

A VILÁG VÍZDILEMMÁJA

Somlyódy László

az MTA rendes tagja,
BMGE Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék
somlyody@vkk.bme.hu

A közbeszédben, az írott és az elektronikus sajtóban egyre gyakoribbak az aggódó megjegyzések és kérdések a vízzel kapcsolatban. Sokan tartanak attól, hogy a vízdilemma valamilyen módon korlátozhatja a 21. század fejlődését. Mások a készletek fogyását emlegetik. Ismét mások feltételezik, hogy háborúk törhetnek ki a víz miatt. Vannak, akik az olajválsághoz hasonló vízválság rémképét vetítik elénk. Mi is tehát a helyzet? Megalapozottak-e az aggodalmak? És ha igen, mit tudunk tenni, mielőtt még késő lenne? Kérdések, amelyeket megkísérlünk – legalábbis részben – megválaszolni.

Globális készletek és igények

A vízzel való gazdálkodás első kérdése az, hogy a rendelkezésre álló készletekből ki tudjuk-e elégíteni a felmerülő igényeket. Nézzük ehhez a többé-kevésbé ismert tényeket és számokat! A Föld kis túlzással látszólag vízből van: felszíne 71%-át víz borítja (valójában a víz a Föld tömegének csak mintegy 1%-át teszi ki). A készlet (Q) teljes mennyisége *állandó* és rettenetesen nagy, mintegy 1400 millió km^3 (Papp – Kümmel, 1992) – összehasonlításképpen a Balaton térfogata 2 km^3 körüli. Az igényeket (I) sokan az ivóvízszükséglettel azonosítják, ami bölcs háziorvosunk ajánlása szerint 3 l/fő/nap , azaz 1 $\text{m}^3/\text{fő/év}$, a teljes népességre (6 milliárd 2000-ben) vetít-

ve pedig 6 $\text{km}^3/\text{év}$. Ez elenyészőnek tűnő mennyiség a készletekhez viszonyítva (amelyek 233 millió év alatt merülnének ki),

$$Q=1400 \text{ millió } \text{km}^3 \leftrightarrow I=6 \text{ km}^3/\text{év}, (1)$$

tehát nem egészen értjük az aggodalmakat.

Am okfejtésünk sajnos több szempontból is hamis. Emberi fogyasztásra csak az édesvíz alkalmas, ami a teljes készletnek mindössze 2,5%-a (35 millió km^3). Ugyanakkor a mérleg másik oldala súlyosabb: a 16. század felfedezése és a 19. század innovációja, az „áldásos” öblítéses toalett ún. fiziológiai vízigénye 40 l/fő/nap körüli: drága ivóvízzel felhígítva, pazarlóan távolítjuk el a sok hasznos anyagot tartalmazó fekáliát és vizeletet. Körülbelül 80 l/fő/nap megy el a konyhában és a fürdőszobában. Ezekhez adódik az elosztóhálózat helyfüggő vesztesége (ez jelenleg Szingapúrban a legalacsonyabb, a lakossági vízfogyasztás 5%-a körüli, míg Magyarországon az elöregedett vízi infrastruktúra miatt 20–30% lehet). Így az igény oldalon – a fejlett világban – kb. 50 $\text{m}^3/\text{fő/év}$ az eredmény, míg a globális átlag a nagyobb vízvesztés és a pazarló fogyasztás miatt magasabb, 60 $\text{m}^3/\text{fő/év}$, azaz a teljes népességre vetítve 360 $\text{km}^3/\text{év}$. Ez még mindig viszonylag kis hányada az édesvízkészletnek (a kimerülési idő kb. százezer év):

$$Q=35 \text{ millió } \text{km}^3 \leftrightarrow I=360 \text{ km}^3/\text{év} (2)$$

De valóban gazdálkodhatunk-e a 35 milliárd km^3 készlettel? És az igényt helyesen becsültük-e? Mindkét kérdésre nemleges a válaszunk.

Az első kérdés • Az édesvízkészlet kitermelésének korlátját a viszonylag gyors vízkörforgásban évről évre megújuló, dinamikus készlet határozza meg, nem pedig a lényegesen nagyobb statikus. Ha ezt túllépjük, a vízkészletek nem fenntartható változásokon mennek keresztül: a talajvízszint süllyed, a tavakban tárolt víz mennyisége csökken, és a tengerbe torkolló folyók nem biztos, hogy (az év egészében) elérik a torkolatukat. A folyamat végeredménye az *eltűnő vizek*. Hazai példaként a Dunántúli-középhegység karsztvízkészlete vagy a Duna–Tisza közti hátság említhető, ahol a bányászat hatása, illetve a túlzott mértékű kitermelés súlyos vízszintcsökkenéshez vezetett. Az első esetben ez az egész Dunántúli-középhegységre kiterjedt (hatott a Budai-hegységre és a Bakony délkeleti részére is), a regenerálódás húsz évvel a bányászat leállítását után sem fejeződött még be. Eltűnő vizek megfigyelhetők szinte az összes kontinensen, a leghíresebb/hírhedtebb példák közé tartozik az Aral- és a Csád-tó, a Sárga- és a Colorado folyó (Postel, 1992), a felszín alatti vizek sokasága Kínában, Indiában, Szaúd-Arábiában és USA-ban.

