül nem várható.

Szervesanyag-terhelés a vizek többségét éri, ennek egyik fő forrását a kommunális szennyvíztisztítók jelentik. A szigetelés nélküli lakossági folyékonyhulladék-tárolók (emésztők) környezeti hatása még nem kellően feltárt. A szervesanyag- és növényitápanyag-terhelés másik fő forrása a mezőgazdasági tevékenység. A sekély felszín alatti víztestek jelentős részében a nitrát- és ammóniumszennyezés jelenti a hasznosíthatóság korlátját. A szennyezett talajvíz felfelé mozgása (különösen a csapadékszegény időszakokban), valamint a talajeróziós bemosódás a lejtős szántóföldekről a felszíni vizek minőségét is erőteljesen befolyásolja. Síkvidéki vízfolyások mezőgazdasági eredetű terheléséhez a belvízlevezetés is jelentősen hozzájárul. Az elsősorban az intenzív műtrágyázásból eredő nitrátkimosódás mellett – számottevő regionális különbségekkel – a foszforterhelés is jelentős lehet. Felszíni vizekben a tápanyagterhelés elsődleges következménye az eutrofizáció (lásd 5. fejezet), de a szerves anyagok az oxigéndepléció révén is jelentősen megváltoztatják a vizek biológiai és kémiai állapotát. A talajvízben felhalmozódó szennyezés – a különböző természetes utánpótlódási útvonalakon és a mélyebb rétegeket célzó fúrások mentén – fokozatosan eléri az egyre hosszabb tartózkodási idejű mélyebb rétegeket is.

A talajból kimosódó műtrágyák nemcsak szerves anyagaik, hanem mobilizálható fémtartalmuk miatt is kedvezőtlen hatást fejthetnek ki. A fémterhelés további, csak részben feltérképezett forrásai lehetnek a szennyvíziszapkomposztok (lásd fenn), a szakszerűtlenül lerakott (erőművi vagy kohászati) pernye- és salakhányók, a felhagyott szén- és ércbányák helyén maradt „öregségi vizek” és a timföldgyártás melléktermékeként keletkező vörösiszap. Kevésbé jól jellemzett, de mennyiségi szempontból fontos fémterhelési útvonal a légköri kirakódás (depozíció), illetve a városi csapadékvíz-lefolyás, így ezek vizsgálata kiemelt fontosságú.

A mezőgazdasági eredetű növényvédőszer-hatóanyagok, szermaradékok és bomlástermékeik országos szinten is jelentős diffúz szennyezők, amelyek a gyökérzónán túljutva a mélyebb felszín alatti vízkészletekben is felhalmozódhatnak. A legnagyobb arányban a már korábban betiltott perzisztens szennyezők (elsősorban triazinszármazékok) mutathatók ki. A rétegvizekben előforduló talajszennyezők szintén veszélyt jelentő csoportja az ipari zsírtalanításra, száraz vegytisztításra használt klórtartalmú szénhidrogéneké (pl. triklór-etilén-, klór-benzol-származékok). A felszámolt ipartelepek és laktanyák, felhagyott hulladéklerakók helyén nagy kiterjedésű talaj- és talajvízszennyezések jelentenek kockázatot a felszín alatti vizekre (egy részüket az Országos Környezeti Kármentesítési Program keretén belül kezelték).

A felszíni vizek hőszennyezésének elsődleges forrásai az ipari hűtővizek, illetve a használt termálvizek. Az utóbbiak esetén a hőterhelés sok esetben egyéb, például só- vagy szervesanyag-szennyezéssel párhuzamosan lép fel. A hőterhelés az emberi felhasználást jellemzően nem befolyásolja közvetlenül, a vízi ökoszisztémákra viszont (különösen más szennyezőkkel kombinálva) jelentős, sok esetben még feltáratlan hatása lehet.

Hévíz visszasajtoló kút Turán

A vízminőséget veszélyeztető új típusú szennyezők

Az úgynevezett új szennyezők lehetnek többek között gyógyszerek, új peszticidek, állagvédelmi és ipari adalékanyagok, amelyek változatos, a gyógyszer- és vegyipari anyagkutatás és termelés fejlődése miatt nagy ütemben bővülő vegyülethalmazt jelentenek. A különböző új szennyezők előfordulása, koncentrációja, környezeti terjedése és lebomlása, valamint az emberi egészségre és a vízi ökoszisztémákra gyakorolt hatása még nem feltárt. A detektálási módszereket, valamint a hatásmechanizmusokat célzó kutatásoknak együtt kell haladniuk.

A közvélemény számára jelenleg az elsősorban a szennyvíz közvetítésével a felszíni vizekbe kerülő gyógyszermaradványok, hormonok jelentik a legnagyobb aggodalmat. A hormonháztartást befolyásoló egyéb anyagoknak (pl. biocidok, növényvédőszerek, nehézfémek) változatos a forrásuk. Ezen új típusú szennyezők élővilágra gyakorolt hatása – amely a nagyobb kitettség miatt igen jelentős lehet – alig ismert. Kiemelt jelentőségűek az iparban a műanyagok lágyítására használt ftalátok, amelyek a vizekben (beleértve az ivóvizet is) szinte mindenütt kimutathatók. A talajvizekbe elsősorban az illegális hulladéklerakók műanyaghulladékaiból kioldódva kerülhetnek, de a rendeltetésszerűen használt műanyag termékekből (akár az ivóvízvezetékekből, ásványvizes palackokból) is beoldódhatnak. Nem klasszikusan bioaktív új szennyezők az anyagtechnológiában rohamos mértékben terjedő szén nanocsövek vagy a műanyaghulladék aprózódásakor keletkező mikroszkopikus műanyagszemcsék. Ugyancsak új típusú, növekvő aggodalmat jelentő kockázat az antibiotikumrezisztens mikroorganizmusok kikerülé-

se és a rezisztenciagének elterjedése a vízi környezetben. Ebben a lakossági – különösen kórházi – szennyvizek mellett az állattenyésztésben intenzíven használt antibiotikumok miatt a szerves trágya és a mezőgazdasági szennyvíz is jelentős szerepet játszik.

Az időjárási- és transzportfolyamatok hatása a vízminőségre

Valamennyi eddig felsorolt szennyező vízminőségre gyakorolt hatását különböző természetes folyamatok is befolyásolják: például időjárási események, hidrodinamikai jelenségek vagy a vízi ökoszisztémák működése (utóbbival az 5. fejezet foglalkozik). A nyári időszakban várhatóan emelkedő vízhőmérsékletek kémiai és biológiai folyamatokat változtatnak meg. A vízhozamcsökkenés (pl. kisvizek idején) a szennyvízeredetű terhelés koncentrálódását, az özönvízszerű esőzések esetén előforduló, csapadékvízzel kombinált szennyvíztúlfolyás a terhelés növekedését eredményezi. Az egyéb vízhasználatokkal (pl. öntözés, halgazdálkodás, termálvíz-hasznosítás) összefüggő vízminőségi kérdéseket a 3. fejezet tárgyalja.

Az éghajlatváltozásból eredő természeti jelenségek befolyásolhatják a talajon keresztül megvalósuló beszivárgási viszonyokat, az elkeveredési folyamatokat, a hordalékmozgást és az ezekből adódó hidrodinamikai és szennyezési események alakulását. A folyamatok és hatások megismerése átfogó monitoring- és modellezési programot, valamint integrált modellezési rendszerek kifejlesztését igényli, amelyek egy adott területen a konkuráló vízigények (pl. öntözés, ivóvíz, energetikai célú vízkivétel) optimalizálását is segíthetik.

A szélsőséges időjárási helyzetek hatásának pontos ismerete (és előrejelzése) nemcsak vízgazdálkodási és kármegelőzési (lásd 4. fejezet), hanem vízminőségi szempontból is fontos. Például a nagy tömegben lezúduló csapadékvíz a vizeknek nemcsak a mennyiségét, hanem – kémiai összetéte-

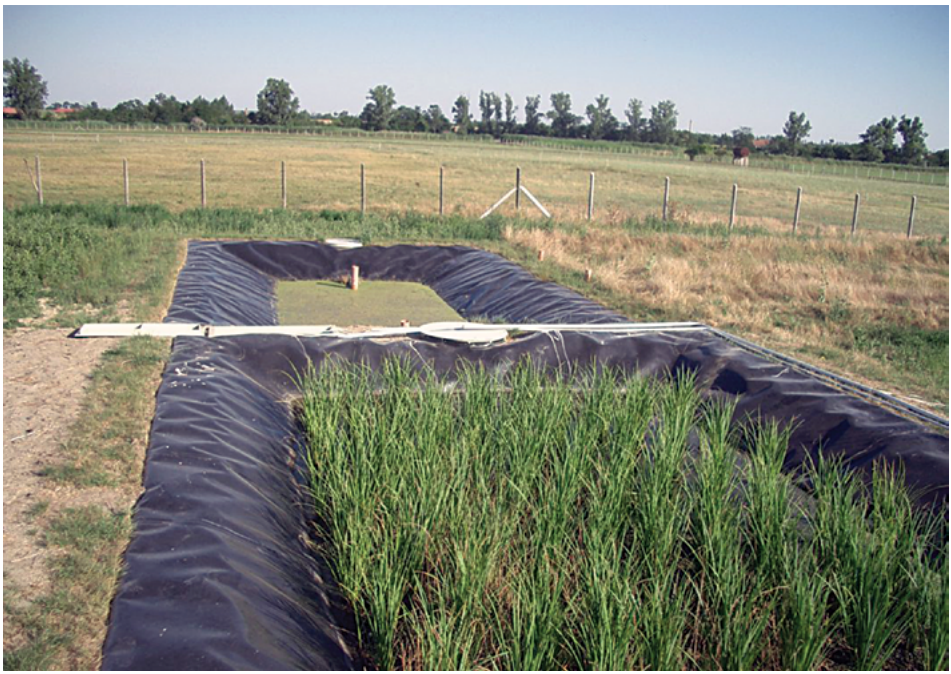
lén vagy éppen hígító hatásán keresztül – a minőségét is befolyásolhatja. A felhőket és ködöt alkotó vízcseppek fontos szerepet játszanak a levegőkémiai folyamatokban, a természetes és antropogén eredetű légköri gázok kimosódásában, ezen keresztül pedig a csapadék kémiai összetételének alakulásában. A felhőkben lejátszódó csapadékképződési folyamatok előrejelzése érdekében a számítógépes modellezés fejlesztése mellett a szélsőséges időjárási helyzetek előrejelzésére vonatkozó információk pontosítása a cél. A legjobb nyomjelzők a természetes izotópok: menynyiségük folyamatosan mérhető a csapadékban és a felszíni víztestekben, segítségükkel nyomon követhető a globális változás helyi mértéke, valamint alapadatokat szolgáltatnak a vízkutatás és más tudományterületek számára.

A folyók elkeveredési folyamatairól (az advekció, a turbulens diffúzió és diszperzió területén) széles körűek az elméleti ismeretek. Komplex áramlások esetén azonban az elméleti leírásoknál figyelembe vett egyszerűsítések nem alkalmazhatók (pl. térbeli áramlási struktúrák, folyókanyarulatok, összefolyások jelenlétekor vagy többfázisú áramlásoknál), ehhez a terepi mérési módszerek és a számítógépes modellek továbbfejlesztése szükséges. A folyók turbulenciaviszonyainak kimérése, a térbeli áramlások modellezése például még nem megoldott feladat.

A tavakban kialakuló áramlási és turbulenciaviszonyok megismerésében kiemelt fontosságú a szél keltette dinamikus terhelés modellezése, a morfológiai, vízminőségi és ökológiai folyamatok hosszú időtávú elemzése. Fő kihívás a nagy felbontású meteorológiai előrejelzések integrálása, a lejátszódó vízminőségi, üledékvándorlási folyamatok elemzése – folyamatos helyszíni mérésekre, valamint távérzékelésre támaszkodva. A szennyező anyagok felkeveredő mederanyagokból való mobilizálódásának, a víz-hordalék-meder kölcsönhatásának jellemzése és számszerűsítése is megfelelő mennyiségű adatot és modellezést igényel.

A terhelések csökkentése, a meglévő szennyezések hatékony felszámolása

A diffúz szennyvízterhelés csökkentése (a csatornarendszerek fejlesztése, illetve az elöregedő infrastruktúra megújítása) mellett a korszerű, energiahatékony, a szennyvíz összetételéhez adaptált szennyvíztisztítás a prioritás. A természetközelibb technológiák (pl. faültetvényes, épített vízinövényes, kombinált rendszerek, élőgépes rendszer) költséghatékony



és a fenntartható vízgazdálkodást támogató fejlesztési irányt jelentenek. Egyre nagyobb szerepet kell kapnia a nemzetközi gyakorlatban már széleskörűen alkalmazott, a mikroszennyezők eltávolítását célzó úgynevezett negyedleges tisztítási fokozatnak is. Felértékelődik a decentralizált szennyvíztisztítási technológiák szerepe, elsősorban olyan területeken, ahol a központi csatornázás nem oldható meg gazdaságosan, de helyi tisztítás (és hasznosítás) révén a kibocsátott szennyvizek mennyisége (és így az élővizekre gyakorolt hatása) más területeken is csökkenthető. A tisztított szennyvizek egyéb módon való elhelyezése (pl. szikkasztás) is lehetséges alternatíva, de ehhez a különböző módszerek környezeti hatásának összehasonlító értékelése szükséges. A hazai fejlesztési irány jelenleg a szennyvíziszapok mezőgazdasági hasznosításának növelése, ugyanakkor a nem megfelelő minőségű vagy nem megfelelően kezelt szennyvíziszap komposzttápanyag-, nehézfém- és esetenként szervesmikroszennyező-terhelést jelenthet, valamint hozzájárulhat a kórokozók és az antimikrobiális rezisztencia terjedéséhez. Részben ezt felismerve nemzetközi irányzatok egyre inkább az energetikai hasznosítás irányába mutatnak, különösen városi környezetben.

Alapkutatási igények elsősorban az új kármentesítési technológiák, a diagnosztikai és analitikai módszerek területén léphetnek fel. Ezek költségigényes fejlesztések, de alkalmazásuk megbízhatóbb helyzetképet, hatékonyabb műszaki beavatkozást biztosít a kármentesítésre kötelezettek számára. Erősödik a passzív kármentesítési és kockázatcsökkentő mérnöki eljárások fejlesztésének igénye.

A hagyományos szennyezések megelőzése és kezelése elsősorban szabályozásközpontú feladat. A nagy kiterjedésű diffúz szennyezéseknél a klasszikus talaj- és talajvíztisztítási technológiák rendkívül költségesek, a szennyezési eseményekre fordított erőforrásokat az általuk okozott ökológiai és/vagy társadalmi problémák súlyosságának függvényében kell elosztani. Az új kármentesítési módszerek fejlesztése mellett a már ismert technológiák optimalizálása is szükséges, mind költséghatékonyság, mind az adott cél szempontjából. Az eróziós és transzportfolyamatok nagy területi változékonysága miatt például a jó mezőgazdasági gyakorlatok területre optimalizált bevezetésével jelentős terheléscsökkenés érhető el. Emellett számos olyan egyéb módszer is létezik (növényi védősáv a vízfolyások mentén, mesterséges vizes élőhelyek létrehozása stb.), amely szintén elősegítheti a vízminőség javulását. E nélkül azonban még kisebb vízgyűjtők esetében is jóval költségesebb hasonló léptékű javulás elérése.

A hagyományos szennyezők közül a sekély felszín alatti víztestek jelentős részét érintő nitrát- és ammóniumszennyezés felszámolására jelenleg nincs kidolgozott technológia. A használt termálvizek jelentette só- és hőterhelés csökkentése érdekében további műszaki és technológiai fejlesztések (a visszasajtolás erősítése, vízkezelés) szükségesek (lásd 3. fejezet).

A gyógyszermaradványok, hormonok expozícióját elsősorban a szennyvíztisztítás további fejlesztésével (pl. oxidáció- vagy membrántechnológia-alapú negyedleges tisztítási eljárások alkalmazásával) lehet csökkenteni. A hormonháztartást befolyásoló, változatos forrásból származó egyéb anyagok (pl. biocidok, növényvédőszerek, nehézfémek) esetén a kockázatcsökkentés sokrétű feladat.

A xenobiotikumok környezeti hatásainak minimalizálása egyrészt új (a perzisztencia és a bioakkumuláció szempontjából kedvezőbb) anyagok fejlesztésével, másrészt utólagos kezelésekkel érhető el. Egyes anyagok, illetve anyagcsoportok regionális korlátozásával vagy az azonos hatásmechanizmusú, de kevésbé perzisztens vegyületekre való áttérés ösztönzésével enyhíthető a kibocsátások okozta környezetkárosítás és az annak felszámolásához szükséges költségek. A helyi célzott szennyvízkezelő technológiák bevezetését – magas költségei miatt – környezetgazdasági optimalizációnak kell megelőznie.