Folytassuk még mindig az első kérdéssel! A megújuló készlet a hidrológiai körforgás eredménye. Ez olyan óriási desztillációs folyamat, amelyet a Nap energiája hajt. A párolgás által a légkörbe lépő vízgőz mennyisége – az anyagforgalom jellemzője – valamivel 400 000 $\text{km}^3/\text{év}$ feletti (Papp – Kümmel, 1992), azaz két nagyságrenddel alacsonyabb érték, mint az édesvízkészlet. A további rossz hír, hogy e mennyiség jelentős hányada csapadék formájában az óceánokba hullik vissza

(az is lehet, éghajlattól függően, hogy a gleccsereket vagy a sarki jeget táplálva hosszabb időre kikerül a vízkörforgásból). Így a ténylegesen hasznosítható megújuló készlet a szárazföldi (felszíni és felszín alatti) lefolyás eredménye, mindössze $Q^* = 40\,000\ \text{km}^3/\text{év}$, azaz újabb nagyságrendet veszítettünk.²

A második kérdés • Globális szinten a teljes vízhasználatnak a lakossági csupán átlagosan és közelítően 10%-a, az ipari 20%-a, a mezőgazdasági – a legnagyobb vízfogyasztó – pedig 70%-ot tesz ki (UN Water, 2009). Ezekkel az egy főre vetített teljes vízigény kerékváltva 600 $\text{m}^3/\text{fő}/\text{év}$, ami globális igényre átszámolva 3600 $\text{km}^3/\text{év}$ körülüli.³ Az értéket más oldalról is ellenőrizhetjük. A fejlett világban a napi táplálékigény átlagosan 2000 kcal/fő lehet, aminek az előállítására leegyszerűsítve 2500 l/fő (másképpen, az irodalom szerint kb. 1000 $\text{m}^3/\text{fő}/\text{év}$) vízre van szükség (WPJ, 2009/2010). Ez tartalmazza a táplálékul szolgáló növények és az állatok természetes vízfelvételeit, tehát a fenti két érték jó összhangban van egymással. A következőkben a fenntarthatóság szempontjából kifejezőbb, kerek 1000 $\text{m}^3/\text{fő}/\text{év}$ értékkel fogunk számolni.

A vízszükséglet nagyságrendjét jól érzékelhetjük a táplálékkosár főbb javainak magas vízigényéből – ezt az 1. táblázat foglalja össze (a fajlagos kcal értékek például az ENSZ *A víz a változó világban* című jelentésében [UN Water, 2009] található meg). Fontos látnunk tehát – és ez első következtetésünk –,

¹ A felszín alatti lefolyás a felszíninek mintegy 5%-a (UN Water, 2009).

² A legújabb becslések szerint 38 600 $\text{km}^3/\text{év}$ és 42 600 $\text{km}^3/\text{év}$ között van (UN Water, 2009).

³ A vízkivétel ENSZ által becsült legfrissebb értéke 3840 $\text{km}^3/\text{év}$ (UN Water, 2009). Megjegyezzük, hogy a többszöri felhasználás miatt valamely vízkivétellel annál nagyobb igény elégíthető ki.

Élelmiszer (kg)	Vízigény (l/kg)
rizs	3000
búza	1500
kukorica	1000
szója	1800
paradicsom	100
marhahús	16 000
csirke	4000
hal, tenyésztett	2000
tej	200
kávé, 1 csésze	150
tea, 1 csésze	40

1. táblázat • Táplálkozási javak előállításának vízigénye (átlagértékek, Chapagain – Hoekstra, 2004; UN Water, 2009)

hogy a vízprobléma fő kérdése nem elsősorban a lakossági vízellátás, hanem az annak sokszorosát igénylő táplálkozás biztonsága. Ennek előfeltétele a vízbiztonság.

A felismerés, hogy a termékekbe – beleértve a chipeket és a gépkocsikat⁴ – közvetve nagy mennyiségű víz „épül be”, vezet az ökológiai lábnyom mintájára a *víz lábnyom* (I^*) fogalmához. A víz lábnyom az a térfogatban kifejezett, egy főre eső vízmennyiség, amely nyit valamilyen termék előállításához és/vagy szolgáltatás elvégzéséhez évente felhasználunk.⁵ Egy ország esetében a vetítési alap az ország összes terméke és szolgáltatása. A lábnyom globális átlaga a jelenlegi becslések szerint $1240 \text{ m}^3/\text{fő}/\text{év}$ (UN Water, 2009). Az érték az USA-ban a legnagyobb ($2480 \text{ m}^3/\text{fő}/\text{év}$, ami mérhetetlen pazarlásra utal), Kínában $700 \text{ m}^3/\text{fő}/\text{év}$, míg Magyarországon némileg az átlag alatt van.

⁴ Egy átlagos gépkocsi egyenértéke kb. $200\,000 \text{ l}$ víz.

⁵ A víz természetesen nem vész el: részben beépül a termékekbe, részben pedig szenny- vagy használtvíz lesz belőle.

Az $1000 \text{ m}^3/\text{fő}/\text{év}$ körüli kerekített értéknek a gyakorlatban még egy jelentése van: úgy tartják, ez az a stresszhatár, amely alatt a vízgazdálkodás a *készletek fizikai szükségessége* miatt kezd igen nehézé válni (egyre nehezebben, növekvő ráfordítással és súlyosbodó negatív következményekkel képes az igényeket kielégíteni). A vízhiány jellemzésére esetenként figyelembe veszik a készletek kihasználtsági fokát ($\text{igény}/\text{készlet} = I/Q$) is, és kritikusan általában a 40%-os korlátot tekintik. Olykor a két kritériumot együtt használják.

A kis kitérőt követően tehát a globális igény $6000 \text{ km}^3/\text{év}$ körüli, azaz a két szembeállítandó érték:

$$Q^* = 40\,000 \text{ km}^3/\text{év} \leftrightarrow I = 6000 \text{ km}^3/\text{év}, (3)$$

vagy egy főre vetítve és kerekítve

$$Q^* = 6700 \text{ m}^3/\text{fő}/\text{év} \leftrightarrow I = 1000 \text{ m}^3/\text{fő}/\text{év}, (4)$$

már nincsenek távol egymástól. A trend sem ad okot az optimizmusra: a 20. század elején a fajlagos készlet mintegy $27\,000 \text{ m}^3/\text{fő}/\text{év}$ volt, és ez 8,5 milliárd lakossal számolva 2035 körül lecsökkenhet $4700 \text{ m}^3/\text{fő}/\text{év}$ -re (URL1). Tehát nem a készlet, hanem annak egy főre jutó hányada csökken a népesség növekedése miatt, mégpedig vészesen. Tovább rontja a képet, hogy az igény növekedését egyelőre nem sikerült visszafogni: az elmúlt száz évben ennek értéke közel kétszeres mértékben növekedett a népesedéshez viszonyítva.

Ezzel azonban történetünket még nem fejeztük be, mivel vízrajzi, hidrológiai, szennyezési és ökológiai okok miatt a készletoldalon markáns redukáló tényezők jelentkeznek. Vegyük sorra ezeket! **Először:** a megújuló készletek mintegy 20%-a távoli, „eldugott” területen található, és aligha hozzáférhető – például az Amazonas óriási készlete. **Másodszor:** a fennmaradó fele – a vízfolyás méreté-

től függően – árvizekkel és monszonnal érkezik (McKinney – Schoch, 1996), vagyis gyorsan lefolyik, és csak egy kis része hasznosítható tározók⁶ építése révén (amelyek nem minden probléma nélküliek). **Harmadszor:** a készletek jelentős, de pontosan nem ismert hányada (legalább 30%-a) kiiktatódik az ökológiai vízigény és a legkülönbözőbb szennyezések (szerves- és tápanyagok, különféle mikroszennyezők, gyógyszermaradványok, szintetikus szteroidok stb.) következtében, hacsak költséges tisztítást nem alkalmaznak, ami sokfelé csak részleges, vagy egyáltalán nem is létezik. Így a megújuló, hozzáférhető és hasznosítható készlet (Q^{**}) és az igény nagyságrendileg

$$Q^{**} = 2000 \text{ m}^3/\text{fő}/\text{év} \leftrightarrow I = 1000 \text{ m}^3/\text{fő}/\text{év}. \quad (5)$$

Érdemes megjegyezni, hogy

$$Q^{**} \geq I \quad (6)$$

reláció a fenntarthatóság fontos kritériuma (globális és lokális léptéken egyaránt).

A bemutatott nagyságrendi elemzésből megfigyelhetjük, hogyan lett a sokból kevés az egyik oldalon és a kevésből sok a másikon. Az eredmény nyugtalanító: globális szinten a (ténylegesen hasznosítható) készlet csupán mintegy kétszerese az igénynek. Másképpen fogalmazva: a kihasználtság⁷ 50% körüli,⁸ igen

⁶ A felszín alatti összegyűlekezésű rész időben kiegyenlítettebb járású, használata tározást nem igényel, „csak” víztermelő kutak létesítését.

⁷ Ennek analógiájára Ashok K. Chapagain és Arjen Hoekstra (2004) a Q^{**}/I^* vízhiány-indexszel jellemzi a készletek szűkösségét (az 1 feletti érték vízbőségre utal), és további két paramétert használ valamely ország vízimportjának függőségére, illetve vízfenntartó képességére.

⁸ A hangsúly a nagyságrenden (és persze a trenden) van. Lehet, hogy a feltevésektől függően a globális kihasználtság csak 30–40%, de ez is roppant magas érték.

magas érték (összehasonlításképpen Magyarországon 8%, augusztusi kisvízre vetítve pedig mintegy 20%). A globális helyzetkép tehát sötét, miközben eddig csupán négy gondot említettünk: a fizikai vízhiányt, az eltűnő vizeket, a szennyezéseket és az ökológiai vízigényt.

A regionális kép és érzékenység

Ha a készletek és az igények területi eloszlása egyenletes lenne, nem lenne okunk aggódalomra. Ez azonban nincsen így. A vízgazdálkodást nagy területi (és időbeli) változékonyság jellemzi, ami a népesség és a társadalmi-gazdasági fejlettségi szint mellett alapvetően az éghajlat területi változékonyságából fakad: változik a párolgás, a csapadék, a hóesés, a hóolvadás, az árvizek, az aszályos időszakok stb. A megújuló készleteket a hidrológiai körforgás részeként végső soron a csapadék és a párolgás együttesen határozza meg, ami pótolja a vízdő rétegek készleteit, és biztosítja a felszíni és felszín alatti lefolyást. A csapadék a párolgással együtt területileg erősen változik: Egyiptomban például ritkán tapasztalni esőt, de lefolyás-térképeket tanulmányozva feltűnő (UN Water, 2009) az Észak-Kína – Délkelet-Ázsia – Közel-Kelet – Észak-Afrika sáv, valamint Kalifornia és Ausztrália: az évi lefolyás sokfelé csupán 10 mm/év körüli (Magyarországon az átlag 50 mm/év, de az Alföld egyes térségeiben alig több 10 mm/évnél). Így elsősorban ezeken a területeken számíthatunk a készletek szűkösségére. Az eredmények ezt igazolják is: a vízben legszegényebb harminc ország itt található (például: Kuvait, Arab Emírátsok, Katar, Líbia, Szaúd-Arábia, Jordánia, Jemen, Izrael, Algéria, Tunézia, Egyiptom, Ciprus stb., URL2), a Közép-Keleten a készletek többnyire 100 m³/fő/nap alattiak. Másképpen jellemezve: az arab világban a

Föld népességének 5%-ára a készletek 1%-a jut, míg Kanada a másik véglet: a globális készletek 20%-ához a népesség csupán 0,2%-a tartozik.

Az igényeket alapvetően az emberi tevékenységek (lakossági, ipari, energetikai és mezőgazdasági vízfogyasztás stb.) határozzák meg. Ezek elsősorban a népességtől és annak területi eloszlásától függenek, ezért célravezető a készlet/népesség indikátor használata a fizikai stressz és/vagy a vízhiány jellemzésére. Fő kérdésünk az: mennyi ember érintett ma, illetve lesz érintett a jövőben? Megbízható válaszunk nincsen. Ennek oka egyszerűen az adathiány: hiába kiemelt téma a víz a különböző fórumokon és az ENSZ-en belül is, nem üzemel megbízható globális és regionális monitoring rendszer, az egyes országok adatszolgáltatása pedig hiányos. Mindenesetre a meglévő információ is elégséges a trendek érzékeltetésére. Suren N. Kulshreshtha (1993) elemzése szerint az országos átlagkészletek alapján 1990-ben a népesség 4–5%-a élt fizikailag vízhiányos területen. Ez az érték 2025-re, forgatókönyvtől függően, 40–50%-ra növekedhet, alapvetően a fejlődő világban, főleg a népesség gyarapodása és az éghajlati hatások⁹ miatt. Utóbbi területileg átrendezi a készleteket: leegyszerűsítve, csökkenti azokat, ahol eddig hiányosak voltak, és fordítva. Az igények is kedvezőtlenül módosulnak: a hőmérséklet emelkedése miatt növekednek az öntözésre berendezkedett területeken. Az igények más okok miatt is átrendeződhetnek: a városiasodás és a megavárosok elszaporodása, a migráció, a középosztály gazdaságtól függő területi fejlődése stb.