Kiemelt kutatási feladatok

A vízminőség jellemzése (mérés, minősítés, modellezés)

- A felszín alatti vízbázisok sérülékenységi küszöbértékének kiszámítása
- Az ásvány- és gyógyvízösszetétel időbeli változásának nyomon követése
- A szerves és szervetlen mikroszennyezők országos felmérése, terjedésük és lebomlásuk vizsgálata a környezeti tényezők függvényében
- Az új típusú szennyezők (nanoanyagok, műanyag mikrorészecskék, antibiotikumrezisztens mikroorganizmusok) emberi egészségre és az ökoszisztémákra kifejtett hatásának vizsgálata
- Vízminőségi változásokat okozó mikrobiológiai folyamatok feltárása termálvizekben, szennyvíz- és csapadékvíz-elvezető hálózatokban
- A természetes fürdővizek minősítésének kiterjesztése (modellezés, helyspecifikus vízminőség-előrejelző rendszer kialakítása, összehangolás az ökológiai vízminősítéssel, kórokozók valós idejű kimutatása)

A vízminőséget veszélyeztető szennyezők és beavatkozások

- A felszín alatti vizek minősége talajszennyezettségből következő változásának monitorozása (országosan, regionálisan, vízgyűjtőszinten)
- A művelés alatt álló és felhagyott bányákban tárolódó (öregségi) vizek hatása a felszíni és felszín alatti vizek minőségére
- A mezőgazdasági hasznosítási célú ipari és kommunális szennyvíziszap komposzteredetű szennyezőinek (kórokozók, szerves mikroszennyezők, nehézfémek) vízminőségre és emberi egészségre kifejtett hatásainak vizsgálata
- A hulladéklerakókból és csurgalékvizeikből a felszíni és felszín alatti vizeket érő terhelések vizsgálata
- Az öntözésre használt vizek (talajvíz, rétegvíz, szürkevíz, tisztított szennyvíz, visszatartott vizek, termálvizek stb.) emberi egészségre és a környezetre káros szennyező anyagainak feltárása
- A Dunántúli-középhegység emelkedő karsztvizének hatása a kapcsolódó felszíni és felszín alatti vizek és ivóvízbázisok minőségére

- A használt vizek (hűtővíz, termálvíz) által okozott hőterhelés hatása a vízminőségre
- A városi csapadékvíz-lefolyás vízminőségre gyakorolt hatásának vizsgálata
- A megváltozó konnektivitás (fragmentáció, összekapcsolás) vízminőségre gyakorolt hatásának megismerése
- A tisztított és tisztítatlan, ipari, mezőgazdasági és kommunális szennyvizek engedélyezett vagy illegális kibocsátása által a befogadók vízminőségére kifejtett hatás vizsgálata, kiemelten az időszakos, illetve nagyon csekély alaphozamú vízfolyásokra
- A halas- és horgásztavakból a befogadó felszíni vizekbe jutó terhelések vizsgálata, a hatások üzemelési gyakorlattal való csökkenthetőségének feltárása

Természetes folyamatok vízminőségre gyakorolt hatása

- A folyók turbulenciaviszonyainak és komplex áramlásainak leírására alkalmas modellek és ezek adatigényét kiszolgáló monitoring fejlesztése.
- Tavi összekapcsolt hidrodinamikai és vízminőségi 3D modellek fejlesztése, melyek a tóméretttől függetlenül jól alkalmazhatók a szél hatásának leírására
- A szélsőséges időjárási helyzetek, a nyári hőmérséklet-emelkedés és a szélsőséges mennyiségű csapadék hatása a szennyvíztelepekre és -hálózatokra (hatásfok, melléktermék képződése, hidraulikai terhelés)
- A víztesteket a légkörből való kiülepedés, transzport és kimosódás révén érő szennyezések vizsgálata
- A felszíni és felszín alatti vizek minőségét befolyásoló hidrológiai és transzportfolyamatok modellezésének fejlesztése, eseményalapú modellek bevezetése, a modellek adatigényének, tér- és időbeli felbontásának felmérése
- Technológia és innováció (a terhelések csökkentése, a meglévő szennyezések hatékony felszámolása)
- Az új mezőgazdasági gyakorlatok (talajhasználati rendszerek, precíziós agrárgazdálkodás) által a talajok hidrológiai és egyéb tulajdonságaira, a szennyezések terjedésére, valamint a felszíni és felszín alatti vízkész-

letekre kifejtett hatások vizsgálata, a mezőgazdasági eredetű diffúz szennyezés csökkentésének lehetőségei
- A mezőgazdasági, ipari és kommunális szennyvizek alternatív (biológiai) kezelési lehetőségeinek vizsgálata, negyedleges (a mikroszennyezők eltávolítására alkalmas) és decentralizált szennyvíztisztító technológiák fejlesztése, a mikroorganizmusok szerepének optimalizálása a szennyvíztisztításban
- Fertőtlenítési melléktermékek keletkezését minimalizáló, megfelelő hatásfokú medencevíz-kezelő technológiák fejlesztése, adaptálása

Társadalmi, gazdasági, jogi aspektusok

- A felszíni vizek diffúz szennyezésének csökkentésére gazdaságosan alkalmazható módszerek kidolgozása, az alkalmazás elősegítéséhez szükséges jogi környezet megteremtése
- Az EU Nitrát Irányelvének végrehajtásához szükséges adatigények felmérése és összehangolása a jelenlegi adatszolgáltatási kötelezettséggel
- Olyan gazdasági eszközök feltárása, amelyekkel a mezőgazdasági szereplők érdekeltté tehetők a diffúz szennyezések csökkentésében

3. Fenntartható vízhasználat

Kulcsszavak

- korlátos vízkészletek, egyenlőtlen térbeli eloszlás, időbeli változások, felszíni lefolyás, beszivárgás, vízutánpótlódás
- vízigények, konfliktusok, takarékos vízhasználat, túlhasználat
- fenntartható vízhasználat és vízkivétel
- ipari vízhasználat, újrahasznosítás, hatékony technológiák, vízerőkészletek: energetikai hasznosítás, technológiai fejlesztés
- mezőgazdasági vízhasználat, öntözés, víztakarékos öntözési technológia, öntözési vízigény, illegális vízkivétel
- termálvíz- és hévízhasznosítás: fenntartható hasznosítás, energetika, kitermelhető mennyiség, visszasajtolás, hő- és sóterhelés, használtvízelhelyezés
- turisztikai és rekreációs vízhasználat, gyógyászati célú felhasználás, vízkezelő technológiák, vízi közlekedés

Kihívások

A vízkészletek és vízigények egyenlőtlen térbeli eloszlása és időbeli változásai

A fenntartható vízhasználat során a mennyiségi korlátokat és a vízhasználat vízminőségre gyakorolt hatásának minimalizálását egyaránt szem előtt kell tartani. A kibocsátással járó vízhasználatok vízminőségre gyakorolt hatását a 2. fejezet tárgyalja. Kihívást jelent a már jelenleg is korlátos készletek elosztása a különböző vízigények között. A hozzáférhető vízmennyiség térbeli és időbeli eloszlásának az éghajlatváltozással és a módosuló felhasználói igényekkel is összefüggő változása újabb társadalmi konfliktusokat idézhet elő.

Magyarország jelentős felszíni és felszín alatti vízkészletekkel rendelkezik, de ezek területi eloszlása nem egyenletes. A felszíni vizek esetén a

kisvízi állapot jelent mennyiségi korlátot, amelyet a vízminőség is súlyosbíthat (különösen pl. a szennyvízzel terhelt kisvízfolyásoknál). A felszín alatti víztestek között különösen az Alföldön vannak olyanok, amelyek esetében a felhasználás megközelíti vagy meghaladja a természetes vízutánpótlást.

Kiemelt figyelmet kell fordítani a talajra is, hiszen az az édesvízkészletek legnagyobb kapacitású potenciális természetes tározója, a talajnedvesség a hozzáférhető víz jelentős hányadát adja.

A hazai és határokon túli vízgyűjtőkben az éghajlatváltozás következtében várhatóan csökken a felszíni lefolyás, a felszín alatti vizek utánpótlódását biztosító beszivárgás, összességében tehát a hasznosítható vízkészletek fogyatkozása várható. Az éghajlatváltozással ugyanakkor egyes vízigények növekedhetnek (pl. öntözés, hűtés, lakossági felhasználás, ásványvíz-kitermelés), különösen a nyári időszakban. A vízkészletek és vízigények változásainak nyomon követéséhez mennyiségi indikátor

és monitoringrendszer fejlesztése szükséges, az adaptációs tervek kidolgozását a minél pontosabb előrejelzések segíthetik.

A felszín alatti vízkészleteket befolyásoló beszivárgás mértékéről és annak változásáról korszerű mérőeszközök és mérési programok segítségével nyerhetők egyre pontosabb adatok, és a hidrogeológiai modellezésnek is erőteljesebb szerepet kell kapnia.

Érdekkonfliktusok a vízkészletek használói között

Az azonos felszín alatti vízkészletet érintő különböző vízkivételek közötti konfliktusok jelentős része a mennyiségi határértékek hiányából fakad, továbbá abból, hogy a felhasználók sok esetben (például mezőgazdasági és egyes ipari vízhasználatok során) nem szembesülnek az igénybe vett szolgáltatás árával. Ennek következménye a készletek pazarló használata, a hatékony technológiák iránti érdektelenség és az infrastruktúrák túlhasználata. A felszín alatti vizek kivételének igen jelentős része illegális (a VGT2 becslése szerint a kutaknak mindössze 10%-a rendelkezik engedéllyel), ami tovább nehezíti a fenntartható vízelosztást.

A felszíni vizek használatához kapcsolódóan különböző humánvízigények között (pl. fürdőzés és horgászat), illetve a társadalmi és ökoszisztéma-szükségletek között jelentkezhetnek – elsősorban a vízminőséggel összefüggő – konfliktusok. (A VKI a jó ökológiai állapot elérését és megőrzését tekinti kiemelt célnak, ezzel részletesebben a 2. fejezet foglalkozik.) A vízkivételek költségigénye a fogyasztók számára felszíni vizek esetén sem minden esetben érzékelhető, az elosztási mechanizmus nem ösztönzi a felhasználókat a takarékos használatra (pl. a mezőgazdaságban).

Főbb társadalmi vízhasználatok: ivóvíz

A társadalmi vízhasználatok közül az ivóvíz biztosítása stratégiai fontosságú. Az ivóvíz hiánya súlyos társadalmi problémákhoz vezet (mind lokálisan, mind regionálisan, a vízhiány kiváltotta migráció miatt), ezért az ellátás mennyiségi és minőségi fenntarthatóságára egyaránt kiemelt figyelmet kell fordítani. (Az 1. fejezet ennek számos aspektusát tárgyalja: víz- és energiatakarékos, gazdaságos víznyerés; tisztítás és fogyasztói felhasználás; hálózati veszteségek csökkentése.) Az ivóvízminőség javítására irányuló fejlesztések során mérlegelni kell a helybeni tisztítás és

a regionális ivóvízellátó rendszerekre való csatlakozás (vízátvezetés) lehetőségét mind a gazdasági, mind a környezeti fenntarthatóság oldaláról. Kulcsfontosságú az ivóvízbázisok minőségi és mennyiségi védelme a különböző előrelátható negatív hatásoktól (klímaváltozás, felszín alatti vizek túlhasználata, új szennyezők, folyók medermélyülése).

Főbb társadalmi vízhasználatok: ipari vízhasználat, vízenergia-hasznosítás

Az ipari vízkivétel az összes vízhasználat kb. 80%-a, amelyen belül a hűtővízcélú felhasználás 90–95%. A használt hűtővíz igen gyorsan visszakerül a vízciklusba, ezért elsősorban a vízminőségre gyakorolt hatása (hőterhelés) számottevő. Az egyéb ipari vízhasználatoknál – a megjelenő vízigényen túl – leginkább a változatos összetételű szennyvíz kibocsátása befolyásolja a vizek állapotát. Ezt a terhelést a minimális kibocsátásra optimalizált gyártási technológiával, valamint úgynevezett csővégi (end-of-pipe), helyileg alkalmazott tisztítási technológiák fejlesztésével lehet csökkenteni, különösen a nagy vízigényű ipari fogyasztók (papíripar, gyógyszeripar) esetén. Mindez a megfelelő műszaki feltételrendszer ki-

dolgozása esetén újrahasznosítási lehetőséget is jelent az ipari vízigények kielégítésére.

A felszíni vizek energetikai hasznosítása a magyar villamosenergia-rendszerben jelenleg kis hányadot képvisel. Az ország műszakilag hasznosítható vízerő-potenciáljának jelenlegi kihasználtsága kb. 1%-os (Tisza, Rába, Hernád). A megújuló forrásból termelt villamosenergia aránya és mennyisége növelhető a vízenergia-hasznosítás fejlesztésével, azonban tekintettel kell lenni az ökológiai hatásokra és a társadalmi konfliktusokra. Célzott kutatások szükségesek a vízlépcsők környezeti hatásainak megismeréséhez, például a duzzasztás következtében kialakuló hidraulikai változások, a vízminőség és a hordalékszállítás változása, az erózió, az élőhely-fragmentáció vagy az építés közben bekövetkező hatások feltárására.

Főbb társadalmi vízhasználatok: mezőgazdasági vízhasználat, öntözés

A mezőgazdaságban a legtöbb vízre az öntözéshez van szükség, amelynek során a vízpótlás mellett az egyéb öntözési célok (pl. fagyvédelem, virágzáskésleltetés, talajvédelem) vízigényével is számolni kell. Az éghajlati és az abból következő vízjárási szélsőségek a növénytermesztést kiemelten érintik, a változó feltételekhez való optimális alkalmazkodás a hidrogeológiai és talajtani, agrotechnikai és öntözéstechnikai ismeretek tudatos összekapcsolását igényli. Az öntözésfejlesztés lehetséges irányai között az öntözött terület kiterjesztése és az intenzitás fokozása vagy éppen a művelésiág-váltás és az ökológiai szempontok erősítése egyaránt felvetődik. A költségek és hatások értékelését gazdasági, vízgazdálkodási és ökológiai oldalról is el kell végezni.

A fenntarthatóság fontos eleme a víztakarékos, innovatív öntözési technikák (pl. felszíni vagy felszín alatti csepegtető öntözés, csepegtetőszőnyeg) fejlesztése, amelynek azonban vannak speciális (pl. a vízminőséggel összefüggő) korlátai. A legkedvezőbb megoldás mindig az adott víz-

talaj-növény rendszer függvényében határozható meg.

Az öntözési célú vízkivételek optimalizálása is elengedhetetlen a vízhasználat fenntarthatósága szempontjából. A felszín alatti vízbázisokból (jellemzően a talajvízből) való átgondolatlan (és nagy részben illegális) vízkivétel a talajvízszint süllyedését, hosszú távon pedig az érintett területek vízgazdálkodásának romlását eredményezheti.

A talajvízkutak minősége öntözési célra általában megfelelő (bár az élelmiszerbiztonság szempontjából a kórokozók és a szerves vagy szervetlen mikroszennyezők kockázatot jelenthetnek). Rétegvizek felhasználása esetén a kémiai összetétel (összes sótartalom vagy egyes kémiai szennyezők jelenléte) szintén korlátozhatja a felhasználást. A felszíni vízbázisokat tekintve az öntözés az ország nagy részén megoldható lenne a nagy folyókra alapozva, de a gazdaságosság a folyóktól távolodva drasztikusan csökken. Alternatívát jelenthetnek az újrahasznosított vizek (tisztított szennyvíz, szürkevíz, használt termálvizek), de alkalmazásukat megelőzően a vízminőség alapos megismerése (különös tekintettel a kórokozókra, az új szennyezőkre és a talajállapotot befolyásoló tényezőkre) és annak függvényében a hasznosíthatóság műszaki, élelmiszer-biztonsági és közegészségügyi feltételeinek meghatározása szükséges.

A szántóföldi termelésben elengedhetetlen a belvíz és az aszály együttes, komplex kezelése. A meglévő infrastruktúrák (pl. belvízcsatornák)

felújítása, kibővítése, a tulajdonviszonyok és az üzemeltetés szabályozása mellett a visszatartott víz minőségével és optimális eloszlásával kapcsolatos vizsgálatok is szükségesek (lásd 4. és 6. fejezet).

Az öntözési vízigény a talaj víztározó kapacitásának nagyobb mértékű kihasználásával csökkenthető. Ehhez célzott adatgyűjtéssel a talaj hidrofizikai tulajdonságainak (vízbefogadó, vízvezető és víztartó képesség) jobb megismerése, valamint az egyszerűen mérhető talajparaméterekre épülő becslő módszerek fejlesztése szükséges. A csapadék, a talajnedvesség-tartalom, a talajpárolgás, a növényzet által felvehető vízmennyiség és az evapotranszspiráció ismeretében előre jelezhető az öntözés szükségessége. Azon agrotechnológiai eljárások, amelyek elősegítik a csapadékvíz talajba szivárgását, szintén előmozdíthatják a víztakarékos gazdálkodást, csakúgy, mint a helyi környezeti feltételekhez leginkább alkalmazkodó (pl. kis vízigényű, hatékony vízfelhasználású vagy a vízborítottságot tűrő) növényfajták megválasztása. Utóbbihoz elengedhetetlen a növények környezeti tényezőkre (vízellátás, hőmérséklet, légköri CO_2) adott válaszreakcióinak ökofiziológiai vizsgálata.

Főbb társadalmi vízhasználatok: termálvizek energetikai hasznosítása

A termálvíz-hasznosítás szempontjából Magyarország adottságai kiemelkedők: az átlagos hazai földi hőáram értéke kb. 90 mW/m^2, míg a geotermikus gradiens 30 és 50 °C/km közötti. A termálvizek a Kárpát-medencében hidraulikailag sok helyen összefüggenek az ivóvíztermelésre, ásványvízkivételre használt rétegekkel. Speciális vízgazdálkodási stratégia kialakítása szükséges annak érdekében, hogy egy adott területen fenntartható módon legyenek kielégíthetők az egymással esetenként konkuráló ivóvíz-, ásványvíz-, gyógyászati és energetikai célú igények. A termálvízkivétel mennyiségi korlátait más felszín alatti vízkészletekhez hasonlóan szükséges meghatározni. A különböző hőmérsékletű vizek hasznosítására jelenleg is vannak elérhető technológiák, de a geotermikus energia hasznosításában rejlő lehetőségek jobb kiaknázásához további fejlesztések szükségesek.

100 °C vízhőmérséklet felett az alapvető hasznosítási lehetőség az elektromos energia termelése, illetve az egységnyi elektromos energia előállítása során keletkező többszörös mennyiségű hőenergia hasznosítása.

Az első hazai geotermikus erőmű Turán

Bár az országban több helyen is vannak e tekintetben alkalmas területek, ilyen beruházások eddig nem valósultak meg.

30 °C vízhőmérséklet alatti nyitott (víztermeléses és visszanyeletéses) hőszivattyús rendszerek, valamint hőszondák telepítésére a folyók hordalékkúpjai a legalkalmasabbak. Zárt rendszerű (szondás és talajkollektoros) hőszivattyú telepítése céljából – a karsztos térségek kivételével – a felszínközeli, a felső 80–100 m (max. 250 m) rétegvastagságban tárolt és utánpótlódó hőkészletek kiaknázására nyílik lehetőség számos hazai területen. E rendszerek hatással lehetnek a felszínközeli vízkészletekre.

A 30–100 °C hőmérsékletű vizeket elsősorban kaszkád elrendezésű kommunális rendszerekben fűtésre és lakossági-ipari használati melegvíz-szolgáltatásra, valamint wellness- és gyógyfürdőkben, mezőgazdasági létesítményekben hasznosítják.

A hévízkészletek kitermelése sok helyen meghaladja a fenntartható mértéket, folyamatos a vízszintsüllyedés. Ennek megelőzését szolgálja – mint legjobb elérhető megoldás – a kitermelt víz visszasajtolása, amely azonban jelenleg a vízkivételnek kevesebb mint a 10%-a esetén valósul meg. Visszasajtolás hiányában a használt, a környezetinél magasabb hőmérsékletű és sokszor igen magas sótartalmú vizek felszíni befogadókba kerülnek, jelentős környezetterhelést okozva. A vízvisszasajtolás technológiáját a költségek csökkentése és a teljes körű műszaki megvalósítható-

ság érdekében fejleszteni kell, a használt vizek minőségének figyelembevételével. A legtöbb esetben az energetikai céllal kitermelt termálvizeket is vegyszeresen kezelik (pl. foszfátadagolással csökkentik a sókiválást). A fenntartható használat érdekében a meglévő energetikai célú vízkivételek hőenergiájának optimalizálására, a többlépcsős hasznosítás terveinek kidolgozására és megvalósítására, a hasznosítás hatásfokának növelésére is hangsúlyt kell fektetni.