⁹ A népességnövekedés hozzájárulása a további vízhiány kialakulásához 70–80%, míg az éghajlatváltozásé 20–30%.

Kulshreshtha (1993) elemzését más források adataival összevetve látszik, hogy az információk ugyan nem teljesen konzisztensek, de a nyugtalanító trend egyértelmű. *Először* is az UNEP- (2000) jelentés 1990-re vonatkozó térképei szerint 200–300 millió ember él 1000 m³/fő/év alatti, vízhiányos területen (mintegy harminc országban). Hasonlóan nagy a 40% feletti vízkivétel/készlet aránnyal¹⁰ jellemezhető népesség (UNEP, 2000). *Másodsor*, a CIA adatbázisát (URLi) használva 2035-re az érintettek száma – csak a népesség növekedése miatt – eléri a 1000 milliót (nő a jelenlegi vízszegény területek népessége, és új országok is bekerülnek az 1000 m³/fő/év kritérium átlépése miatt). A helyzet komolyságát a 2. táblázat szemlélteti, ahol feltüntetjük a kritikus országokon túl a vízhiányossá váló Indiát és Kínát is, melyek 2035 után juthatnak a küszöbérték közelébe. Valójában a UNEP (2000) említett vízkivételi térképe szerint ez Indiára már 2025-re bekövetkezhet, azaz a népesség 20–25%-a eshet a kritikus 40% feletti kihasználtság kategóriájába,^{11,12} (az ökológiai vízigény és a szennyezések figyelembevétele nélkül). *Harmadsor*, a felvázolt trendet erősíti a UN Water (2009) jelentés, amely szerint a vízstressz és a vízhiány szinte

¹⁰ Ezt a (6) reláció kapcsán közöltek miatt tekintik kritikusnak.

¹¹ Már ma is mintegy 800 millió ember él olyan országokban, ahol az átlagos vízkivétel 250 m³/fő/év alatti szűkös érték (UN Water, 2009).

¹² Lester R. Brown (2003) szerint a probléma már ma is kedvezőtlenebb, és a népesség felét sújtja: Kína, India, az USA és tizenkét további vízben szegény ország termeli ki túlzott mértékben felszín alatti vizeit. Nováky Béla (2005) szerint a pakisztáni Punjab tartományban a víz kitermelése 27%-kal, Bangladesben helyenként 50%-kal haladja meg a természetes pótlás mértékét. Az USA-ban, Kaliforniában az évi vízkivétel 1,6 km³-rel több, mint a természetes utánpótlódás.

	Népesség, 2010 (millió fő)	Népesség, 2035 (millió fő)	Készlet, 2010 (m ³ /fő/év)	Készlet, 2035 (m ³ /fő/év)
Kuvait	3,1	4,5	10	7
EAE	4,7	7,0	58	39
Líbia	6,6	8,9	113	84
Szaúd-Arábia	26,3	36,7	118	85
Szingapúr	4,8	5,5	149	130
Jordánia	6,5	9,1	179	126
Jemen	24,3	43,1	223	125
Izrael	7,3	9,1	276	221
Algéria	35,4	46,3	478	366
Tunézia	10,4	12,4	482	404
Egyiptom	87,5	116,5	859	645
Marokkó	43,2	65,2	971	643
Kenya	40,9	68,94	985	584
India	1214,5	1527,9	1880	1494
Kína	1354,1	1462,4	2260	1545

2. táblázat • Néhány ország népessége és fajlagos megújuló vízkészlete (2010 és 2035, átlagos forgatókönyv, URL₁, URL₂)

mindenütt erősödik. *Negyedszer*, a becsléseknél nem számoltunk az éghajlatváltozás és a fejlett világon kívül általánosan romló vízminőség kedvezőtlen hatásaival. És *ötödször*, országos átlagokat használtunk, amelyek elmosják a kisebb léptékű változékonyságokat, azaz alulbecsléshez vezetnek.

A területi változékonyság bemutatására példaként Magyarországot említjük. Magyarországra – a Kárpát-medence mély fekvésű területén – sok felszíni víz (95%) érkezik külföldről (12 000 m³/fő/év). Így vízhiányos lakossága nincs, látszólag Európa vízben egyik leggazdagabb országa. Azonban az országon belüli lefolyásból származó saját készlete¹³ csupán 600 m³/fő/év, stresszküszöb alatti, az

egyik legalacsonyabb érték a kontinensen (2. táblázat). A problémához járul, hogy ez az alacsony érték az országban sokfelé ritka vízfolyáshálózzal párosul, márpedig a mesterséges elosztás nehéz és költséges. A helyzet még rosszabb a belső vízgűjtőkön, a homokhátságokon és az Alföldön. Az Alföldön a felszín alatti vizek kihasználtsága már most is 70%, és az éghajlatváltozás beszivárgást csökkentő várható hatása miatt a jelenlegi vízhasználatok mellett is könnyen meghaladhatja a 100%-ot.

Második következtetésünk az, hogy a népesség növekedése miatt bekövetkező vízhiány és az eltűnő vizek az emberiség jelentős részét érintik, elsősorban a fejlődő világban. A trendek egyértelműen negatívak. A bajok

¹³ Valamely ország vízkészlete a belső és a külső eredetű víz összege. Ha a csapadékból származó belső felszíni és felszín alatti hozzáfolyás a párolgásnál kisebb,

a belső készlet negatív, és az ország vízgazdálkodása kizárólag a külföldről érkező vizek mennyiségétől függ. Ilyen ország például: Kuvait, Egyiptom, Irak (URL₂).

a jövőben minden bizonnyal felerősödve jelentkeznek, más gondokkal kölcsönhatásban. Ezek közül Somlyódy László (2008) alapján

- (i) a városiasodást (a népesség növekedése ma már a városokra koncentrálódik, ez együtt jár az átláthatatlan vízi infrastruktúrák kialakulásával, továbbá a városi elszívás és vidéki taszítás számos következményével),
- (ii) a biztonságos ivóvízellátás és szennyezés-elhelyezés¹⁴ megoldatlanságát, ami a fejlődő világban 1,1 illetve 2,6 milliárd embert érint,¹⁵ és a fejlesztések messze nem követik a terveket,
- (iii) a sok meglepetést okozó szennyezéseket (beleértve a mikro- és nanoszennyezőket) és a vízminőségi bajokat,
- (iv) az éghajlatváltozás által befolyásolt, növekvő gyakoriságú szélsőségeket (árvizek és aszályok), valamint
- (v) a nemzetközi vizek (potenciális) konfliktusait (az emberiség fele él ilyen ún. osztott vízgyűjtőkön; lásd később) említjük.