Főbb társadalmi vízhasználatok: rekreáció, gyógyászat, közlekedés

A felszíni vizek rekreációs felhasználása széles körű, a fürdőzés mellett a vízi sportokat, a sporthorgászatot és a(z öko)turizmust is magában foglalja. Mindezek szempontjait, igényeit kell összeegyeztetni egymáséival vagy éppen a hajózás, a mezőgazdasági hasznosítás elvárásaival. A hazai vizeken 280 fürdésre kijelölt, engedélyezett szabadvízi fürdőhely van, ezeknek több mint a fele a Balatonon. (A fürdőzésre engedély nélkül és ellenőrizetlenül használt partszakaszok száma lényegesen magasabb.) A strandok létesítése és az egyéb víz- vagy területhasználatok között sok esetben ellentét merül fel (pl. természetvédelem, hajózás, horgászat, legeltetés vagy művelés a védőterületen).

A termálvizek rekreációs és gyógyászati felhasználásának Magyarországon évszázados hagyományai vannak. Az elmúlt évtizedben a – nem kizárólagosan termálvízre alapozott – fürdőfejlesztés a turisztikai ágazatnak is stratégiailag fontos részét képezte. A termálvizek nagy része gyógyvíz minősítésű, az ezekkel töltött gyógymedencéket jellemzően töltő-ürítő rendszerben (a medence teljes térfogatát napi egy-két alkalommal leürítve), fertőtlenítés nélkül üzemeltetik, ami sem vízgazdálkodási, sem közegészségügyi szempontból nem fenntartható gyakorlat. A pazarló vízhasználat ellenére gyakori a gyógymedencék egészségkockázatot jelentő mértékű mikrobiológiai szennyeződése, ami a visszasajtolást is ellehetetleníti. Az élővízbefogadóba kerülő használt víz azonban jelentős só- és hőterhelést okoz.

A nem gyógyvízzel üzemelő medencék vizét forgatják, ami takarékosabb vízhasználatot tesz lehetővé. A mikrobiológiai biztonság érdekében alkalmazott (jellemzően klórtartalmú) fertőtlenítőszerek túladagolása egészségkárosító melléktermékek megjelenéséhez vezet. A fenntarthatósági és közegészségügyi szempontok egyaránt szükségessé teszik a

medencevíz-kezelő technológiák fejlesztését. A gyógyvízkezelő technológiák fejlesztésének megalapozásához a hazai gyógyvizek gyógyhatásért felelős, biológiailag aktív komponenseinek tudományos igényű vizsgálata is elengedhetetlen. Társadalmi oldalról a felelős fürdőzői magatartás kialakítása segítené elő a medencés fürdők biztonságát.

Közlekedési/szállítási szempontból a folyami szállítást tartják a leginkább környezetkímélő szállítási módnak. Az összehasonlítások alapját képező számítások azonban jellemzően csak a szállított áru fajlagos üzemanyag-felhasználását veszik figyelembe, a vízi út kialakításának, fenntartásának és a vízközlekedés által okozott vízminőségromlás csökkentésének költségeit, illetve a vízi ökoszisztémákat érő károkat nem. A Duna hajózhatóságának fenntartható biztosítása érdekében többek között az egész folyamra kiterjedő, nemzetközi szinten egységes gázló-előfordulás és áruáramlás-modellezés, valamint az előrejelzés és a forgalomszervezés információs fejlesztése szükséges. A többi hazai folyó esetében is fontos a hajózhatóság fenntartásának felülvizsgálata a tényleges kihasználtság és az egyéb vízhasználatok (kiemelten az ökológiai szempontok) figyelembevételével.

A fenntartható folyamgazdálkodásnak a hajózhatóság ugyanakkor csak az egyik szempontja, a megoldandó problémák (pl. a hordalékvándorlás, a medermélyülés, a mellékágak állapotának megőrzése/javítása) nem választhatók el az egyéb vízhasználatoktól (például ivóvízkivétel, rekreáció, vízi élőhelyek). A folyók szabályozásának műszaki kérdéseit együtt kell kezelni a beavatkozások ökológiai hatásainak, a rekreáció, a folyó menti ivó- és más vízbázisokat érintő hatások és a gazdaságosság kérdésköreivel. Ehhez az egyes tudományterületek összefogásával közös mérési és modellezési eljárások kidolgozására van szükség.

Kiemelt kutatási feladatok

A vízkészletek és vízigények térbeli és időbeli eloszlása, változásai

- Mennyiségiindikátor- és monitoringrendszer fejlesztése a jelenlegi vízhasználat és az éghajlatváltozás vízjárási és vízgazdálkodási következményeinek nyomon követésére, a felszíni és felszín alatti vízkészletek mennyiségi változásainak előrejelzése klíma- és hidrogeológiai modellek alapján
- A felszín alatti vízkészletekre vonatkozó mennyiségi határértékek megállapítása, a beszivárgás, a felszín alatti áramlási pályák változásainak vizsgálata a fenntartható vízkivétel biztosítása érdekében
- A különböző termelési ágazatok vízszükségletének felmérése a vízhasználat stratégiai tervezésének megalapozásához; a vízmérlegszámítás pontosítása valamennyi vízigény, az illegális vízkivételek és a természetes vízvisszaforgatás figyelembevételével
- A Balatonon ökológiailag szükséges, de az emberi vízhasználatot és a lakott partszakaszokat nem veszélyeztető vízszintingadozás biztosításának tudományos megalapozása
- A talaj vízgazdálkodási tulajdonságait becslő módszerek fejlesztése, a vízmegtartó és áteresztőképességre ható emberi beavatkozások (talajművelés-rendszerek, csatornázás, talajfelületek lezárása burkolatokkal stb.) következményeinek feltárása
- A Duna–Tisza közi Homokhátságon tapasztalható talajvízszint-süllyedés megállításának tudományos megalapozása
- A felszíni és felszín alatti vizek mennyiségi és minőségi védelmét biztosító hal- és erdőgazdálkodási gyakorlatok kialakítását megalapozó kutatások, különös tekintettel a vízvisszatartásban játszott szerepükre

Társadalmi vízhasználatok

- Innovatív, víztakarékos és költséghatékony öntözési módszerek fejlesztése, az öntözési módszerek adaptálása víz-talaj-növény rendszerre, az öntözési vízigény minél pontosabb előrejelzése térben és időben
- A Duna hajózhatósága gazdasági és ökológiai szempontú fejlesztésének megalapozása, a hajózhatóság feltárása más folyókon
- A termálvíz-hasznosítás optimalizálásának (többlépcsős hasznosítás, hatásfoknövelés, fúrási és kihozataljavító technikák, visszasajtolási

technológia, a meddő olaj- és gázkutak bevonása) tudományos megalapozása
- Az ökológiai, gazdasági és műszaki szempontú optimalizáció megalapozása egyes folyószakaszok rekreációs célú szabályozásával és revitalizációjával kapcsolatban (pl. elzárt mellékágak megnyitása, part közeli zónák „akadálymentesítése”)
- A hatékony hévízgazdálkodást szolgáló lokális és regionális léptékű hőtranszportmodellek fejlesztése

Technológia és innováció

- A talaj víztároló kapacitását növelő agrotechnológiai eljárások kifejlesztése
- A mezőgazdasági, ipari és kommunális szennyvizek újrahasznosítását lehetővé tevő technológiai fejlesztések, a helyi (csővégi) szennyvíztisztító technológiák fejlesztése
- A gyógyvizek gyógyhatáscsökkentés nélküli kezelésére alkalmas vízkezelő technológiák fejlesztése

Társadalmi, gazdasági, jogi aspektusok

- A magyar víziközmű-szolgáltatási, vízbázisvédelmi jogszabályok fejlesztésének szükségessége és lehetőségei
- A használttermálvíz-elhelyezés jogi szabályozásának áttekintése a felszíni és felszín alatti vízkészletek megóvásának előmozdítása érdekében
- A geotermikus energiahasznosításhoz kapcsolódó visszasajtolás jogi, műszaki, közegészségügyi és vízminőségi feltételrendszerének megteremtése
- A háztartási szürkevizek hasznosítását lehetővé tevő jogi, műszaki és közegészségügyi feltételek megteremtése
- A tervező, kivitelező, fürdőüzemeltető, ellenőrző hatóság és a fürdőlátogató együttműködésének előmozdítása a megfelelő fürdővízminőség megőrzése érdekében
- Keretrendszer kialakítása, amelyben a fürdőzési, rekreációs és egyéb vízhasználatok egymást támogató és nem versengő használatok
- A korlátos vízkészletek fenntartható és méltányos elosztásának megvalósítása gazdasági és jogi ösztönzőkkel

4. Vízgazdálkodás

Kulcsszavak

- vízkészlet-gazdálkodás: határvizek
- vízkárok: árvíz, kisvíz, jégkár, belvíz, aszály megelőzése, előrejelzése és a vízkárok elleni védekezés, a vízkárok enyhítése, hidrodinamikai modellezés
- aszálymonitoring, talajnedvesség- és párolgásvizsgálat
- vízvisszatartás, tározás, mederszabályozás, mederkezelés
- hordalékgazdálkodás
- településfejlesztés: integrált települési vízgazdálkodás, csapadékvízgazdálkodás, „smart cities”

Kihívások

A vízgazdálkodás feladatai és kényszerfeltételei határokon átnyúló vízbázisokon

A vízgazdálkodás alapvető feladata a természet vízháztartásának, valamint a társadalom víz iránti igényeinek optimális összehangolása, céljai között a megfelelő vízhasználat/vízhasznosítás feltételeinek megteremtése, illetve a különböző természeti és antropogén vízkárok elhárítása is szerepel. (A vizek használatával, a fenntarthatóság kérdésével a 3. fejezet foglalkozik.) A vízgazdálkodás tudományos, műszaki, gazdasági és igazgatási tevékenységeket egyaránt magában foglal. Az éghajlatváltozásból következő, egyre gyakoribbá váló szélsőséges időjárási események és a társadalom változó igényei a vízgazdálkodás gyakorlatának felülvizsgálatát teszik szükségessé.

Magyarország mind a felszíni, mind a felszín alatti vizek tekintetében nagyrészt alvízi helyzetben van: a felszíni vizek mintegy 96%-a a határainkon túlról érkezik, a felszín alatti víztesteknek pedig több mint a fele határral osztottnak tekinthető. Ezért a vízgazdálkodás erőteljesen ki van téve az országhatárokon átnyúló hatásoknak. Folyóink vízgyűjtő területé-

nek nagyobb és egyben árhullámképző része felvízi ország(ok)ban van, ami nehezíti az árvízmegelőző intézkedéseket, míg kisvizes időszakban esetenként a mezőgazdasági termeléshez szükséges vízmennyiség is csak korlátozottan áll rendelkezésre, vagy csak vízkormányzással teremthető elő. A mennyiségi problémák mellett a vízminőséget is meghatározzák a határokon túli hatások, így pl. felvízi szakaszokon a csatornázás fejlesztése (amennyiben nem jár együtt a szennyvíztisztító kapacitás növelésével) a hazai folyószakasz vízminőségének romlását eredményezi. Noha az integrált vízgyűjtő-gazdálkodás keretein belül rendezhetők lennének a határokon átnyúló problémák, a gyakorlatban a kisebb területeket érintő kérdésekben nem teljesen érvényesül a nemzetközi együttműködés és érdekegyeztetés (lásd 6. fejezet). A komplex vízgazdálkodás előtt új lehetőségeket nyitnak meg a nemzetközi szinten összehangolt intézkedések, például az EU Árvízi Irányelv által életre hívott egységes árvízkockázat-számítási gyakorlat, amely közgazdaságilag számszerűsíti a vízgyűjtőléptékű alkalmazkodási folyamatokat. Ennek hazai alkalmazása elősegítheti az integrált vízgazdálkodási gyakorlat kialakítását.

Alkalmazkodás a vízjárási szélsőségekhez

A különböző klímavizsgálatok a Duna vízgyűjtőterületén hosszabb és intenzívebb kisvizes, helyenként aszályos időszakokat, valamint – a lehulló csapadék időbeni koncentrálódása miatt – hevesebb árvizek levonulását, azaz a szélsőséges hidrológiai helyzetek előfordulásának gyakoribbá válását és intenzitásának erősödését valószínűsítik. A számítások alapján az elmúlt évtizedben megfigyelt jelentős árvizek kialakulásához szükséges vízmennyiség átlagosan rendelkezésre fog állni, az időbeli koncentrálódás pedig mind gyakrabban következhet be.

Az újabb országos vízgazdálkodási tervek módszertanában – ideértve a mértékadó árvízszintek megállapítását, az árvízikockázat-kezelést

és a nagyvízi mederkezelést – központi szerep jut a hidrodinamikai modellezésnek. A mértékadó árvízszinteket 1D hidrodinamikai modellezéssel határozzák meg, a lefolyási akadályok feltérképezését és a javítási tervváltozatok hatásainak elemzését pedig 2D modellek segítik. Az árvízikockázat-kezelés az árvízszintek csökkentése helyett az árvízi kockázat hosszú távon gazdaságos kezelésére irányul. A rendszeroptimum meghatározása a Tisza-völgy esetében már megkezdődött, ez a fejlesztési irány várhatóan más vízfolyások esetén is eredményes lehet. A hidrodinamikai alapokon nyugvó árvízi előrejelzések lehetővé teszik a beavatkozások (pl. szükségtározó megnyitása) hatásainak értékelését is, így az előrejelzések további fejlesztésének kiemelt szerep juthat az árvízi védekezésben.

Az aszályos időszakokra való felkészülést és a vízkészletek fenntartható használatát a kisvizes időszakok minél pontosabb előrejelzésével kell elősegíteni. Ez azonban olyan kis lefolyású, esetenként lefolyástalan területek bevonását igényli, melyekre a nagy esésű, felsőszakasz-jellegű részvízgyűjtőkre kidolgozott módszerek korlátozottan vagy egyáltalán nem alkalmazhatók.

A kisvizek és árvizek mértékének, gyakoriságának, tartósságának meghatározása a vízhasználatok szempontjából is kiemelten fontos (pl. a hajózható időszakok előrejelzésében vagy a paksi atomerőmű-bővítés hűtővízigényének tervezéséhez). Ugyancsak megfelelő előrejelzést igényel a – hazai viszonyok között még új jelenségnek tekinthető – villámárvizek kezelése és a jégjelenségek (megjelenés, zajlás, beállás, megindulás és eltűnés) hidrológiai és meteorológiai adatok alapján történő, operatív körülmények között is lefolytatható számítása. A felsorolt mennyiségi szélsőségeken túl a szennyezőhullámok terjedésének megismeréséhez, a vízszennyezések elhárításához is előrejelzésre alkalmas modellek fejlesztése és helyszíni mérésekkel végzett validálása szükséges.

A belvíz és az aszály komplex kezelése, a párolgás nagy léptékű vizsgálata

Az ország területének mintegy 45%-át veszélyezteti belvíz, amelynek kialakulásában nemcsak domborzati, geológiai és időjárási, hanem emberi tényezők (pl. földhasználat, talajművelés, öntözés) is szerepet játszanak. A belvízzel sújtott területek túlnyomó része mezőgazdasági terület vagy külterülettel határos belterület, ahol nem megfelelő a vízelvezető rendszerek összehangolása. A belvíz elleni védekezés során legfontosabb a megelőzés, amelyhez a célzottan tervezett területhasználat, korszerű mezőgazdasági technikák alkalmazása, valamint a vízelvezető infrastruktúra fejlesztése és karbantartása egyaránt hozzájárulhat. A megelőzésen túl új, kutatásokkal megalapozott megoldások (pl. a belvízelöntés térinformatikai és hidrológiai alapú értékelése, a helyszíni hasznosítási lehetőségek kidolgozása) elősegíthetik a gazdálkodást a belvízzel rendszeresen borított területeken. Megoldás lehet a művelési ág megváltoztatása vagy az ökológiai célú tájhasználat támogatása. Differenciáltabb területhasználattal (az ideiglenes vízborítás vagy a beszivárogtatás szempontjából) a kapcsolódó költségek is csökkenthetők (lásd 6. fejezet).

Hazánk éghajlatának rendszeresen ismétlődő következménye az aszály, amely főként a mezőgazdaságot érinti, de a megnövekedett vízkivétel miatt a hidrológiai következményei is jelentősek lehetnek. A tartós aszály a talajvízszint süllyedésével, a felszíni és felszín alatti vízkészletek szűkülésével járhat. A klímaváltozási forgatókönyvek alapján hazánk egyre inkább ki lesz téve a visszatérő aszályok hatásának, ezért szükséges az aszálymonitoringrendszer további bővítése, fejlesztése a vízhasználattal kapcsolatos döntéshozatal támogatása céljából. A rövid és középtávú időjárás-előrejelző modellek segítségével ki kell alakítani az aszály-előrejelzés olyan rendszerét, amely széles körben felhasználja a műholdas és egyéb távérzékelésből származó információkat, például a talajnedvességre, a növényborítottságra és a növényállapotra vonatkozó adatokat. A pontszerű mérések és a nagy felbontású, modellezett adatok együttesen teszik pontosabbá az aszálymonitoringot és az öntözési vízigény becsléséhez is hozzájárulnak.

A lefolyás elemzése mellett alapvető fontosságú, nemzetközi szinten gyorsan fejlődő terület a párolgás nagy léptékű vizsgálata. A nemzetközi kutatások legfőbb irányvonala a növényzettípus, a növényfedettség, a (különböző vegetációs indexek segítségével megadott) vegetációs állapot, a felszíni hőmérséklet és a sugárzási egyenleg műholdas meghatározásán (pl. MODIS) alapszik. A párolgás becslése különböző fizikai alapú,

de gyakran empirikus összefüggések nyomán történik. A másik nagy léptékű párolgáskutatási irány a párolgás mértékének becsléséhez légkörfizikai változók (léghőmérséklet, páratartalom, szélsebesség, globális vagy nettó sugárzás) mérését használja fel. E módszerek előnye, hogy kiválthatják a műholdas meghatározás óriási adatigényét, ugyanakkor kiküszöbölik a vízmérlegek tipikusan jelentős hibával terhelt számítását is. Ezen módszerek jelentősen hozzájárulhatnak a vízmérlegeken alapuló, a felszíni hőcserével kapcsolatos számítási módszerek kalibrálásához és verifikációjához, így közvetetten a klímaváltozást és az azzal kölcsönhatásban lévő hidrológiai folyamatokat leíró modellek pontosságának és megbízhatóságának növeléséhez. Kapcsolódó új kutatási terület csapadékképződés dinamikájának vizsgálata („precipitation recycling", csapadék-visszaforgatás).