Az első és a második következtetést összevonva, a népesedés és a fejlődés tendenciája fokozatosan rontja a víz- és a táplálkozásbiztonságot. Ez válságokhoz vezethet, előre nem láthatóan fékezheti a fejlődést, végső soron pedig súlyos fenntarthatósági zavarokat okozhat.

A vízhiány következményeiről

Napjainkban a vízhiány egyre több figyelmetető, időnként szokatlan jelével találkozunk. Így például Ciprus ivóvizet importál

Athénből (tankhajókon), de hasonló a helyzet Madridban vagy Szingapúrban is (utóbbi Malajziában működtet vízművet, majd csövön pumpálja át a vizet a szigetországba). A másfél milliós Quito, Ecuador fővárosa (Sullivan, 2009/2010) nem rendelkezik saját ivóvízbázissal. Évi 250 millió liter vizet az Andokból szállítanak, a gleccserek megfigyelt fogyása miatt (éghajlatváltozás) azonban a készletek gyorsan karcúsodnak. Mexikóváros süllyed a túlzott talajvíz-kitermelés következtében (URL₃). Hasonló jelenséget figyeltek meg az USA-ban, Ogellala térségében (Nováky, 2005). Máltát a tengervízszint emelkedése fenyegeti: a veszély a sós víz beszívargása az alig magasabban fekvő rétegvízbe (Sullivan, 2009/2010). Ez már bekövetkezett Izraelben: a túlzott kitermelés miatt a talajvízbe tengervíz tört be a Földközi-tengerből, aminek eredményeként az egykori édesvíz kezelésére sótalanítási technológiákat alkalmaznak¹⁶ (Sullivan, 2009/2010). Az Izrael és Palesztina közötti feszültség jelentős részben a talajvíz mennyiségéhez és minőségéhez kapcsolódik, az előrelépés és a béke pedig nemcsak a területi, hanem a vízkészletekre vonatkozó kiegyezésen kell, hogy alapuljon.

Szaúd-Arábia közel 2 millió ha területen öntöz mezőgazdaságra alkalmatlan sivatagban (Sullivan, 2009/2010). Folyóik szinte mind időszakosak, a villámzaporok vizeit kétszáz körüli, nem túl nagy duzzasztóval fogják fel. Így évi 1 km³ vizet tudnak kinyerni, miközben a vízhasználatuk 24 km³, nagyrészt öntözési célú. A vízkivétel az Arab-félsziget alatti óriá-

¹⁴ A WHO (2004) szerint Ázsiában, Dél-Amerikában és a Szub-Saharai Afrikában a szennyvizek 65, 86, illetve 100%-a marad tisztítás nélkül. Itt helyesebb a fekáliaelhelyezés szóhasználat, miután a fejlődő világban viszonylag kevés helyen használnak öblítéses WC-t.

¹⁵ Gazdasági vízhiány.

¹⁶ A Kína gabonatermésének közel felét adó észak-kínai síkság nagy részén, India nyugati partján, Mehšana államban a víztartó rétegek lényegében kimerültek, emiatt a sós tengervíz betört az édesvizet tároló rétegekbe. A sós víz hatása szinte visszafordíthatatlan (Nováky, 2005).

si felszín alatti vízbázisból történik. A kitermelés messze meghaladja a beszivárgást, és így a becslések szerint a készlet 25–30 év alatt kimerül. Ezért a kormány korlátozta a gabonatermesztést, és egymillió ha földet bérelt mezőgazdasági termelésre vízben gazdag országokban, Tanzániától Indonéziáig. Azaz: a vízhiányt nem víz behozatalával, hanem lényegesen kisebb tömegű áru importjával pótolta. Mára az ország a világ legnagyobb tengervíz-sótalanítója, és biztosítja Katar, Bahrein, Kuwait és Jordánia ivóvízellátását is. Látjuk, hogy a szaúdiak számára a legértékesebb természeti erőforrás nem feltétlenül az olaj, hanem a víz. Azt is tapasztaljuk, hogy a víz miatt új típusú, határokon átnyúló kapcsolatok alakulnak ki.

Háború vagy béke

A víz és a vízhiány velejárai a különböző konfliktusok (Gleick, 2008), amelyek célja mások vagy más országok vizeinek birtoklása, szabályozása. Ilyen szempontból a víz lehet politikai és/vagy hadászati cél. Máskor a vizet a háború eszközeként használják. A vizek egyenlőtlen és igazságtalan elosztása – például valamilyen fejlesztés eredményeként – stratégiai ellentétekhez és vitákhoz vezethet (erre példa a Duna egyoldalú elterelése Szlovákia által). A konfliktusok között napjainkra az egyik leggyakoribb a terrorizmus (beleértve a biológiai és kibertámadások fenyegetettségét is), ami alatt egyének vagy csoportok kormányokkal vagy hivatalos szerveikkel szembeni erőszakos cselekedeteit értjük. A konfliktusok léptéke változó lehet (lásd Glied, 2008 is): kitörhet farmerek között, valamely vízgyűjtőn, allokációs problémák esetén (Colorado-folyó), tartományok között (például Spanyolország, Glied, 2008), vagy országok (például Izrael és szomszédai) között. A konfliktusok gyarapodása riasztó: míg a 19. században,

majd a 20. század első felében tíz körüli eseményt jegyeztek fel, addig ezt követően számuk szinte exponenciálisan nőtt: 1985 és 2005 között elérte a nyolcvanat (a fegyveres konfliktusok száma a második világháború óta mintegy negyven [Havasi, 2010]).