A hatékony vízvisszatartás és -elosztás szükségessége és feladatai

A szélsőségesebbé váló időjárás, vízjárás és a folyók medermélyülése miatt egyre fontosabb feladat a vízvisszatartás, amely az árvíz, a belvíz és az aszály együttes kezelésének is egyik eszköze. A területileg egyenlőtlenül hozzáférhető vízkészletek és tározási lehetőségek ugyanakkor társadalmi konfliktushoz vezethetnek, ezért a hasznosítható vízkészletek feltárása mellett kiemelt feladat a lehetséges tározási megoldásokra irányuló kutatások végzése.

A folyók medrében való tározás, a meglévő tározók, tavak kapacitásának kihasználása, bővítése – a természetvédelmi szempontok figyelembevételével – lehetővé teszi a vízkészletek további felhasználását, komplex vízgazdálkodási rendszerek kialakítását. A helyi szintű, hatékonyabb vízvisszatartás érdekében a fokgazdálkodás egyes elemeinek visszaállítása is megfontolandó az arra alkalmas területeken.

A területi visszatartás szorosan összefügg a területhasználattal; az időszakosan jelentkező víztöbbletek sikeres visszatartását a megfelelő művelési ág és művelési mód megválasztása segítheti. A fenntartható víz-

gazdálkodás az erdők számos funkcióját is hasznosítja: segítik a helyi vízvisszatartást, csökkenthetik a diffúz vízszennyezést, és ezáltal a vízi ökoszisztémák természetes működését is elősegítik. A vízfolyások mentén növényi védősávok létesítése; mesterséges ülepítők, vizes élőhelyek kialakítása; erdős-hegyes területeken a lezúduló víz útját lassító torlaszok beiktatása; városi területeken a zöldtetők, zöldfelületek növelése – ezek mind a víz útvonalát megnövelő, a víz mozgását lassító további megoldások. A halastavak, horgásztavak (különösen a dombvidéki kisvízfolyások esetén) szintén szerepet játszhatnak a víztározásban, a területi vízvisszatartásban (ugyanakkor jelentősen megváltoztatják a vízminőséget és a víztest ökológiai állapotát, lásd 2. és 5. fejezet).

A felszíni tározásnál a párolgás és a vízminőség szempontjából egyaránt kedvezőbb felszín alatti tározás biztosítható a hazai gyakorlatban újnak számító mesterséges beszivárogtatással (talajvízdúsítással) is, ha a beszivárogtatott víz nem okozza a felszín alatti víz minőségének romlását.

A talajban való tározás mezőgazdasági szempontból kedvező megoldás lehet. Ennek alkalmazásához elengedhetetlen a talaj hidrológiai tulajdonságainak és vízforgalmának ismerete, valamint a talajhidrológiai függvényekben bekövetkező változások leírása, becslése (lásd 3. fejezet). A szélsőséges vízháztartási helyzetek előrejelzéséhez, illetve az általuk okozott károk mérsékléséhez korszerű térinformatikai rendszerekbe illesztett, a mélyebben fekvő talajrétegekről is megbízható információkat nyújtó, országos, a vízgazdálkodási térképek és modellek tér- és időbeli felbontásához, valamint adatigényéhez igazodó hidrofizikai adatbázisok szükségesek.

Hordalékgazdálkodás

A vízgazdálkodás új, egyre fontosabb részterülete a hordalékgazdálkodás. A szállított hordalék kihat a víztest hidromorfológiai és ökológiai állapotára, befolyásolja a hajózhatóságot (pl. gázlók, szűkületek kisvíz idején), összefügg az árvízi kockázattal (kirakódó finom hordalék a hullámtéren), és közvetlen gazdasági hatása is lehet (pl. csökkenő hatékonyságú energiatermelés a vízlépcsők tározóiban kiülepedő hordalék miatt). A hordalékgazdálkodás megalapozásához a víztestek hordalékmonitoringjának elindításával mélyrehatóbban meg kell ismerni folyóink hordalékvándorlási viszonyait. A hagyományos, fizikai mintavételezésen alapuló eljárásokat közvetett, optikai és akusztikus elvű mé-

rési módszerek helyettesíthetik. Megfelelő meder- és hordalékadatokkal, az áramlás, a hordalékvándorlás és a mederváltozás közötti kölcsönhatások feltárásával a folyómedrek mélyülésére vonatkozó hipotézisek is tesztelhetők.

A hordalék mennyiségét és minőségét (főként dombsági területek kisvízfolyásain) nagymértékben befolyásolja a talajerózió, amely a felszíni és felszín alatti vizek minőségére is hat (lásd 2. fejezet).

Az integrált települési vízgazdálkodás szükségessége és feladatai

A települési vízgazdálkodás alapvetően az ivóvízellátást, a szennyvízelvezetést és a csapadékvíz-gazdálkodást jelenti. E három terület összehangolt, együttes kezelését nehezíti, hogy míg az ivóvízellátás és a szennyvízelvezetés kötelező önkormányzati feladat, a csapadékvíz-gazdálkodás önkéntes (és jelenleg csak térítésmentesen végezhető). Emiatt a csapadékvíz-elvezetés fejlesztése a gyakorlatban általában elmarad a másik két területtől, holott az éghajlatváltozás miatt vélhetően növekszik a szélsőséges csapadékesemények gyakorisága és az általuk okozott károk nagysága. A burkolt felületekről lefolyó csapadékvízzel jelentős terhelések (nehézfémek, olajszármazékok, PAH-ok) érhetik a felszíni vizeket. Nem elválasztott rendszerű szennyvíz- és csapadékvíz-elvezető rendszerek esetén pedig szennyvízömléshez vezethet a váratlan és nagy mennyiségű csapadék. Mindezek miatt a csapadékvíz-elvezetés, -kezelés és -hasznosítás módszereinek (pl. csapadékvíz-tározás ciszternákban, záportározókban, az elszikkasztás erősítése a felszínborítás megváltoztatásával, szükség szerint csapadékvíz-tisztítási technológiák) és a jogi szabályozásnak a kidolgozásához hatékony és tudományosan megalapozott programok szükségesek, települési szinten. A külterületi és belterületi csapadékgazdálkodás egy egységként kezelendő.

A kistelepülési vízgazdálkodás sajátos kihívásokkal néz szembe. A kistelepüléseken jellemzően alacsonyabb a közműves rendszerek lefedettsége, ugyanakkor a kisebb lakósűrűség miatt magasabb a fajlagos költség. Csatornázás hiányában a települések alatt a talajvíz koncentrált szennyeződése (úgynevezett szennyvízlencse) jellemző. A belterületi kisvízfolyások sok esetben szinte szennyvízelvezetőként működnek. Ezeken a területeken kiemelt jelentősége van az innovatív, decentralizált szennyvíztisztító rendszerek fejlesztésének.

A nagyvárosok népességének növekedése más jellegű problémákat okoz. A szennyezőanyag-kibocsátás sokkal jelentősebb, különböző új szennyezők (pl. gyógyszermaradványok, háztartási és kozmetikai szerek, antibiotikumrezisztens mikroorganizmusok) egyik elsődleges forrása a nagyvárosi szennyvíz. A csatornázás ugyan csökkenti a szennyvízeredetű diffúz szennyezést, de az egyéb diffúz szennyezőforrások hatása nincs kellően feltérképezve. A tisztított szennyvíz befogadóba bocsátásának helyén a szennyezés koncentráltan jelentkezik (lásd 2. fejezet). A vízelosztó- és szennyvízgyűjtő-hálózatok elöregedése országos szintű probléma, a rekonstrukcióban a diagnosztikai és *in situ* javítási módszerek, valamint az új típusú csőanyagok fejlesztésének egyaránt szerepe van. Tapasztalatok szerint a nagyvárosi mélyépítési rendszerek a felszín alatti vizek áramlását is megváltoztathatják.

A problémák összehangolt kezeléséhez tudományosan megalapozott, teljes ciklusra optimalizált, az ivóvízellátást, a szennyvízelvezetést és -tisztítást (és ehhez kapcsolódóan a szennyvíziszap-kezelést) és a csapadékvíz-gazdálkodást magában foglaló, integrált települési vízgazdálkodás kidolgozása szükséges. A jelenlegi kutatási irányzat a körülményekhez a fejlett technikai megoldások révén folytonosan alkalmazkodó *smart city* irányába mutat. Ennek egyik legfontosabb koncepcionális eleme az anyagforgalmi ciklusok „zárása", vagyis a csapadékvíz és a keletkező (szürke/sárga/fekete szennyvízre szétválasztott) szennyvíz helyben tartása és (újra)hasznosítása, a megfelelő műszaki, közegészségügyi és jogi

keretrendszer megteremtésével. A szennyvíziszap ebben a megközelítésben energiahordozóként és másodlagos nyersanyagként jelenik meg (pl. foszforvisszanyerés, vegyipar). Az energiahatékonyságot és a megújuló energiák használatát célzó innovációk ugyancsak fontos elemét jelentik az irányzatnak. Az adaptív, esetleg decentralizált infrastruktúra fejlesztése kíméli a környezeti erőforrásokat, de a minden szempontból biztonságos szolgáltatások biztosítása széles körű vizsgálatokat igényel. Sok esetben a társadalmi elutasítás jelentheti az újszerű technológiák gátját (pl. a vízmentes komposztáló vécék esetén).

A jövőbe mutató fejlesztések mellett rövid távon is kiemelt fontosságú feladat a vízgazdálkodás és a településfejlesztés közötti koordináció létrehozása, mivel jelenleg hiányzik az egységes szemlélet, a megfelelő intézményi és szabályozási háttér.

Kiemelt kutatási feladatok

A vízjárási szélsőségekhez való alkalmazkodás

- Monitoringrendszer fejlesztése a felszíni és felszín alatti vizek mennyiségi és minőségi változásainak nyomon követésére és előrejelzésére
- A felszín alatti vizek időben változó természetes utánpótlódásának megbízható meghatározására képes innovatív módszerek fejlesztése
- Az anyag- és energiaáramok vízgazdálkodási célú, vízgyűjtőszintű feltérképezése
- A fokgazdálkodás lehetséges szerepének feltárása a vízkárok enyhítésében, a fenntartható, tájba illő lokális gazdálkodás elősegítésében
- Regionális vízgazdálkodással megvalósítható, számottevő vízmennyiségek hosszú távú tározásának lehetőségei
- A gazdasági és ökológiai szempontokat egyaránt figyelembe vevő, nagy időbeli felbontású hordalékgazdálkodási módszerek és monitoring tudományos megalapozása
- A duzzasztógát-telepítések és -üzemeltetés kockázatbecslése az árvíz szempontjából
- Extrém hidrológiai események (árvíz, kisvíz, jégesemények) előrejelzésére alkalmas modellek és adatgyűjtési módszerek fejlesztése

A belvíz és az aszály komplex kezelése, a párolgás nagy léptékű vizsgálata

- A talajnedvesség-monitoring országos rendszerének kiépítése a meteorológiai – vízforgalmi – és növénytermesztési modellezés és előrejelzés érdekében
- A csapadék-visszaforgatás (precipitation recycling) vizsgálata új kísérleti területek és programok révén, valamint a meglévő archív kutatási eredmények újraértékelésével
- A belvízelőrejelző-rendszerek további fejlesztése az alkalmazkodás érdekében
- Belvizes területeken a vízborítottság tartóssága és a talajszerkezet megújulóképessége közötti összefüggések, valamint a belvízvisszatartás mint hasznosítási alternatíva lehetőségének vizsgálata
- A párolgás mértékének nagy léptékű becslése légkörfizikai változók alapján
- Az aszályelőrejelző-rendszerek és az aszálymonitoring további fejlesztése

Hatékony vízvisszatartás

- A folyókon alkalmazható vízvisszatartási módszerek (duzzasztás vízlépcsőkkel, fenéklépcsőkkel, hullámtéri tározás, fokgazdálkodás stb.) komplex vizsgálata a vízáramlás lassítása és a vízvisszatartás növelése érdekében, megváltozott klimatikus viszonyok között
- A vízvisszatartás levezetett vizeket befogadó víztestekre kifejtett hatásainak komplex vizsgálata

Integrált települési vízgazdálkodás

- A szennyvízcsatornázás települések környékén lévő felszín alatti vizekre kifejtett hatásának („szennyvízlencsék" eltűnése, talajvízsüllyedés) feltárása
- A szennyvíziszap másodlagos nyersanyagként való (foszforvisszanyerés, vegyipari alapanyag) vagy energetikai hasznosításának lehetőségei
- A vízfelületek hatásának feltárása a városi mikroklíma alakításában
- A városi körülmények között megvalósítható víz- és anyagvisszatartás lehetőségeinek felmérése

Technológia és innováció

- A szennyvízgyűjtő-hálózatok rekonstrukcióját támogató fejlesztések (diagnosztika, *in situ* javítás, csőanyagok)
- Innovatív, energiatakarékos módszerek fejlesztése az integrált települési vízgazdálkodásban (szennyvíz-szétválasztás, lokális tisztítás, hasznosítás és újrahasznosítás, csapadékvíz-hasznosítás stb.)

Társadalmi, gazdasági, jogi aspektusok

- A művelésiág-váltás és innovatív talajművelési rendszerek bevezetésének mint lehetséges vízgazdálkodási megoldásoknak a felmérése
- A határokon átnyúló vízgazdálkodást elősegítő nemzetközi, uniós előírások, intézményrendszerek felmérése, szükség esetén fejlesztése, a nemzetközi egyezmények végrehajtásának erősítése a vízgyűjtőszintű vízgazdálkodás megvalósítása érdekében
- A belvízhasznosítás jogi, műszaki és gazdasági keretrendszerének megteremtése
- A csapadékvíz-visszatartás és -hasznosítás műszaki, gazdasági, jogi és közegészségügyi követelményeinek kidolgozása

5. A Vízi ökoszisztémák védelme és helyreállítása

Kulcsszavak

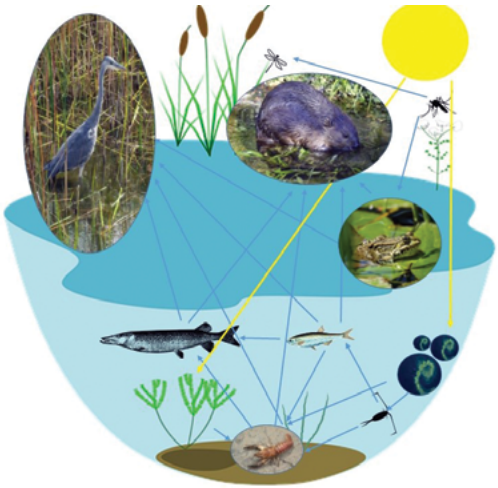
- fenntartható vízi ökoszisztémák, ökoszisztéma-szolgáltatások
- unikális élőhelyek, a víztest – parti sáv – terresztris zóna egysége
- biodiverzitás, monitoring, ökológiai állapot
- stresszorok és hatásaik, ökológiai vízigény, vízhozamváltozások, áramlási viszonyok, vízhőmérséklet, eutrofizáció, új típusú szennyezők
- invazív fajok
- globális folyamatok, klímaváltozás
- rehabilitáció és rekonstrukció, vízpótlás, konnektivitás, visszatelepítés, pufferzónák, turizmus

Kihívások

A természetes vízi ökoszisztémák megismerésének és védelmének szükségessége, ökoszisztéma-szolgáltatások

A jól működő és önszabályozó ökoszisztémák nélkülözhetetlenek vizeink megfelelő állapotának megőrzéséhez és számos társadalmi igény fenntartható kielégítéséhez. A vízi ökoszisztémák jótékony hatásai az úgynevezett ökoszisztéma-szolgáltatások, például a vízi szervezetek által termelt légköri oxigén, a biológiai tisztulóképesség eredményeképpen létrejövő tiszta víz (beleértve az ivóvizet), az árvizek és extrém esőzések hatásainak mérséklése, a mikroklíma kedvező befolyásolása, az erózió és a tápanyag-kimosódás korlátozása, élelmiszer vagy éppen a rekreációt szolgáló környezet biztosítása.

Mindezen jótékony hatások hosszú távon is fenntartható kiaknázása csak a vízi ökoszisztémák megfelelő védelme révén lehetséges, amelyhez elengedhetetlen alapos, tudományos igényű megismerésük. Az ökoszisztémák vizsgálata struktúrájukból és működésükből fakadóan csak multidiszciplináris eszközökkel lehetséges. Az e rendszerek elemeit je-



lentő sokféle élőlény és fizikai, kémiai, biológiai környezetük közötti bonyolult kölcsönhatások feltárásához szinte valamennyi tudományterület eszköztára, valamint megfelelő mérési, adatelemzési és modellezési módszerek kidolgozása és alkalmazása szükséges. További elengedhetetlen lépés az ökoszisztéma-szolgáltatások beépítése a költség-haszon elemzésekbe, a hatástanulmányokba és a jogi szabályozásba.

A vízi ökoszisztémák védelme és helyreállítása során külön figyelmet kell kapniuk azoknak az élőhelyeknek, amelyek európai vagy akár világviszonylatban is unikálisak. Ilyenek például sekély szikes tavaink, amelyek rendkívül érzékenyek a szélsőséges időjárási helyzetekre, illetve a talajvízszint változásaira. Hasonlóan kiemelt területek az időszakos vizek és kis vízfolyások, amelyeket a klímaváltozás és az emberi vízhasználat változása következtében várhatóan növekvő vízhiány fokozottan érint. Korlátozottak az ismereteink egyes egyéb, speciális élőhelyek (pl. barlangok, hőforrások, termálvizek) ökoszisztémáiról és az azokat veszélyeztető hatásokról is. E speciális közösségek pontos megismerése, valamint folyamatos ökológiai monitorozása – különös tekintettel a változó környezeti folyamatok hatásaira – is kiemelt kutatási feladat.

A vízi ökoszisztémák vizsgálatakor azt is szem előtt kell tartani, hogy állapotuk, működésük nagymértékben függhet a víztestekkel határos terresztris területektől: például azok talajösszetételétől, a növényzettel való borítottságtól, a területhasználattól. Ezért a kutatásoknak sok esetben a víztest – parti sáv – terresztris zóna egységére is ki kell terjedniük.

A biodiverzitás monitorozása, az ökológiai állapot jellemzése

Az élőlények sokfélesége, a biodiverzitás az ökoszisztémák egyik legalapvetőbb jellemzője, kulcsszerepe van a változó környezethez való alkalmazkodásban, a rezilienciában. Az állapotromlás egyik első jele a biodiverzitás és ezen keresztül az ökológiai kapcsolatrendszerek működésének csökkenése, ezért a biodiverzitás folyamatos monitorozása kiemelt feladat vizes élőhelyeinken. Ezek a vizsgálatok az ökológiai szempontú vízminősítést is lehetővé teszik.

A VKI a víztestek abiotikus és biotikus elemeinek együttes vizsgálatát írja elő. A vízi ökoszisztémák állapotának komplex jellemzését a különböző befolyásoló tényezők, szennyezések kumulatív hatásának detektálása teszi lehetővé. A kémiai állapot leírását szolgáló analitikai mérések önmagukban nem alkalmasak a különböző szennyezések együttes hatásának jellemzésére.

A VKI az ökológiai állapot leírására stresszorspecifikus indikátorokat használ, amelyek a természetes állapottól való eltérés jelzése mellett az okok feltárásában is szerepet kaphatnak. Ugyanakkor az élőlénycsoportokra vonatkoztatott biológiai indikátorok további metodikai fejlesztést igényelnek. A VKI központi célkitűzése, a vizek jó ökológiai állapotának elérése, illetve megőrzése a hazai felszíni vizeknek csak a 9%-ánál valósult meg.

A vízi ökoszisztémákat veszélyeztető beavatkozások, stresszorok

A vízi ökoszisztémákat különböző stresszhatások veszélyeztethetik, amelyek helyi vagy globális, pontszerű vagy diffúz, természetes vagy (akár közvetlenül, akár közvetve) antropogén eredetűek egyaránt lehetnek. Utóbbiak közül hatásukat tekintve kiemelkednek az ipari, mezőgazdasági és kommunális eredetű terhelések (lásd 2. fejezet), a szárazföldi és a vízi közlekedésből származó szennyezések, a túlzott vízhasználat, hidrológiai beavatkozások (pl. gátak létesítése, vízeltérítés vagy nem megfelelő összetételű víz rávezetése) és az ezekkel összefüggésben bekövetkező élőhelydegradációs és inváziós folyamatok. A szennyezések többsége a humánfelhasználást is akadályozza, de vannak olyanok is, amelyek az ökológiai állapotot emberekre káros hatások nélkül veszélyeztetik (pl. használt

termálvizekből származó hő- és sóterhelés vagy a célzottan a vízi élőhelyeken alkalmazott szúnyoggyérítés.) A stresszhatások az élőlényközösségek fizikai (pl. hőmérséklet, hidrológiai és fényviszonyok), kémiai (pl. tápanyagok, mikroszennyezők, toxinok) és biológiai (pl. invazív fajok) környezetét egyaránt érinthetik.

E sokrétű és a legtöbb esetben egymásra is ható folyamatok következménye csak részben, sok esetben alig vagy egyáltalán nem ismert. Az ökoszisztémákra gyakorolt konkrét hatások feltárása, a stresszor-hatás összefüggések megértése további vizsgálatokat igényel – különösen a kevésbé jól jellemzett szennyezési útvonalak esetén (utakról, a vasútról bemosódó szennyezések, légköri kiülepedés). Az ismeretlen eredetű, de érzékelhető ökológiai hatású szennyezések esetében az okok felderítése az elsődleges feladat.

A vízi ökoszisztémák vízigénye, a vízhozamváltozások hatásai

A vízi ökoszisztémák alapvető feltétele a megfelelő mennyiségű víz. Az ökológiai vízigény biztosítása a fenntartható vízhasználat alapkövetelménye (lásd 3. fejezet), amelyhez azonban pontos ismeretek szükségesek az egyes ökoszisztémák vízszükségletéről. Az optimálistól való bármilyen irányú (akár pozitív, akár negatív) eltérés súlyos következményekkel járhat a víziélőlény-közösségekre.

A nem elegendő vízmennyiségnek számos oka lehet: a mezőgazdasági, ipari és ivóvízcélú vízkivétel, agrotechnológiai, medermorfológiai beavatkozások vagy (a klímaváltozás

Szigetköz – Cikola a Duna eltereléseket

következtében gyakoribbá váló) szélsőséges időjárási helyzetek által előidézett hidrológiai változások (lecsökkent vízszint, áramlási sebesség) egyaránt vezethetnek a vizes élőhelyek átalakulásához, időleges vagy végleges eltűnéséhez. Különösen veszélyeztetettek például az időszakos, asztatikus víztestek, kisvízfolyások, a főmederről leválasztott folyóágak. A vízfelszín csökkenésének káros következményei leghamarabb a parti övben jelentkeznek.

Veszélyforrás lehet ugyanakkor a szükségesnél több víz, sőt a nem megfelelő dinamika is: akár a magas és alacsony vízállások káros mértékű váltakozása, vagy éppen a váltakozás elmaradása. A huzamosabb ideig mesterségesen magasan tartott vízszint (ahogy azt a Balaton példája is mutatta) jelentős hatással van mind a vízben lebegő, az üledékfelszínen, bevonatokon élő szervezetekre, a vízinövények mennyiségi viszonyaira (a parti zónában jelentős nádpusztulás indulhat meg), mind a teljes táplálékhálózatra. Emiatt a vízszintszabályozások hatásait komplex módon, az egész ökoszisztéma szintjén kell vizsgálni.

A vízhozamváltozások hatnak a vízben oldott anyagok koncentrációjára, a hordalék- és víz alatti fényviszonyokra, amelyektől közvetlenül függ a vízi elsődleges termelés. Az elsődleges termelő szervezetek (algák, hajtásos vízinövények) képezik a vízi ökoszisztémák energetikai alapját, változásaik hosszú távon az egész vízi ökológiai rendszerre hatással vannak. Az áramlási sebesség változása befolyásolja a vízben lebegő mikroszkopikus élőlények (fitoplankton, zooplankton) kolonizációját, a vízinövények és a bevonatlakó állatok elterjedését is. Egyes halfajok szaporodása is csak bizonyos áramlási viszonyok mellett lehetséges. Az áramlási viszonyok megváltozása (pl. folyószabályozás, duzzasztás, mederkotrás miatt) felborítja a meder és a hullámtér hidrológiai folyamatait (gyakori jelenség például mederszakaszok, tórészek feliszapolódása áramlási holtterek kialakulása és áthelyeződése miatt), amelyek vízi ökoszisztémákra kifejtett hatásainak alapos feltárása csak multidiszciplináris kutatásokkal lehetséges.

Az árvízvédelmi célú elárasztás ökológiai következményei és az eredeti állapothoz közelítő „visszarendeződés” folyamatai ez idáig lényegesen kevesebb figyelmet kaptak, mint a közvetlen árvízkárok vagy a területek

elárasztásának megelőzésére tett intézkedések. Ugyanakkor az elárasztás hosszabb-rövidebb periódusainak a talajvízszintre, a tápanyagok elérhetőségére, a mezőgazdasági termelésre, a kémiai és biológiai szennyeződések terjedésére, a vízi ökoszisztémák megváltozására gyakorolt hatása is komplex probléma, társadalmi, gazdasági és ökológiai aspektusait együtt érdemes kezelni.

A vízhőmérséklet változásainak hatásai

A fizikai tényezők közül a vízhőmérséklet nagymértékben meghatározza a vízi közösségek összetételét és működését; befolyásolja az oxigénháztartást, tápanyagok, toxikus elemek oldhatóságát. Az élőlények hőmérséklettel szemben meglévő toleranciája is eltérő. A globális és lokális okok miatt (éghajlatváltozás, illetve ipari hűtővíz vagy használt termálvíz bevezetése) bekövetkező hőterhelésre adott ökológiai válaszok további kutatásokat igényelnek.

A tápanyagterhelés (eutrofizáció) hatásai

A víz minőségével összefüggő problémák közül az egyik legismertebb az eutrofizáció, amelyet a főleg mezőgazdasági és kommunális szennyvízből eredő, de sokszor kevésbé jól jellemzett szennyezési útvonalakon érkező (pl. városi területekről, utakról bemosódó vagy a légkörből származó) nitrogén- és foszforterhelés (lásd 2. fejezet) okoz. E folyamat során a tápanyagot jelentő szennyezők a növényi tömeg ugrásszerű gyarapodását, majd a víztest fényellátottságának csökkenését eredményezik, amit a növényi tömeg pusztulása, a lebomlási folyamatokból következően csökkenő oxigénellátottság és az állati szervezetek pusztulása követhet. További káros következmény lehet az egyes cianobaktériumok túlszaporodásával (vízvirágzással) együtt járó fokozott méreganyag-termelés, amely az érintett vizek emberi felhasználását (ivóvízkivétel, rekreáció) is veszélyezteti. A humánhasznosítást a víztest kellemetlen szaga, csökkenő esztétikai értéke is korlátozza. Valamennyi felsorolt hatás függ a medermorfológiától és a hidrológiai viszonyoktól (pl. a víz áramlásának mértékétől).

Az új típusú szennyezők káros hatásai

Alig vagy egyáltalán nem feltárt számos sokféle forrású és kémiai természetű (emiatt rendkívül bonyolult hatású) anyag, például nehézfémek, peszticidek vagy az úgynevezett új típusú szennyezők: gyógyszermaradványok, hormonháztartást befolyásoló anyagok, műanyag mikrorészecskék, nanoanyagok (lásd 2. fejezet) ökológiai hatása. Egyes anyagok már nagyon kis mennyiségben is azonnali hatással lehetnek az élő szervezetekre, másoknál a hosszú távú következmények feltárása a kutatási feladat.

A gyógyszermaradványok hathatnak az állatok viselkedésére, ami befolyásolhatja a táplálkozást, a párzási sikerességet vagy akár a predátor elleni védekezést. A hormonok és hormonhatású anyagok megváltoztathatják az állati szervezetek növekedését, szaporodását vagy fejlődését. Az egyes élőlénycsoportokra (pl. a zooplanktonra és a halakra) gyakorolt hatások egy része ismert (előbbieknél csökkenő peteszámot, utóbbiaknál megváltozott ivarszerveket, késleltetett ivarérést, alacsonyabb ikraszámot írtak le), de az ökoszisztémák komplex kapcsolatrendszerének megváltozásáról nincs információ. Számos vegyület esetén még a lebomlásakor képződő intermedierek kémiai összetétele sem ismert, amely nélkül a vízi ökoszisztémákra kifejtett hatásaik is nehezen tárhatók fel.

A műanyag mikrorészecskék a felületükön mikroszennyezőket abszorbeálhatnak, koncentrálva ezzel a toxikus hatást. Kis méretük miatt könnyen bekerülnek a vízi állatvilág emésztőrendszerébe, s a vízi táplálékhálózaton keresztül végül az emberhez is eljuthatnak.

Az inváziós fajok terjedése és káros hatásai

Biológiai veszélyforrás az ökológiai rendszereket számos ponton károsító invázió (az idegenhonos fajok terjedése), amely lehet természetes folyamat, de napjainkban – részben antropogén hatások miatt – jelentősen felgyorsult. A vízi közlekedés fejlesztése érdekében csatornákkal összekötött nagy folyórendszerek ma már olyan „országutakat” alkotnak, amelyeken a legkülönbözőbb élőlények vándorolhatnak eredeti élőhelyeiktől nagy távolságokra. A vizes élőhelyeket érő zavaró hatások a természetes

közösségek sérülését, degradációját eredményezik, ami lehetőséget teremt az inváziós fajok gyors megtelepedésére. A nem megfelelő módon végzett műszaki beavatkozás és az idegen vízgyűjtőről való hibás vízutánpótlás csak kettő az inváziót segítő lehetséges és tudományos kutatásokkal feltárandó okok közül. Egy idegenhonos állat- vagy növényfaj megjelenése, térhódítása felboríthatja a vízi táplálékhálózatot, szélsőséges esetben az őshonos fajok kipusztulását idézheti elő, sőt számos mezőgazdasági, egészségügyi és gazdasági problémát is okozhat. Mindezek miatt a biológiai inváziók vizsgálata a modern kutatások egyre fontosabb területe.

A globális folyamatok következményei

Valamennyi eddig felsorolt folyamatot a globálisan zajló változások is súlyosbítják. A klímaváltozás hatásai (szélsőségessé váló időjárási helyzetek, vízhozamváltozások, vízhőmérséklet-emelkedés, a jég- és hóborítottság csökkenése) számos ponton és módon veszélyeztetik a vízi ökoszisztémákat. Az egymásra ható, bonyolult folyamatok tudományos feltárása nem halogatható. A jövőben további, ma még nem látható problémák felmerülése is várható, hiszen a felmelegedés következtében kitolódnak egyes fajok elterjedésének határai, bővül az idegenhonos, potenciálisan kolonizáló fajok köre. Hazánkban is várható az észak felé terjedő vektorszervezetek (pl. tigrisszúnyog) megjelenése, és veszélyt jelenthet a vízimadarak által terjesztett betegségek előtérbe kerülése is (pl. madárinfluenza, nyugat-nílusi láz stb.).

A vízi ökoszisztémák rehabilitációja és rekonstrukciója

Az élőlények és környezetük közötti bonyolult kölcsönhatások megismerése és megértése nemcsak a természetes, jól funkcionáló ökoszisztémák hatékony és olcsó védelméhez, fenntartásához nélkülözhetetlen, hanem a károsodott vagy megsemmisült vizes élőhelyek sikeres rehabilitációjához, sőt mesterséges rendszerek fenntartható módon való kialakításához is. Egyre nagyobb társadalmi igény mutatkozik a biodiverzitás csökkenésének visszafordítására, valamint az elveszett ökoszisztéma-funkciók és -szolgáltatások helyreállítására. A rehabilitáció első lépése sok esetben az ökológiai vízigény biztosítása. Ha egy ökológiai rendszer fenntartása érdekében víz-

Öreg-Túr rekonstrukció: Kölcsénél kialakított oldalöblözet és szigetkerülő mellékág

pótlásra van szükség, nemcsak a „mennyi?”, hanem a „honnan?”, a „milyen összetételű?”, sőt a „mennyiért?” kérdésre is tudományosan megalapozott válaszokat kell adni. A nem megfelelő összetételű vízből származó vízpótlás tovább károsíthatja az élőlényközösséget, a vízátvezetéssel pedig idegenhonos fajok juthatnak az élőhelyre. Ugyanakkor számos vízi ökoszisztéma esetében a konnektivitás biztosítása: hallépcsők, mederátvágások, ökológiai folyosók kialakítása lehet az elsődleges feladat. Őshonos, védett fajok vissza-, illetve betelepítése rehabilitációs, rekonstrukciós célból (esetleg invazív élőlények visszaszorítása érdekében) csak az ökoszisztéma egészére kifejtett hatásaik ismeretében lehetséges.

A rehabilitációt nemcsak a víztestre, hanem a határos parti zónára, sőt akár az egész vízgyűjtő területre tekintve kell megtervezni és kivitelezni. Ehhez szükséges lehet pufferzónák létrehozása, a területhasználat módosítása vagy megfelelő, például szennyező anyagok és hirtelen csapadékhullámok visszatartásában is szerepet játszó növényborítás biztosítása.

Az élőhelyek rehabilitációjának általános társadalmi támogatottsága nagy, de egy adott megvalósítási folyamat egyes érdekelteket (pl. gazdálkodókat) kedvezőtlenül érinthet, ezért a tervezés és kivitelezés során a társadalmi egyeztetésre is gondot kell fordítani. A természetes vagy helyreállított élőhelyek nagy turisztikai vonzerőt jelentenek, de a zavarás megelőzése érdekében a látogathatóságot (annak időbeli vagy létszámbeli korlátait) körültekintően kell meghatározni.

Kiemelt kutatási feladatok

A vízi ökoszisztémák diverzitásának jellemzése, működésük feltárása

- A változó produktivitás (eutrofizáció/oligotrofizáció) hatása a vízi életközösségek diverzitására és a vízi ökoszisztémák működésére
- Újszerű mérési, adatelemzési és modellezési eljárások kidolgozása a folyók és tavak biotikus és abiotikus (pl. áramlási, hordalékszállítási, medermorfológiai) jellemzői közötti kapcsolatok feltárása céljából
- Vízi élőhelyek (kisvízfolyások, ivóvízcélú víztározók, szikes vizek, barlangok) ökoszisztémáinak megismerése, a klimatikus változásoktól való függésük vizsgálata

A vízi ökoszisztémák jótékony hatásai, ökoszisztéma-szolgáltatások

- Felszíni vizeink ökoszisztéma-szolgáltatásainak komplex felmérése, mennyiségi mutatóik lehetséges mértékű meghatározása
- Az ökoszisztéma-szolgáltatások megjelenítése a költségmegtérülés elvének követelményrendszerében
- Folyómellékág-rendszerek, árterek ökoszisztémáinak szerepe (a biodiverzitás fenntartása, tápanyagok és szennyező anyagok eltávolítása-mobilizálása) és annak függése a levonuló árhullámoktól
- A bióta hatása a folyóvizek hordalékegyensúlyára
- A Kis-Balaton hatása a Balaton vízminőségére

A vízi ökoszisztémákat veszélyeztető beavatkozások, stresszorok

- A vízhez kötődő (beleértve a felszín alatti vizektől függő) és vizes élőhelyek ökológiai vízigényének felmérése, a természetközeli vízpótlást megalapozó ökológiai kutatások
- Globális folyamatok hatása a vízi életközösségek biodiverzitására és működésére
- Terjedő új vektorszervezetek és inváziós fajok hatásai a hazai vízi ökoszisztémákra

- Antropogén stresszorok (pl. mezőgazdasági és ipari vegyszerek, nehézfémek, mikroszennyezők, gyógyszermaradványok, a hormonháztartásra ható anyagok, hőszennyezés) vízi ökoszisztémákra kifejtett hatásainak monitorozása és modellezése
- Medermorfológiai változások (mesterséges beavatkozások, medermélyülés, hordaléklerakódás, a laterális konnektivitás megváltozása) miatt fellépő élőhely-fragmentáció és -degradáció következményeinek feltárása
- Kikötők létesítésének hatásai a vízminőségre, az áramlási viszonyokra, az élőlényközösségek összetételére, az inváziós fajok terjedésére
- A vízszintingadozás, a magas vízállás, a rendszeres és az évszakhoz nem köthető áradások hatása a parti öv és a víztest élővilágára
- A téli jég- és hóborítás elmaradásának hatása a vízi ökoszisztémák működésére

A vízi ökoszisztémák rehabilitációja és rekonstrukciója

- A vizes élőhelyek rehabilitációját célzó programok tudományos alapjainak kidolgozása

Technológia és innováció

- Természetközeli halasítási/halgazdálkodási technikák kidolgozása és alkalmazása a hazai haltenyésztésben és horgászvizekben. A halprodukció maximalizálása a vízi ökoszisztémák működésének megőrzése mellett
- Mesterséges vízi ökoszisztémák létrehozása lokális szennyvízterhelések kezelésére

Társadalmi, gazdasági, jogi aspektusok

- A vízgazdálkodási tevékenység, a társadalmi, ökológiai és természetvédelmi szempontok összehangolása
- A vízi, vízparti turizmusból származó gazdasági előnyök, bevételek kvantitatív összefüggése a vízminőséggel, vízmennyiséggel, a vízi élőhelyek állapotával, az egyes víztestek vízszintjével
- Inváziós fajok által előidézett gazdasági károk enyhítésének lehetőségei

6. A vízhez kapcsolódó társadalmi konfliktusok

Kulcsszavak

- társadalmi konfliktusok, vízkormányzás (water governance)
- versengő vízhasználatok, ökoszisztéma-szolgáltatás
- területhasználat, tájhasználat, valós költségek érvényesítése
- vízválság, adaptáció, beépített víz („virtuális víz")
- jogszabályok („vízjog"), jogalkotás, jogérvényesítés
- intézményrendszer
- társadalmi szemléletváltás, állami szerepvállalás, társadalmi részvétel
- oktatás, szakemberképzés, hozzáférhető integrált adatbázis

Kihívások

Vízkormányzás (water governance)

A vízzel kapcsolatos kihívások elválaszthatatlanok a társadalmi problémáktól, az első látásra műszaki vagy ökológiai jellegűnek tűnő problémáknak is vannak társadalmi vetületeik. Ráadásul a kihívások kezelésére meglévő tudományos, műszaki megoldások jellemzően erőforrás-igényesek (esetenként jelentős társadalmi áldozatvállalást igényelnek), így alkalmazhatóságukat a társadalmi ráfordítások, a szabályozórendszerek és a fogadókészség korlátozzák. A különböző léptékekben (lokálisan, regionálisan vagy globálisan) jelentkező jövőbeli változásokhoz való alkalmazkodás sikeressége ezért nagyban függ társadalmi folyamatoktól.