Az általános hiedelemmel szemben vízárt országok sosem háborúztak: mindig győzött a bölcsesség. Napjaink nagyobb válságvezeterei (ezek a fejlődő világban találhatóak) azokon a határokon átnyúló nemzetközi vizeken találhatóak vagy alakulhatnak ki, ahol valamely felvízi, vízhiánnyal küszködő ország a készleteket egyoldalúan, a maga javára akarja kisorsoztatni (a legtöbbször duzzasztás révén öntözési célra). Az irodalom a legkritikusabb válságvezetnek a Nílus és az Aral-tó térségét tartja. További problematikus nemzetközi vizek a Csád-tó, a Jordán folyó, a Tigris és az Eufrátesz, a Gangesz, a Mekong, a Sárga-folyó és így tovább. Ezek a régiók akkor válhatnak veszélyesekké, ha a vízválság egyéb válságokkal (szegénység, alultápláltság, energiakrízis, állandó politikai ellentétek stb.) eszkalálódik.

A felsorolt példák felvetik azt a kérdést, hogyan is állunk a nemzetközi vizekhez tartozó országok együttműködésével. Rövid válaszuk az, hogy lehetne jobb a helyzet: a jogi keretek hiányoznak vagy gyengék. Létezik nemzetközi vizekre vonatkozó, korlátozott hatáskörű egyezmény (*Helsinki Konvenció*, 1992), amit aláírtak ugyan, de sok országban nem ratifikáltak. Az osztott felszín alatti vizek jogilag nem szabályozottak. Ugyanakkor az 1820 óta megszületett, mintegy négyszáz, államok közötti szerződés mégis sokfelé elősegítette a béke fenntartását. Ez azonban aligha lesz elég a jövő súlyosbodó problémáinak kezelésére. Fokozott *hidroszolidaritásra*, *nemzetközi törvényi szabályozásra* és annak hatékony alkalmazására van szükségünk.

Kína: az óriás

Kína sok ok miatt víznagyhatalom. Az ország mérete és népessége, a megoldandó feladatok sokasága és sokszínűsége, a hazai és külföldi beruházások nagysága, a haladás a kutatások területén mind az érvek közé tartoznak. Mára Kína hatszáz feletti nagy projektet valósított meg (Varis – Vakkilainen, 2001), köztük 170 000 MW-nyi vízerőművet¹⁷ (Bosshard, 2009/2010 – ez a paksi erőmű kapacitásának 85-szöröse). Vezeti a globális duzzasztóműpiacot: a nyugati technológiákat átveve és továbbfejlesztve legalább kétszáz erőmű építésében és finanszírozásában vesz részt kb. ötven fejlődő országban (Bosshard, 2009/2010). Hatszáz nagyvárosban intenzíven fejleszti a vízi infrastruktúráját. A beruházások nagyságrendje ezermilliárd USD nagyságrendű lehet. Várható, hogy ezen a területen is vezető szerepre törnek.

De Kína a problémák okán is nagyhatalom. Az ország megújuló vízkészlete roppant egyenlőtlen eloszlású.¹⁸ A teljes készlet valamivel 3000 km³/év alatt van (Varis–Vakkilainen, 2001), azaz 1354 millió lakossal (a Föld népességének ötöde) számolva átlagosan 2260 m³/fő/év (a vízfogyasztás a készlet mintegy 20%-a – 500 km³/év, ennek 90%-a az öntözést szolgálja). Az északi síkság a Sárga-folyóval (ahol a mezőgazdaság négyötöde található [Wilson, 2002]) és a déli Jangce népessége azonos, 400 millió (Varis–Vakkilainen, 2001), ezzel szemben a készletek aránya 1:6 körüli, azaz északon a hozzáférhető készlet nem több, mint 400 m³/fő/év, aminek a kihasználtsága

60% feletti. Kevés és csökkenő fajlagos készlet (2. táblázat) magas és növekvő kihasználtsággal jár együtt. Ez a felszín alatti vizek túlzott kitermelését eredményezi: a városok fele vízhiánnyal küzd, a talajvízszint évente átlagosan 1,5 métert süllyed. Az eltűnőben lévő Sárga-folyóba és Peking térségébe a vizet a bő Jangcéből tervezik átvezetni (Wilson, 2002). A mennyiségi bajokat tetézik a minőségiek. Az 50 000 km hosszú, főbb vízfolyásokból álló hálózat 80%-ából kipusztultak a halak (Wilson, 2002), a Sárga-folyó jelentős része halott, alkalmatlan emberi fogyasztásra és öntözésre (bakteriológiai, nehézfém- és egyéb mikroszennyezők miatt).

Kína vízdilemmája nem kezelhető elszigetelten vízimérnöki problémaként. Azt szélesebb kontextusban szükséges elemezni, a nagy és növekvő népsűrűséggel,¹⁹ a gyors városiasodással, az éghajlatváltozás bizonytalanul becsülhető hatásaival, a nagy környezeti szennyezéssel, az élelmezés biztonságával, a gazdasági és társadalmi egyenlőtlenségekkel és az intézmények bajaival együttesen (Varis – Vakkilainen, 2001). És persze nem kerülhető meg a kérdés: mi Kína hatása a világra? És fordítva, hogy fest az „egyenlet”? Példaként a gabonakereskedelmet említjük, természetesen a vízzel összefüggésben.

Kína mezőgazdasága és a jövő

A felismerés nem régi (Allan, 1993), hogy a globális kereskedelem – elsősorban a mezőgazdaság területén – a termékekbe beépülve, óriási mennyiségű, virtuális vizet szállít a határon keresztül. A hatás egyaránt lehet pozitív és negatív. Pozitív, ha az áruk vízbő területről vízhiányosra történő exportjáról van szó

¹⁷ Ez a jelenlegi globális kiépítettség 20%-a.

¹⁸ Kína legbővizűbb folyói a Tibeti-fennsíkrol erednek. Vízellátás szempontjából az ország számára nem mindegy, hogy Tibet hová tartozik: máris komoly politikai és stratégiai kérdést érintettünk.