A megfelelő vízkormányzás (a vízre irányuló kormányzás, water governance) alapja a társadalmi és természeti kérdéseket összefogó egységes szemlélet. A vízzel kapcsolatos problémákat kezelni csak egymást erősítő alkalmazkodási és szabályozási intézkedések megvalósításával lehet. Ennek társadalmi szempontból egyik akadálya, hogy a 3. és 4. fejezetben részletezett, a vízvisszatartással és vízhiánnyal összefüggő problémák valós nagyságrendjét az érintettek nem érzékelik, holott akár a lokálisan fennálló vízhiánynak is lehetnek nemcsak természeti és jóléti, de biztonságpolitikai következményei is.

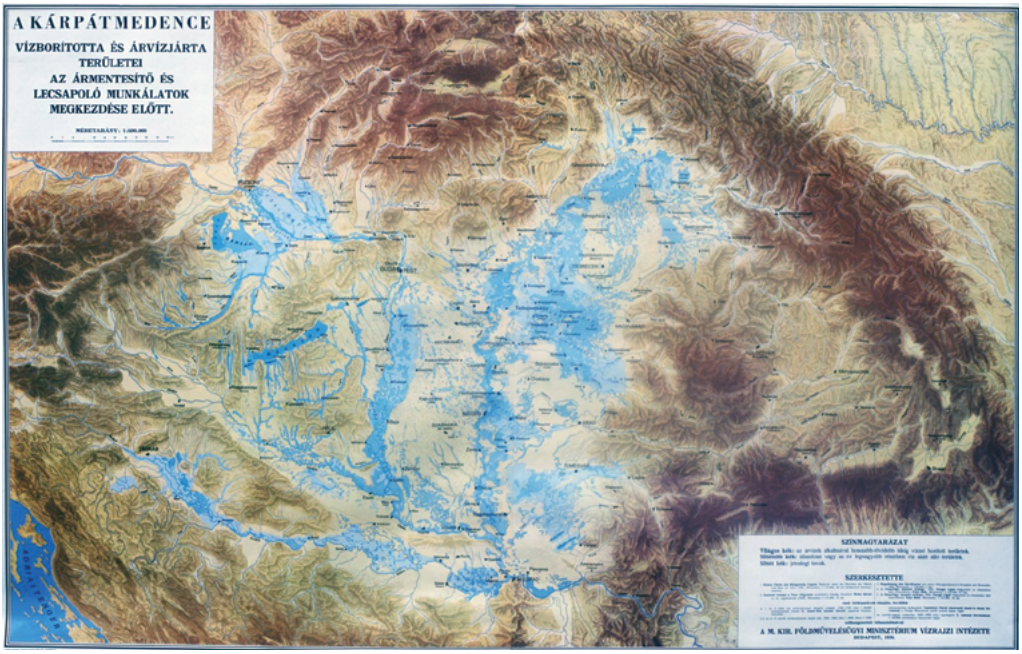
Az egymással versengő, egymást kizáró vízhasználatok, a vízkészletek és az ökoszisztéma-szolgáltatások jelenlegi és jövőbeni korlátos hozzáférése számos vízzel kapcsolatos társadalmi konfliktus oka. A problémák ökoszisztéma-szolgáltatásokra alapozott megoldásai sokkal hatékonyabbak lehetnek az érintettek szélesebb körének bevonásával, integrált módon megvalósítva. Ha az igények vagy a külső környezet változása miatt a korábban megszokott módon nem lehet kielégíteni az elvárásokat (pl. az ellátásbiztonságra vonatkozóan), az a társadalom vagy egyes csoportjai részéről alkalmazkodást igényel, amely sokszor nem vagy nem kellő mértékben valósul meg. Az alkalmazkodás és a társadalmi döntéshozatal végigviteléhez együttműködési, döntéshozatali és felügyeleti intézményrendszer kialakítása szükséges.

A víz- és területhasználat összehangolása a valós költségek figyelembevételével

Magyarországon a XIX. században indult vízrendezések eltérő megítélése – a gyakorlati gazdasági érdekellentéteken túl – szemléletbeli ellentéteket is okoz, amelyek meghaladása lényeges előfeltétele az integrált megközelítésű problémamegoldásoknak. A társadalomtudományi kutatások a tájhasználat és a megélhetés kapcsolatának történeti feltárásával (a táj-

szerkezet történelmi léptékű vizsgálata, a Kárpát-medence történelmi tájváltozásait rögzítő egyéb dokumentumok feldolgozása) tudják elősegíteni ezt a célt. A természetierőforrás-készlet növelésének lehetőségét a víz- és területhasználat magas szintű, dinamikus összehangolása teremtheti meg. A különböző célokra felhasználható, megfelelő minőségű „tiszta” víz szűkössége, nagy (és egyre növekvő) tér- és időbeni bizonytalansága, szemben az egyre nagyobb és sokoldalúbb mennyiségi igényekkel és minőségi követelményekkel nélkülözhetetlenné teszi a vízelvezetéstől a vízraktározás irányába mutató koncepcióváltást.

Az egyes vízkészletek elosztásának jelenlegi gyakorlata nem reflektál az egyre egyértelműbben érzékelhető (a VGT felülvizsgálata során is kimutatott) mennyiségi korlátokra (lásd 3. fejezet). Az alkalmazkodásnak nemcsak az összesített vízkivétel fenntarthatóságára kell irányulnia, hanem a készletek fokozatos újraosztására is a különböző hasznosítási formák között, annak érdekében, hogy a nagyobb társadalmi hasznot eredményező felhasználási módok kerüljenek előtérbe. Ehhez legalább a készlet egy részére versenyelvű elosztási mechanizmust kell alkalmazni, amely támogatja a takarékossági beruházásokat és a hasznosítási elképzelések közötti döntést. Ugyanakkor tekintettel kell lenni arra, hogy a fenn-



tarthatóság és a társadalmi hasznosításhoz fűződő érdek érvényesítése ne okozza az érintettek más alapvető jogainak sérülését.

A vízhasználatot a természeti háttér és az épített infrastruktúra-rendszerek együtt teszik lehetővé, az mindkettő állapotától, illetve a kettő kölcsönhatásától függ. A környezeti háttér (zöld infrastruktúra) csökkenő teljesítőképessége esetén az épített infrastruktúra teljesítményének növelése csak átmeneti és egyre nagyobb költségű megoldás lehet a jelenlegi hasznosítások fenntartásában (esetleg növelésében), amelyet a külső feltételrendszer változásai (pl. a vízhasználói igények növekedése) tovább nehezítenek.

További konfliktusokhoz vezet, hogy a fenntartható vízhasználat számos költsége csak közösségi szinten jelentkezik (pl. árvízi védekezés), és az egyéni felhasználók nem szembesülnek például az erőforrás korlátosságából vagy az okozott környezetterhelésből eredő költségekkel; közvetlenül jellemzően csak az általuk igénybe vett infrastruktúra működtetését fizetik meg. Emiatt nem érdekük a hatékonyabb vízhasználati módszerek bevezetése, és a kölcsönösen előnyös alkalmazkodási lehetőségek megszervezése sem valósul meg. A fenntarthatóság egyik elsődleges eszköze a valós költségek beépítése a vízhasználattal kapcsolatos döntési folyamatokba. A gyakorlati szükségszerűség mellett ezt az EU VKI vízszolgáltatásokra vonatkozó teljes költségmegtérülési szabályai is egyértelműen előírják.

A növekvő, de a felhasználók által nem érzékelt közösségi költségek mérsékelhetők differenciáltabb területhasználattal. A területi alkalmazkodás során az egyes területek értékét nemcsak a hasznosítás gazdasági eredménye adja, hanem az elkerülhető jövőbeli közösségi költségek is hozzáadódnak (pl. az elárasztásra alkalmas területek esetében a csökkenő árvízvédelmi költségek). Hasonló differenciálási lehetőséget jelent például a kapacitások igénybevételének időszakfüggő beárazása (pl. a belvízcsatornák használata csúcsidőszaki – belvizes – vagy azon kívüli időszakban).

A közgazdasági szempontú értékelés (a különböző megoldásokhoz tartozó költségek, a vízgazdálkodás különböző szereplői közötti megoszlásuk, a lehetséges finanszírozási források elemzése) nemcsak a fenti példáknak, hanem az előző fejezetek szinte valamennyi vízgazdálkodási problémájának nélkülözhetetlen eleme. Az is fontos vizsgálati szempont, hogy az egyes feladatok elmaradása (pl. a finanszírozás hiánya miatt) milyen hatással lehet a rendszer egészének működésére (pl. ha a hatósági engedélyezés vagy az ellenőrzés elmarad vagy megritkul, az hol jelenik meg költségnövelő tényezőként, milyen externális költségeket indukál).

Globális és határokon átnyúló hatások

Globálisan a vízválság egyik legfontosabb oka az emberiség jelentősen növekvő lélekszáma, amely vallási és etikai kérdésekkel is összefonódik. A tudománynak szorosan és hatékonyan közre kell működnie a népességnövekedési helyzet kezelésére irányuló cselekvési tervek elkészítésében és megvalósításában. Noha régiónkban a demográfiai változás ellentétes irányú, a globális vízválság hatásai, a természeti erőforrások iránti növekvő igények a kereskedelmen (például az alapvető élelmiszerek iránti keresleten) és a népességmozgáson keresztül itt is érzékelhetők. (A nem-

zetközi kereskedelem révén a különböző termékekbe és szolgáltatásokba „beépített víznek”, az úgynevezett virtuális víznek komoly hatása lehet egy ország vízgazdálkodására. A virtuális víz koncepciójának megfelelően a világ egymástól távol eső országai egy „virtuális vízgyűjtő” – lényegében a vízkörforgás – közös használóinak tekinthetők.)

A globális vízválságból adódó, határokon átnyúló konfliktusok értelmezése, kezelése ezért regionális szinten is több figyelmet érdemel. A fenntartható népességnagyság problémaköre szorosan kapcsolódik a tájszemléletű vízgazdálkodáshoz. Adott vízgyűjtő és természeti erőforrásainak hosszú távon fenntartható hasznosítása feltételezi az érintett terület eltartóképességének szem előtt tartását is. Emellett a technikai fejlődéssel jelentkező új kihívásokat is figyelembe kell venni, például a robotizáció várható széles körű elterjedését és a munkaerőpiacra kifejtett hatását.

A vízgazdálkodás jog- és intézményrendszerének fejlesztése

A vízjogi szabályozás kérdéskörében az egyik különösen problémás terület a határokon átnyúló vízgazdálkodás és vízvédelem, amelyet nemzetközi, európai uniós és hazai szabályozási szinten is szükséges vizsgálni és fejleszteni. Nemzetközi szinten a különböző vízgazdálkodási és vízvédelmi területeken a fogalomhasználat, illetve a számítási módszerek (pl. vízmérlegszámítás) különbsége a joganyagok és az egyes országok között mind az együttműködés, mind az összehasonlíthatóság szempontjából nehézséget jelent. Magyarország szomszédos országokkal kötött kétoldalú vízgazdálkodási-vízvédelmi megállapodásai több elemükben elavultnak tekinthetők. Az együttműködéseknek a XXI. század igényeit és a korszak kihívásait figyelembe vevő fejlesztése az érintett államok tudományos, kormányzati és civil szervezeteinek közreműködésével kidolgozott ajánlásokkal támogatható. A kétoldalú és többoldalú megállapodásokban hangsúlyosabban kell megjeleníteni a felszíni és felszín alatti vízbázisok közös hasznosításának szabályozási kereteit, és a végrehajtás hatékonyságát növelő intézmények is fejlesztendők.

A tagállamok határokon átnyúló vízvédelmi és vízgazdálkodási viszonyainak szabályozása, illetve konfliktusainak feloldása az európai uniós jogban is problémák forrása, amelyek az ilyen irányú európai integráció mélyítésével kezelhetők. Az uniós vízszabályozás (középpontjában a VKI-vel és az Árvízi Irányelvvel) végrehajtásának hiányosságaival kap-

csolatban számos anyag áll rendelkezésre, amelyet nemcsak a nemzeti jog fejlesztésénél kell figyelembe venni, hanem az uniós vízszabályozással kapcsolatban is szükséges visszajelzés. A magyar vízszabályozás vízgazdálkodási előírásai mára áttekinthetetlenné váltak. Gyakorlatorientált és jog-összehasonlításon alapuló újrastrukturálással a rendszerében is új szabályozást kell létrehozni. Ebben hangsúlyosabban jelenhetnek meg a területhasználat újragondolásával kapcsolatos és a tájszemléletű vízgazdálkodás hatékony megvalósítását segítő új jogintézmények.

Egy társadalom kiszámítható működésének alapvető eleme intézményrendszereinek stabil, de a változó külső feltételekhez (a szervezés és a gyakorlati végrehajtás szintjén) alkalmazkodni képes működtetése. A magyar vízügyi intézményrendszer fejlődésének történelmi keretei és jelenlegi feladatai miatt elsődlegesen mérnöki és központi tervezési szemléletű. A vízzel kapcsolatos megoldatlan társadalmi problémák (illegális vízhasználatok, az inadekváttá vált infrastruktúra-rendszerek átalakítása, árazás, határon átnyúló hatások) rendezése szemléletében is új intézményi, szabályozási, szervezési megoldásokat igényel.

A vízhez kapcsolódó problémák megoldása (és a vízgazdálkodás általában) együttműködést kíván az érintettek részéről. Létfontosságú az egymás feltételrendszerét alkotó vízgazdálkodási és terület-, illetve tájgazdálkodási közpolitikák integráltsága. Ehhez azonban a magyar vízpolitika jelenlegi intézményrendszere nem nyújt elegendő támogatást. A nagyon összetett intézményi struktúrában a szerepkörök nem válnak el egyértelműen, és ez megnehezíti az érdekelt felek közötti egyeztető feladatkör megvalósulását is. Gyakran nem jogszabályi, hanem végrehajtási hiányosságok vannak, különösen a jelentősebb érdekkonfliktusokkal járó jogszabályok esetén (pl. illegális vízkivételek, mennyiségi igénybevételi korlátok, a belvízelvezető rendszerek szabályozott használata). Ennek a helyzetnek folyománya és nem kiváltó oka, hogy nincs pénz szakmailag szükségesnek tartott feladatok ellátására.

A hazai vízügyi intézményrendszer hagyományai miatt a legfontosabb, szemléleti változást igénylő kérdés az állami szerepvállalás határaira és az állami szerepvállalás felfogására vonatkozik. A vízgazdálkodási szolgáltatásokban nagyobb szerepet kaphat a sokszereplős, decentralizált erőforrás-használatok, közösségi együttműködések kialakítása (támogató jogszabályi háttér és a feltételek azonosítása mellett), különösen a központi ellenőrzéssel egyébként sem kikényszeríthető problémamegoldásokban. Az állam több különböző módon is szereplő lehet ezekben a

folyamatokban, például egyszerre tulajdonos (a felszín alatti vizek esetén kizárólagos tulajdonos) és hatóság.

Bár a társadalom aktív részvétele stratégiai szinten is meghatározott cél, a társadalom bevonása a legtöbb esetben a már kidolgozott cselekvési tervek megértetésére, véleményezésére korlátozódik, ami nem elegendő a társadalmi érdekkonfliktusok megoldásához. Elsődleges fontosságú, hogy a kutatási eredmények, a nemzetközi folyamatok tapasztalatai hatékonyabban épüljenek be a vízzel kapcsolatos mindennapi gyakorlatba.

Oktatás és szemléletformálás

A hatékony társadalmi szemléletformáláshoz, tudományos ismeretterjesztéshez differenciáltan, a célcsoportok életkorához, szociális környezetéhez, képzettségéhez igazítva kell megválasztani a csatornákat. Az urbanizáció következtében mind többen városi környezetben nőnek fel, az egymást követő generációk egyre kevesebbet tudnak a természetes vizek sokféleségéről, sérülékenységéről. Hasonlóan kevés az ismeret a fenntartható vízhasználat tudományos, műszaki, jogi és gazdasági feltételeiről. Az óvodások, kisiskolások tudatos (takarékos) vízhasználatra nevelésétől kezdve a közoktatásnak nagyobb szerepet kell vállalnia a vízzel kapcsolatos ismeretek átadásában. Ehhez megfelelő tan- és segédanyagokat kell kifejleszteni.

Sem a vízgazdálkodás mindennapi feladatai, sem a kor színvonalának megfelelő víztudományi kutatások nem végezhetők megfelelő számú és minőségi tudással felvértezett szakember nélkül. Az egyes ágazatokat sújtó szakember- és tudáshiány, illetve a képzés helyzetének, hiányosságainak

tudományos igényű felmérése a legsürgetőbb feladatok egyike. Mindezen ismeretek elengedhetetlenek a felsőfokú képzés színvonalának és hatékonyságának növeléséhez. Ki kell alakítani az oktatási intézmények, kutatóhelyek és a szakágak megfelelő együttműködését és tapasztalatcseréjét is. A vízzel kapcsolatos problémák és feladatok integrált, multidiszciplináris megoldása nem lehetséges a szakemberállomány folyamatos továbbképzése és a különböző szakterületek közötti állandó kommunikáció nélkül.