¹⁹ Az 1990-es évek végén a kínaiak fele élt olyan területen, ahol a népsűrűség 750 fő/km² volt. A megfelelő érték Hollandiára 450 fő/km².

és negatív a fordított esetben. Jelenleg a teljes virtuális vízkészlet évente a vízfogyasztás 40%-át teszi ki (lásd UN Water, 2009), ami évente nyolcszáz Balatonnak felel meg. A mezőgazdaság területén legnagyobb bruttó vízimportőr az India–Kína-térség (Chapagain – Hoekstra, 2004) 200 km³/évvel, miközben az export is nagy, 50 km³/év. Nyugat-Európára a régió belüli kereskedelem a jellemző, aminek a mértéke 180 km³/év körüli, a negyven balatonnyi import pedig Dél-Amerikából és Észak-Afrikából származik. A legnagyobb exportőr az USA (200 km³/év).

A mezőgazdaság és az óriási népesség élelmezésbiztonsága Kínában nagymértékben a víztől függ. A gabonafogyasztás 380 millió tonna/év (Brown, 2006), az ország a természetőképessége határán van, pedig Kína a világon a legnagyobb termelő (talán az USA mellett). Elemzések szerint 2030-ra évente további mintegy 200 millió tonnát lesznek kénytelenek megtermelni vagy importálni²⁰ (Brown, 2006), az ennek megfelelő virtuális víz mennyisége nagyságrendileg 200 km³/év.

Kína alapvetően két stratégiát folytathat. *Előszőr:* a vízgazdálkodási és hidraulikai rendszerét gigantikus projektekkel folyamatosan fejlesztve kísérli meg az öntözési kapacitását növelni, saját termelését fokozni, és önfenn tartónak maradni. Ennek következménye az egyébként is sokfelé súlyos vízhiány növekedése és a komoly környezeti hatások. A forgatókönyv együtt jár számos további, bonyolult hatással. A gazdaság fejlődésével a jövedelmek nőnek, a középosztály erősödik,²¹ a

fogyasztás általában és az élelmiszer-fogyasztás különösen nő, fokozva a vízigényeket. A mezőgazdasági vízhasználat azonban nem túl gazdaságos, 1000 m³ víz hozama 1 tonna gabona (*i. táblázat*) vagy mintegy 200 USD, aminél – szabad kereskedelmet feltételezve – nagyságrendekkel több hozható ki az iparban (Wilson, 2002). Így az élelmiszerárak még inkább emelkednek, hacsak a vízhasználatot mesterségesen nem támogatják.

Másodszor: Kína feladja önfenn tartó voltát, és importál, ha van honnan. A hatás ezúttal kettős: az ismeretlen exportáló országban nő a vízkivétel (ennek mértéke a meglévő készletektől függ, a felvázolt arányok alapján például az USA virtuális vízexportját duplázni kellene), Kínában pedig a gabona és víz importfüggősége fokozódik. A dilemma további dimenzióját jelenti az, hogy kérdéses, rendelkezésre áll-e majd egyáltalán annyi szabad gabonakészlet a piacon, amennyire Kínának szüksége lesz, figyelembe véve a nemzetközi trendeket (átállás az extenzív gazdálkodásra – az USA-ban és Európában is). Persze a vízgazdálkodás (itt elsősorban az öntözés) hatékonyságán sokat lehet javítani (Postel, 1992), és a tudomány is sokat segíthet. Kérdés, hogy eleget-e. És meddig képes Kína ellátni saját magát? Mi történik utána Kínával és a földgolyóval? Még nehezebb spekulálni a válaszon, ha Indiát és a többi feltörekvő országot is bevonjuk a képbe.

Érzékeljük, hogy az élelmezési probléma kettős: a globális piacon korlátozottan rendelkezésre álló gabona (tágabb értelemben élelmiszer, olaj és egyéb erőforrások) és az egyre szűkösebben rendelkezésre álló víz, a népeseledés, az éghajlatváltozás és a szennyezések miatt. A kettő erősödő kölcsönhatásban áll egymással: *a víz a globalizáció szorításában és a Föld a víz szorításában*. Vajon az emberiség

²⁰ A fajlagos fogyasztás (jelenleg 450 kg/fő/év, a fele, mint az USA-ban) és a népesség egyaránt nő.

²¹ A Merrill Lynch (2008) elemzése szerint 2005 és 2015 között a 300–600 USD jövedelmek kategóriába eső népesség gyarapodása a legnagyobb a Földön, számuk közel duplázódik.

meg tud birkózni a feladattal? Általánosabban, mi lesz a következménye, ha Kína (India és a többi feltörekvő, nagy szaporodási rátájú ország) mondjuk huszonöt-harminc év múlva a nyugati világ mai színvonalán kíván/fog élni? Ha a jelenleg alacsony vízlábnyom értéke csupán megduplázódik? Milyen modell mentén halad majd? Ha van sikeres, fenntarthatóságot eredményező modell, ez alkalmazható-e a ma fejlődőnek nevezett világra?

Olajválság után vízválság?

Láttuk, hogy a víz rengeteg konfliktus okozója lehet. Ezek között új típusú krízisek csírái is megjelennek, amelyeket a víz virtuális kereskedelme tovább erősíthet. Sokak szerint az olajválságot ahhoz hasonló vízválság követi majd a 21. században. De helytálló-e a hasonlóság feltételezése? Nézzük ehhez a fő jellemvonásokat, mi a hasonló és mi az eltérő?

A kőolajtermelés (és -fogyasztás) 2009-ben 4400 milliárd barrel körül volt, aminek az értéke 2400 milliárd USD, óriási summa. A vízbiznisz nagyságát már bonyolultabb megbecülni. Ha csak a fejlett világ meglévő városi szolgáltatásait tekintjük (kb. 1 milliárd fő), az évente 100 milliárd USD-t tesz ki. Ehhez adódnak a szolgáltatások a fejlődő világ városai, továbbá a vidéki népesség egésze részére, ami, ha nem létezik, beruházásokat igényel. További tétel az árvízvédelem, az itt gyakran emlegetett öntözés és vízenergia-termelés. Így a nagyságrend biztosan több ezer milliárd USD. Somlyódy László és Olli Varis (2006) szerint az elfogadható vízminőség elérése 2000 milliárd USD beruházást igényelne (főként a fejlődő világban), a teljes vízgazdálkodás pedig ennek háromszorosát. Tehát a két „szektor” nagysága gyakorlatilag azonos.