Hasonló, elengedhetetlenül szükséges alapfeltétel, amelyet az MTA Víztudományi Programjának egyik kiemelt javaslata is megfogalmaz, egy szabad hozzáférésű, integrált hidrológiai adatbázis létrehozása. Az operatív vízgazdálkodási feladatok – ideértve az operatív vízgazdálkodáshoz szükséges integrált vízrajzi adatrendszereket, valamint a technológiai fejlesztő kutatásokat is – hatékony tudományos támogatása ma nem megoldott. A vízrajzi adatbázis hatékonysága elveszett annak intézményes széttagoltsága miatt. A klímaváltozás, melynek hatásai erőteljesen érintik a hidrológiai ciklust, új közös kihívások elé állítja a magyar vízrajzi és meteorológiai szolgálatokat, ami lehetőséget is kínál szoros együttműködésükre. A törvényhozás szintjén tisztázandó alapkérdés, hogy a közadatokhoz való hozzáférés hogyan biztosítható a kutatás és az operatív feladatvégzés számára. A vízgazdálkodás adatvagyonának strukturálásával meg kell teremteni az adatpolitika EU-szintű kompatibilitását.

Kiemelt kutatási feladatok

Vízkormányzás, a víz- és területhasználat összehangolása a valós költségek figyelembevételével

- A hosszabb ideje fennálló hazai vízkonfliktusok megoldását hátráltató akadályok társadalomtudományi szempontú feltárása
- Az ökoszisztéma-szolgáltatásokat növelő tájszerkezeti változtatások feltárása
- A fenntartható tájgazdálkodás (ártéri gazdálkodás, fokgazdálkodás) megvalósításához szükséges módszerek és költségelemzés kidolgozása
- Megfelelő vízkormányzás (water governance) kialakítása Magyarországon
- A komplex víz- és területhasználati beavatkozásokkal járó programok hatásbecslési módszertanának kidolgozása
- A vízhasználatok gazdasági hozzáadott értékének összehasonlító számítására alkalmas módszer kidolgozása (a vízkészlettípusok, hasznosítási módok, a vízkészletek VKI-minősítésének és földrajzi elhelyezkedésének figyelembevételével)
- Az integrált vízgazdálkodásra fordított közösségi költségek felmérése táji léptékben
- A tájhasználat, a területi alkalmazkodás múltbeli folyamatainak feldolgozása, területi vízkonfliktustérkép készítése

Globális és határokon átnyúló hatások

- Magyarország szomszédos államokkal kötött kétoldalú vízgazdálkodási, illetve vízvédelmi megállapodásainak korszerűsítése
- A Magyarország mint alvízi ország környezetvédelmi és vízgazdálkodási érdekeinek hatékony képviseletéhez szükséges jogi/közgazdasági konstrukció kidolgozása, az alvízi helyzetben levő szomszédos országokkal szemben meglévő kötelezettségek/érdekellentétek feltárása
- A beépített (virtuális) víz felhasználása által a vízgazdálkodásra, területhasználatra kifejtett hatások értékeléséhez szükséges modellek kidolgozása

- A standardizáció nemzetközi szintű növelése a vízgazdálkodás és a vízvédelem területein (fogalomhasználat, számítási módszerek stb.)
- A több államhoz tartozó felszíni és felszín alatti vízadók közös hasznosítását lehetővé tevő intézmények kialakítása és fejlesztése

A vízgazdálkodás jog- és intézményrendszerének fejlesztése

- A Víz Keretirányelv jogi előírásainak fejlesztése az uniós vízstratégiában előírt célok hatékonyabb elérése érdekében, a magyarországi végrehajtás jogalkotási, jogalkalmazási hiányosságainak feltárása és kiküszöbölése
- Az agrártámogatási rendszer és a piaci folyamatok által meghatározott mezőgazdasági termelés és területhasználat hatásainak feltárása a vízminőségre és -mennyiségre
- Az országhatáron belüli vízvisszatartást támogató új jogi, (köz)igazgatási, gazdasági, illetve pénzügyi eszközök azonosítása
- A mezőgazdasági termelést bővítő jelenlegi célkitűzések fenntarthatóságának vizsgálata és szükség szerinti újragondolása
- A jelenleginél hatékonyabb, folyamatosan fejlődő, vizekkel kapcsolatos (szak)politikaalkotás kereteinek és tartalmának kidolgozása
- Az egyes vízzel kapcsolatos kihívások hatékony megoldásához szükséges állami, illetve helyi közösségi szerepvállalás azonosítása, a vízhez kapcsolódó köz- és magánintézményi struktúra hatékonyságának növelése

Oktatás és szemléletformálás

- A tudományos eredmények és a gyakorlati tapasztalatok felhasználása az (alap-, közép- és felsőfokú) oktatásban, illetve a lakosság szemléletformálásában
- Az új kutatási eredmények közvetlenebb hasznosítási lehetőségeinek feltárása a vízzel kapcsolatos gyakorlati feladatokban

Mellékletek

1. melléklet: Nemzetközi programok prioritási területei

Strategic Research and Innovation Agenda of the Water Joint Programming Initiative of the European Union

Az ökológiai fenntarthatóság megőrzése
Biztonságos vízrendszerek kifejlesztése a lakosság számára
A versenyképesség támogatása a víziparban
Víztakarékos (water-wise), bioalapú gazdaság bevezetése
A vízciklus bezárása (tartalmilag a vízciklus egészének figyelembevétele)
http://www.waterjpi.eu/images/documents/Water%20JPI%20SRIA%200%205.pdf

National Water Program Research Strategy

Jó állapotú vízgyűjtők (watershed) és parti vizek
Biztonságos ivóvíz
Fenntartható vízinfrastruktúra
Vízbiztonság (mennyiségi és minőségi)
https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-04/documents/strategy-report-2009.pdf

Water Research Pillar – Research Priorities 2014–2016 of Irish EPA's 2014–2020 Research Programme

Biztonságos víz (safe water)
Ökoszisztéma-szolgáltatás és fenntarthatóság
Innovatív víztechnológiák
Vízkincsünk (water resource) megismerése, kezelése és megőrzése
Új és tématerületeken átívelő kihívások
http://www.epa.ie/pubs/reports/research/eparesearchstrategy2014-2020/workshopsdiscussiondocuments/water/EPA%20Research%20Programme%202014-2020%20-%20EPA%20Water%20Research%20Priorities%202014-2016.pdf

White Paper – Priority Research Fields of the German Water Science Alliance

A globális változásokból és a klímaváltozásból adódó új kihívások: élelmiszer és víz, megaurbanizáció, kockázat és sérülékenység
Vízgazdálkodás az integrált vízgyűjtő-gazdálkodáson túl: a célok kijelölése, az eszközök azonosítása, kormányzás

Az anyagáramlás megértése vízgyűjtőszinten: egészségünk és a környezet védelme
A megfigyelés, feltárás és adatgyűjtés új megközelítései a vízkutatásban
Közösségi erőfeszítés modellfejlesztésre és adatintegrációra a víztudományban
Vízhiány: egy földközi-tengeri kutatási kezdeményezés
http://www.ufz.de/export/data/407/34050_WhitePaper_FINAL_web.pdf

Water Research Strategy of New Zealand

A vízkészlet megértése, megőrzése és kezelése, beleértve a vizes rendszerek életet támogató kapacitását (life-supporting capacity)
Monitoringrendszerek, jelentés és validálás
Vízgazdálkodás létesítményi (enterprise) és vízgyűjtőszinten
http://gdsindexnz.org/wp-content/uploads/2015/10/Water-Research-Strategy.pdf

2. melléklet: Online víztudományi kérdőív

Tisztelt Válaszadó!
Köszönjük, hogy a Nemzeti Víztudományi Program sikeressége érdekében vállalkozik a kérdőív kitöltésére. A kérdőív célja, hogy a lehető legszélesebb körben felmérje azokat a vízhez kapcsolódó problémákat, tudáshiányokat, amelyekkel a szakemberek a gyakorlat során szembesülnek. A víz minden aspektusa érdekes lehet a felmérésben, a vízbiztonság, vízminőség, vízinfrastruktúra kérdéseitől az ökológiai szempontokon és a különböző vízhasználatokon át a vízdiplomáciáig.

E felmérés segíti a hazai víztudományi kutatások irányának meghatározását a következő évekre. A válaszok hozzájárulnak a hazai Víztudományi Program megalkotásához, amelynek célja a Nemzeti Vízstratégia (Kvassay Jenő Terv) stratégiai célkitűzéseinek tudományos megalapozása.

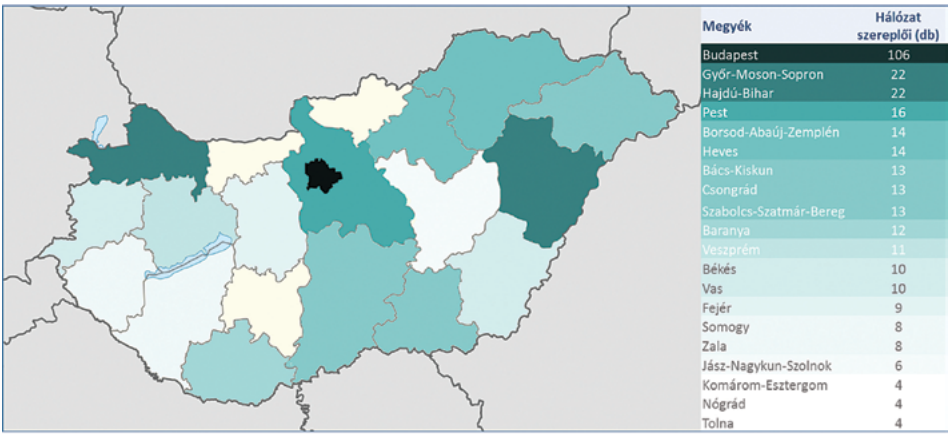
1. Név (nem kötelező)	
Kor (nem kötelező)	
	25 alatt
	26–35
	36–45
	46–55
	56–65
	65 felett
Iskolai végzettség, fokozat (nem kötelező)	
	Általános iskola
	Középfokú
	Felsőfokú szakképesítés
	Főiskola, BSc, BA
	Egyetem, MSc, MA
	PhD vagy azzal ekvivalens
	Nagydoktori

2. Intézményének/szervezetének típusa:	
	Államigazgatási háttérintézmény
	Államigazgatási szerv
	Felsőoktatási intézmény
	Kutatóintézet
	Gazdasági társaság
	Közszolgáltató
	Szakmai/tudományos társaság
	Társadalmi szervezet
	Magánszemélyként töltöm ki a kérdőívet
	Egyéb, éspedig
3. Intézmény/szervezet megnevezése:*	
4. Szervezeti egység megnevezése:*	
5. Beosztás:	
	vezető (pl. tanszékvezető, osztályvezető, igazgató stb.)
	beosztott
	diák/hallgató
	egyéni vállalkozó
	önkéntes
	egyéb (nyugdíjas stb.)
6. Az Ön által képviselt szak-, illetve tevékenységi terület(ek) (többet is bejelölhet)*:	
	Árvíz- és belvízvédelem, vízvédelmi műtárgyak
	Ásvány-, termál-, gyógyvizek
	Csapadékvíz-gazdálkodás
	Energetika
	Erdőgazdálkodás
	Felszín alatti vizek használata, vízkivételek
	Felszín alatti vizek minősége
	Felszíni vizek használata

	Felszíni vizek minősége
	Halgazdálkodás
	Határvizek
	Hatósági feladatok
	Hidroökológia
	Ipari vízhasználat
	Ivóvíz
	Jog
	Katasztrófavédelem, haváriák
	Klímaváltozás
	Meteorológia
	Mezőgazdaság
	Oktatás
	Szennyvíz
	Szociális kérdések
	Tájgazdálkodás
	Társadalmi kapcsolódások
	Település- és területfejlesztés
	Települési vízgazdálkodás
	Turizmus, rekreáció
	Veszélyesanyag-emisszió
	Víz-újrahasznosítás
	Vízi infrastruktúrák
	Vízi közlekedés
	Vízmegtartás
	Vízvizsgálat
	Vízzel terjedő betegségek, járványok
	Egyéb, éspedig

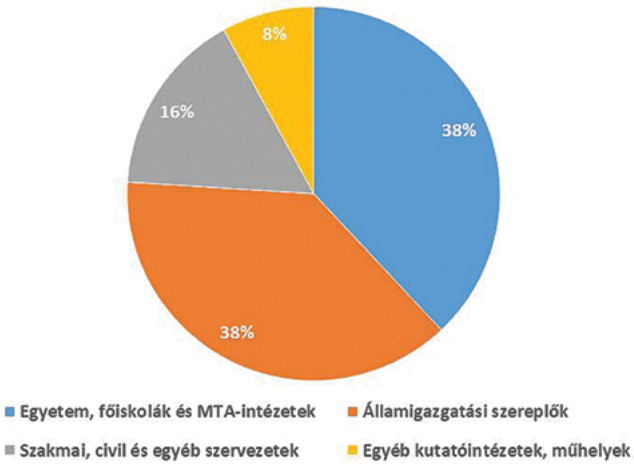
7. Kérjük, írja le röviden az alábbi tématerületekhez kapcsolódó legfontosabb problémákat, kérdéseket, amelyekre ön szerint a hazai víztudományi kutatásnak választ kellene adnia. (hat szövegdoboz, legfeljebb 500 leütés)	
1.	**Biztonságos ivóvíz** (ivóvízbiztonság, az ivóvízhez való hozzáférés, innovatív technológiák, higiéné)
2.	**Vízminőség** (felszíni és felszín alatti vizek minősége, a vízminőséget befolyásoló tényezők, sérülékeny felszín alatti vízkészletek)
3.	**Fenntartható vízhasználat** (hatékony vízhasználat, fenntartható vízkivétel, a vízhiány kezelése, turisztikai és rekreációs vízhasználat, ipari és mezőgazdasági vízhasználat, vízi közlekedés)
4.	**Vízgazdálkodás** (vízkészlet-gazdálkodás, vízkárelhárítás, vízhasznosítás, integrált vízgazdálkodás, települési vízgazdálkodás)
5.	**Vizes élőhelyek és ökoszisztémák védelme és helyreállítása**
6.	**Alkalmazkodás a vízkörforgalommal összefüggő globális változásokhoz** (szélsőséges időjárási helyzetek, klímaváltozás, urbanizáció)
8. Van-e olyan tématerület, amelyet ön szerint nem fednek le a fenti kategóriák, de a vízkutatás szempontjából fontosnak tartja? (legfeljebb 300 leütés)	
9. Van-e egyéb megjegyzése, észrevétele a felméréshez? (legfeljebb 300 leütés)	

3. melléklet: Az online víztudományi kérdőívvel megkeresett intézmények területi és intézménytípusok szerinti megoszlása



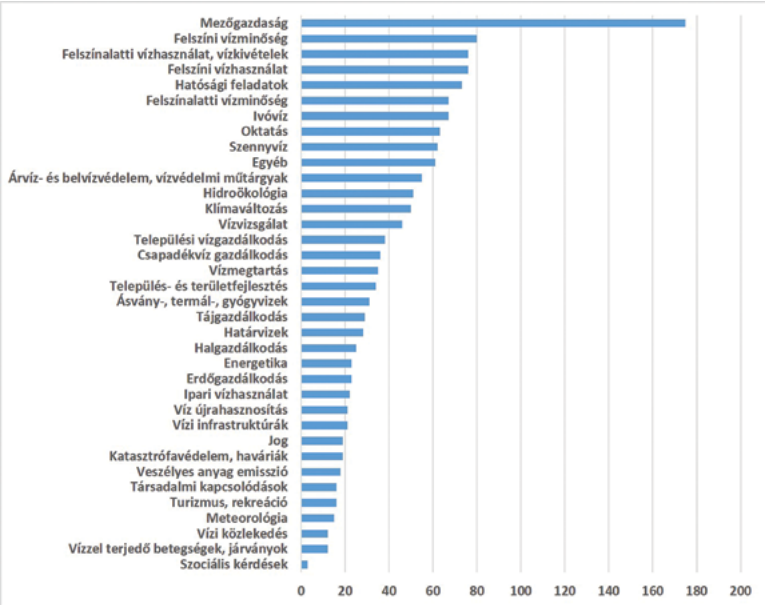
Megyék	Hálózat szereplői (db)
Budapest	106
Győr-Moson-Sopron	22
Hajdú-Bihar	22
Pest	16
Borsod-Abaúj-Zemplén	14
Heves	14
Bács-Kiskun	13
Csongrád	13
Szabolcs-Szatmár-Bereg	13
Baranya	12
Veszprém	11
Békés	10
Vas	10
Fejér	9
Somogy	8
Zala	8
Jász-Nagykun-Szolnok	6
Komárom-Esztergom	4
Nógrád	4
Tolna	4

1. ábra A vízzel kapcsolatos feladatokat ellátó intézmények területi megoszlása

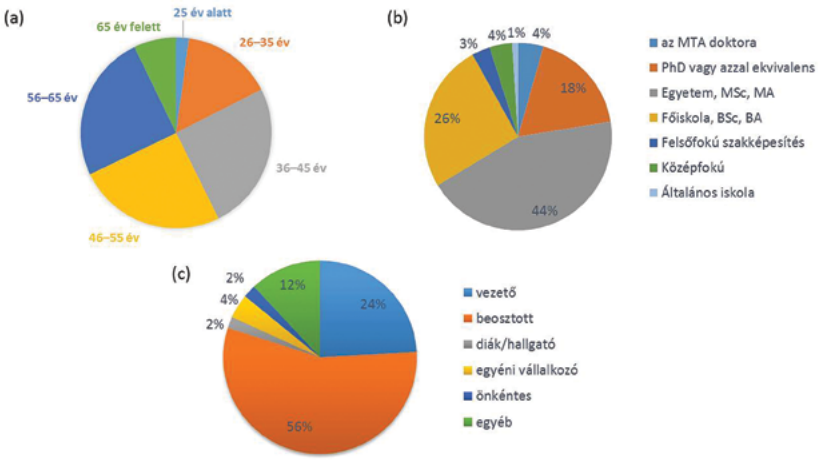


2. ábra Az intézmények megoszlása intézménytípus szerint

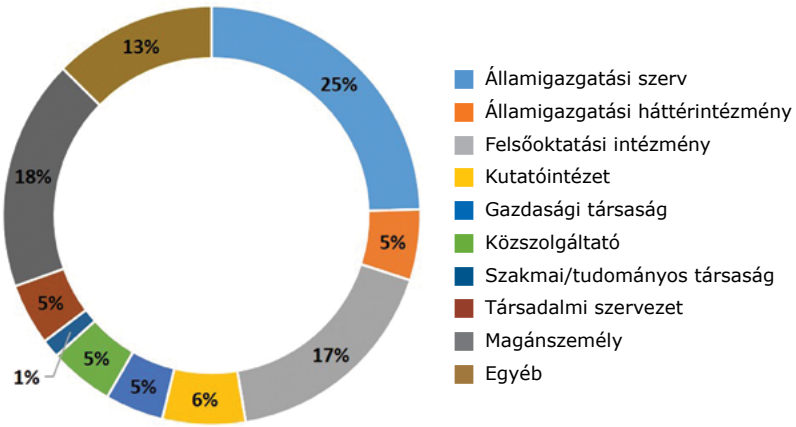
4. melléklet: A víztudományi kérdőívet visszaküldő válaszadók megoszlása



1. ábra A válaszadók megoszlása szakterület szerint



2. ábra A válaszadók megoszlása a) kor b) végzettség c) beosztás szerint

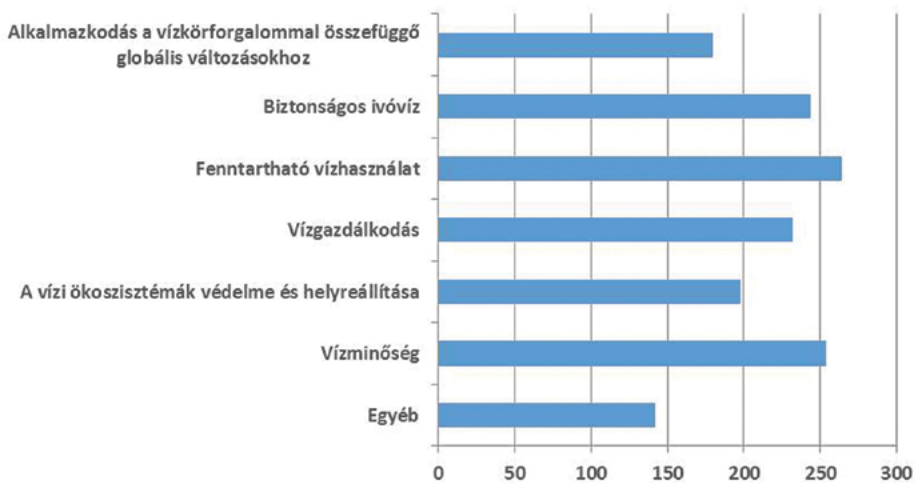


3. ábra A válaszadók megoszlása intézménytípus szerint

5. melléklet: A víztudományi kérdőívre érkezett válaszok megoszlása és a bennük megjelenő témák

Biztonságos ivóvíz: A legtöbb kérdés, javaslat a gyógyszermaradványok, hormonhatású anyagok és más szerves és szervetlen mikroszennyezők vizsgálatára, eltávolítási lehetőségeire irányult. Ugyancsak hangsúlyosan szerepelt az ivóvízbázisok védelmének erősítése, az ivóvízkezelő technológiák fejlesztése és az ivóvízelosztó hálózatok rekonstrukciójának szükségessége, a nyersvízminőségből adódó, illetve a hálózaton belüli vízromlásból eredő ivóvízminőségi problémák megoldására. A nem ivóvízminőségű, úgynevezett használativíz-ellátás lehetőségének megvizsgálására is sok válaszadó tett javaslatot.

Vízminőség: A vízminőséggel kapcsolatos kérdések főként a különböző szennyezőforrások (elsősorban a szennyvíz és a mezőgazdaság, valamint a szennyezett területek, az ipari tevékenységek) hatásának felmérésére és kiküszöbölésére irányultak. Hangsúlyosan szerepeltek a különböző technológiai fejlesztési igények, mind a vízminőségi monitoringmódszerek, mind a szennyező anyagok eltávolítására szolgáló technikák (különösen a szennyvíztisztító technológiák) terén.



1. ábra A kérdőívre érkezett válaszok megoszlása az egyes tématerületek között

Fenntartható vízhasználat: Ezen a területen az újrahasznosítás erősítésére érkezett a legtöbb javaslat (csapadékvíz-hasznosítás, szennyvíz-újrahasznosítás). Hangsúlyosan szerepelt az öntözés kérdésköre (különböző szempontokból), valamint a termálvizek fenntartható (energetikai és rekreációs célú) használata. A víztakarékosság és a hatékony felhasználás fontosságát a válaszadók jelentős része kiemelte.

Vízgazdálkodás: A vízgazdálkodás témakörében a vízvisszatartás és a visszatartott vizekkel (árvíz, belvíz) való gazdálkodás kiterjesztése volt a legtöbbször felmerülő javaslat, amely az árvízi védekezés új alapokra helyezését is magában foglalja. Hangsúlyosan szerepelt az integrált vízgazdálkodás szükségessége, mind a területi, mind a települési vízgazdálkodásban.

A vizes élőhelyek és vízi ökoszisztémák védelme és helyreállítása: A vízi ökoszisztémák védelmére vonatkozóan arányaiban kevesebb konkrét javaslat érkezett, bár a kérdés fontosságát a válaszadók többsége hangsúlyozta. A szennyezőforrások felszámolása mellett az egyes élőhelyek (pl. szikes tavak, holtágak, lápok) jobb megismerése és védelme szerepelt a legtöbb válaszban. Az ökoszisztéma-szolgáltatások számszerűsítését is sok válaszadó említette.

Alkalmazkodás a vízkörforgalommal összefüggő globális változásokhoz: A globális változásokkal kapcsolatban a válaszok szinte kizárólag a klímaváltozás hatásaival foglalkoztak, azon belül is a szélsőséges vízjárási helyzetekre való felkészülést, illetve a modellezés és előrejelzés fontosságát emelték ki. A kutatási feladatok, problémák mellett visszatérő téma volt a szakemberképzés szükségessége, valamint a lakossági tájékozottság és tudatosság erősítése. Az intézményrendszer és a jogszabályi háttér stabilitása, átláthatósága a válaszadók szerint ugyancsak alapkövetelmény a vízzel kapcsolatos problémák megoldásához.

A kérdőívre érkezett válaszokban megjelenő témák prioritási területenként

1.
Biztonságos ivóvíz
Algatoxinok
Alternatív vízforrások
Antibiotikumrezisztencia
Arzén, vas, ólom, jód, fluor
Csőhálózat állapota, azbeszt-, ólomcsövek
Egészséghatás
Egyedi vízellátó rendszerek
Esővíz-felhasználás
Felszíni és felszín alatti vízkészletek mennyisége, minősége
Fertőtlenítési melléktermékek
Források vízminősége
Gyógyszermaradványok, hormonhatású anyagok, szerves mikroszennyezők
Használati víz (a tűzivizet is beleértve)
Hatékonyság növelése az ivóvíz-előállításban
Helyszíni vizsgálati módszerek fejlesztése
Hidromorfológia hatása (duzzasztóművek, folyószabályozás, medermélyülés, a parti szűrés szűrőrétege)
Innovatív vízkezelő módszerek (hatékonyabb szennyezőeltávolítás, kisebb vízveszteség, a visszasózás kerülése, ferrátos technológia, alternatív fertőtlenítőszerek)
Ivóvízelosztó hálózatok rekonstrukciója
Ivóvízpazarlás, mennyiségi kérdések
Ivóvíz-stratégia
Ivóvíz-technológia rekonstrukciója
Ivóvízbiztonság
Ivóvízellátás biztonsága (security)
Ivóvízkezelés
Ivóvízminőség
Ivóvízminőség-javító Program eredményeinek felülvizsgálata
Járványkockázat
Jó gyakorlatok
Karsztvízszint-emelkedés (Dunántúl)
Kis vízellátó monitoring fejlesztése
Költségmegtérülés
Közkutak megszüntetése
Kutak visszaszennyezése
Külterületi lakosok hozzáférése az ivóvízhez
Magánkutak
Másodlagos szennyezés, vízminőségromlás a hálózatban
Mechanikai víztisztítás
Megfizethetőség
Nehézfémek
Nyersvízminőség-változások előrejelzése
Ökotoxikológiai módszerek
Palackozott vizek minősége
Termáljellegű ivóvíz
Új csőanyagok
Vízbázisok védelme
Vízhez és a szanitációhoz való jog
Víziközmű-szabályozás átláthatóbbá tétele
Vízkezelő technológiák
Vízminőség és vízmennyiség együttes kezelése
Víztisztító kisberendezések

2.
Vízminőség
Analitikai módszerfejlesztés
Bányászat (kavicsbánya, felhagyott bányák öregvizei, karsztfeltöltődés)
Csapadékesemény (szennyvíztúlfolyás)
Csatornázatlan területek

Csurgalékvizek hatása
Diffúz terhelés becslése modellezéssel
Egyedi szennyvíztisztítás
Emissziós és immissziós határértékek összehangolása
Emissziós leltár
Eutrofizáció
Felszín alatti és felszíni vízkészletek kapcsolata
Gyógyszermaradványok, hormonok a felszíni vizekben
Határvizek, határon túli szennyezések
Hulladékhasznosítás és -lerakás
Illegális szennyvízbevezetés
Ipari szennyezések, kibocsátások
Karsztvizet veszélyeztető szennyezések
Karsztvízszint-emelkedés
Kisvízfolyások minősége
Lefolyáseredetű
Légköri depozíció
Mezőgazdasági eredetű szennyezés
Mikroszennyező monitoring
Monitorozás erősítése
Nitrát
Nitrátérzékeny besorolás felülvizsgálata
Nitrátosodás
Ökotoxikológiai módszerek
Peszticidek
Szennyezett területek
Szennyező anyagok lebomlása
Szennyezőforrások (szennyvíz, ipari szennyezés, mezőgazdaság, hulladéklerakók)
Szennyezőforrások feltárása
Szennyvíz
Szennyvíz mint másodlagos nyersanyag
Szennyvízöntözés monitoringja
Szennyvíztisztítás fejlesztése (új technológia, negyedik fokozatú szennyvíztisztítás)
Szinergista hatások
Szürkevizek
Talajvízszennyezés felszámolása
Tápanyagterhelés
Természetközeli szennyvíziszap-hasznosítás
Természetközeli szennyvíztisztítás
Tisztítottszennyvíz-szikkasztás vs. felszíni befogadóba engedés
Urbanizált területek hatása
Üledékből visszaoldódó szennyezés
Vegyszerterhelés-csökkentés
Vizek terhelhetősége (emisszió)
Vízgyűjtő-specifikus szennyező anyagok
Vízminőség ökológiai szemléletű felmérése
Vízminőségi adatok hozzáférhetősége
Vízminőségi kárelhárítási módszerek fejlesztése
Vízminőségi paraméterek felülvizsgálata

3.
Fenntartható vízhasználat
Éghajlatváltozás hatása a vízkészletekre
Éghajlatváltozás miatt vízkitermelés módosítása
Elválasztott szennyvízgyűjtés (szürke és fekete)
Erdőgazdálkodás (az erdők vízmegtartó szerepe)
Felszín alatti vizekre vonatkozó modellek adatigénye
Felszín alatti vízkészletek megújulása
Fenntarthatóság
Fosszilis vízkészlet megőrzése
Fürdővizek, termálvizek mikrobiológiai diverzitása
Geotermikus energia
Gyógyvizek gyógytényezői, kezelése
Halastavak hatása
Használt termálvíz hasznosítása, elhelyezése, visszasajtolása

Használt vizek újrahasználata
Hatékonyabb vízfelhasználás
Homokhátsági vízgazdálkodás
Hosszú távú prognózisok a vízkészletekről
Hűtővíz
Illegális vízhasználatok
Készlettárolás
Kibocsátáscsökkentés, helyi kezelés
Megtisztított víz (szennyvíz) helyben hasznosítása
Megújuló energiaforrások a vízkivételben
Mezőgazdasági vízgazdálkodás
Növénykultúra-váltás
Okszerű vízhasználat
Ökológia vs. horgászat
Ökológiai vízfelhasználás
Ökológiai vízhozamok (a vízkivétel korlátozása)
Öntözés kérdései (fejlesztés vs. szárazművelés)
Rendelkezésre álló készletek elemzése
Szennyvízmennyiség csökkentése
Szürkevizek
Takarékos vízhasználat (háztartási)
Talaj vízmegtartó képessége
Talajvédelem
Talajvédelem a terhelés csökkentésére
Talajvíztartalékok visszapótlása
Talajvízmonitoring
Talajvízszint-süllyedés (Homokhátság)
Termálvizek (fenntartható) hasznosítása
Termőtalaj-degradáció, erózió
Tisztított szennyvíz újrahasznosítása
Túlhasználat megelőzése, korlátozása
Turisztikai vízhasználat szabályozása és ellenőrzése
Újrahasznosítás a nagy vízigényű iparágakban
Vízenergia-hasznosítás
Vízi közlekedés és fejlesztése
Vízigények prognosztizálása
Vízisport – érvek ellene és mellette
Vízkészletcsökkenés
Vízkészletelosztás
Vízkészletváltozás kvantitatív megfigyelése
Vízkészletek felmérése
Vízkészlet-szabályozás
Vízkitermelés hatása a vízkészletekre
Víztakarékos mezőgazdaság
Vízveszteség csökkentése
Záportározók

4.
Vízgazdálkodás
Ártéri gazdálkodás
Árvízvisszatartás
Árvíz-előrejelző rendszerek
Árvízi védekezés újragondolása
Árvízvédelem újragondolása
Árvízvédelmi műtárgyak (élettartamnövelés, rekonstrukció, a tönkremenetel előrejelzése)
Belvízelvezetés, komplex belvíz-aszály kezelés
Belvízgazdálkodás
Csapadékvíz-gazdálkodás
Csapadékvíz-hasznosítás
Csapadékvíz-visszatartás
Csatornahálózat (öntöző, belvízlevezető)
Dombvidéki vízrendezés
Előrejelző rendszerek/mintaprojektek kidolgozása
Felszín alatti tározás
Fokgazdálkodás
Fokozatos párologtatás
Folyóvizek duzzasztása fenékküszöbbel
Határvizek problémája
Havária-előrejelzés
Helyi szintű vízgazdálkodás
Időjárási káresemények
Integrált vízgazdálkodás
Interszektorális együttműködés
Jégkárok

Klímaadaptáció
Medermélyülés
Mérnöki és ökológiai szemlélet összehangolása
Meteorológiai adatok
Modellezés, új módszertanok kidolgozása
Nagyvárosok fenntartható vízgazdálkodása
Nagyvízi mederkezelés
Nemzetközi együttműködés
Okszerű tájhasználat
Párolgás kutatása
Prevenciós védekezés
Szélsőséges vízháztartási helyzetek kezelési lehetősége (alkalmazkodás)
Szennyvízcsatornázás fejlesztése
Tájhasználat megváltoztatása
Települési csapadékvíz elvezetése
Térinformatika a hidrológiában
Területi vízmegtartás
Új vízrajzi mérési módszerek
Urbanizáció hatásai
Villámárvizek
Vízelvezetés, vízelvezető csatornák
Vízgazdálkodás fejlesztése (paradigmaváltás)
Vízgazdálkodás integrációja
Vízgazdálkodás vs. településfejlesztés
Vízjárás-modellezés
Vízkárelhárítás
Vízkészlet-megújulás modellezése
Víztározás, duzzasztás
Vízvisszapótlás
Vízvisszatartás (árvíz, belvíz, csapadékvíz stb.)

5.
Vizes élőhelyek és ökoszisztémák védelme és helyreállítása

Antropogén szennyezések (ipar, szennyvíz, mezőgazdaság, vegyszerhasználat)
Árterek
Árvíz utáni vízszennyezés
Balaton vízpótlása
Barlangi vizek
Biodiverzitás monitorozása
Élőhely-rehabilitáció
Élőlényközösségek felmérése
Érzékeny területek stresszvizsgálata
Eutrofizáció
Felszín alatti víztől függő ökoszisztémák
Folyómellékágak bekötése a folyóvizekbe
Gyógyszermaradványok
Halastavak
Halászat, halgazdálkodás szigorítása
Halfauna felmérése
Hallépcső
Használt termálvíz bevezetése
Holtmedrek
Időszakosan vízzel borított területek
Invázió (okok, inváziós fajok, kezelése)
Kikötők hatása
Kisvízfolyások azonosítása
Kisvízfolyások, holtágak problémái (időszakos vízfolyás, terhelés, feltöltődés)
Klímaváltozás (asztatikus vízjárás, vízhőmérséklet-emelkedés, vízhiány)
Konnektivitás
Lápok, „wetland”-ek
Mederváltozás és mederrendezés
Mesterséges vízterek természetközelibbé tétele
Nádasok, vízparti növényzet
Nemzetközi hatások
Ökológiai alapállapot felmérése, változások követése
Ökológiai és vízgazdálkodási szempontok összehangolása
Ökológiai vízkészlet-gazdálkodás
Ökológiai vízszükséglet meghatározása
Ökoszisztéma-szolgáltatás

Pufferzónák (védősáv, galériaerdő)
Szennyező anyagok hatása az ökoszisztémára
Szikesek
Szúnyogirtás
Talajvíz
Természetes víztisztulás, az ökoszisztémák szerepe a víztisztításban
Turizmus
Védett és védendő fajok
Vektorok (szúnyogok, vízimadarak)
Visszatelepítés
Vízbevezetés
Vizes élőhelyek felmérése
Vízfelületek növelése
Vízgazdálkodási beavatkozások utáni biológiai változások
Vízhez kötődő élőhelyek fennmaradásához szükséges vízhatások

6.
Alkalmazkodás a vízkörforgalommal összefüggő globális változásokhoz
Adatbázis
Ágazat széttagoltsága, vízgazdálkodási szerepkörök
Állandó jogszabályi környezet
Átlátható szabályozás
Egységes, hatékony, erős hatósági fellépés
Finanszírozás
Gazdaságossági számítások
Határokon átnyúló hatások
Hatások értékelése
Intézményrendszer
Kibocsátás kontrollja
Komplex szemlélet
Költségmegosztás
Közös társadalmi vízió hiánya
Monitoring erősítése
Ökoszisztéma-szolgáltatások számszerűsítése
Ökoszisztémák értékének számítása
Szabályozás és végrehajtása
Szakemberpótlás, szakmai továbbképzés
Szemléletmódok közelítése, társadalmi konfliktusok feloldása
Szennyező fizet
Tájgazdálkodási mintaprogramok
Társadalmi igények
Társadalmi reziliencia növelése
Társadalmi, lakossági tájékozottság
Társadalom érzékenyítése, szemléletformálás, környezeti nevelés
Társadalom- és gazdaságpolitikai intézkedések megalapozása
Termékek „vízlábnyoma” (virtuális víz)
Tudatosság erősítése, lakosságnevelés, oktatás, szemléletformálás, környezeti nevelés
Vízkészlet-gazdálkodás (jelenlegi és távlati)
Vízpolitika, vízjog, vízkormány
Zöld infrastruktúra

Készült a Magyar Tudományos Akadémia Nemzeti Víztudományi Programja keretében
2019

mta.hu/víz

9 786155 799044