Az olajnak van világpiaci ára, ám a víznél ez egyelőre nem merül fel. Kivételt jelentenek

a tengerközeli édesvízszegény területek, ahol a sótalanítás iránti növekvő igény az ivóvíz-előállítási költségek alapján versenyt alakított ki. A fajlagos készletek csökkenésével és a virtuális vízkereskedelem fokozódásával mindenesetre elképzelhető, hogy a termékek árképzésében megjelenik egy egységesített, szabályozást szolgáló tényező.

Az olaj véges, helyhez kötött, nem megújuló erőforrás (Quinn, 2009). A tengervíz-készlet – nagysága miatt – gyakorlatilag korlátlan mennyiségben rendelkezésre áll. Az édesvíz állandóan mozgásban van. Mennyisége – ahogyan láttuk – korlátozott és megújuló. Nagy különbség, hogy az olaj szállítása gazdaságos, a vízé pedig nem az. Az olajat elfogyasztjuk (hővé alakítjuk), ez a vízhasználatoknak csupán egy hányadára igaz (öntözés révén). *Az energiatermelés szempontjából az olaj számos alternatíva révén helyettesíthető, a víz az élet sok területén semmivel nem váltható ki.* Talán ez a legnagyobb különbség, és ez teszi a vizet a legfontosabb erőforrássá. Hosszú távon elkerülhetetlen az olaj lecserélése megújuló energiaforrásra. A víz lokálisan lehet ugyan korlátozottan rendelkezésre álló, de globálisan nem az, hiszen – ahogyan arra már utaltunk rá – óriási tengervíz-készlet áll rendelkezésre. Így pusztán a sótalanítás gazdaságossága a kérdés (a fejlesztések és az alkalmazások ígéretesek, lásd később).

Összefoglalóan: az olaj és a víz mint erőforrás tulajdonságai inkább eltérőek, mint hasonlóak. Ezért ha lenne vízválság, amit nem kívánunk, azt a korábban említettek alapján inkább eszkálaródó regionális konfliktusok és azok esetleges összefűződése jellemezheti.

Merre haladjunk?

Ahogyan érzékeljük, a vízzel összefüggő problémák ma sokkal összetettebbek, mint egy-

két évtizede voltak. A UN Water (2009) szerint jellemzőjük, hogy a kiváltó okok gyakran (egyre inkább) kívül esnek a hagyományos vízgazdálkodáson – politikaiak, gazdaságiak, társadalmiak, döntéshozásiak, intézményiek stb. –, és ennek megfelelően a megoldást is részben „a külső szférában” kell keresnünk. A régi receptek már nem működnek, újakat kell kitalálni (Gleick, 2009/2010). *Először:* a készletek és az igények kapcsolatát szükséges újragondolnunk a *termékek és szolgáltatások biztosítása szempontjából*. Az igény oldalon rendkívüliek a spórolási lehetőségek. Elégészes a mezőgazdaságban a mikro- és az ökológiai öntözésre, az iparban a tiszta technológiákra, a zárt víz- és anyagforgalmakra, a többszöri vízfelhasználásra, az újrahasznoztásra stb. utalni (Somlyódy, 2003), amelyek célszerűen párosítandók hatékony jogi és gazdasági szabályozókkal. Példák sokasága ismert (Postel, 1992), amelyek 50–90%-os vízfogyasztás-csökkenést eredményeztek, miközben a korszerűsítések egy-két éven belül megtérültek. Hasonló a tendencia a háztartások területén, ahol a sárga, fekete és szürke²¹ szennyvizek szétválasztása és külön kezelése²² vezethet komoly víztakarékossághoz és a hasznos tápanyagok (P és N) kinyeréséhez is (Somlyódy, 2003). Ehhez kapcsolódhat például a tetőről lefolyó csapadékvíz összegyűjtése (rainwater harvesting) és felhasználása locsolásra vagy a WC öblítésére.

Másodszor: az elmondottak előnyösen befolyásolják a készletoldalt is. Nagytérségi,

zárt körforgások alakíthatók ki: például a tisztított városi szennyvizet a mezőgazdaságban, majd ezt követően a maradékot az iparban hasznosíthatják, miközben csak olyan mértékben tisztítják, amelyet a következő igény kielégítése szükségessé tesz (ez a kaszkád elv). Másik példa a különböző eredetű vizek elegyítése révén a hasznosítható készlet növelése. Ilyen a tisztított szennyvíz felszín alatti befogadóba történő szivárogtatása. Említést érdemel a Szingapúrban alkalmazott eljárás. Itt négy „csapból” származó vizet: a Malajziából jövő kezelt vizet, a lefolyásból eredő természetes vizet, az ultratisztaságú szennyvizet és a sótalánított tengervizet²³ „érellek” tározókban, majd osztják szét a hálózatba. A tiszta víz és szennyvíz fogalma szinte ismeretlen, ezek helyett – az óvodás kortól induló oktatási programokra alapozva – a használt víz az elfogadott norma. A szingapúri stratégiát két elv vezérli: a vízzel való fenntartható gazdálkodás megvalósítása kivételosen szűkös körülmények között²⁴ (a ciklusok zárása révén) és a malájoktól történő vízfűggőség csökkentése.

Könnyen belátható, hogy az újrafelhasználás és a körforgások zárása a kulcsa a jövő vízkészlet-gazdálkodásának: ebben az esetben ugyanis csupán a termékekbe beépülő vízmennyiséget és a veszteségeket kell pótolnunk. Erre a technológiai megoldások – noha költségesek – a fejlett világban túlnyomóan rendelkezésre állnak. A kérdés tehát a fejlődő és a feltörekvő világ: a helyi viszonyoknak

²¹ Vizelet, fekália és a háztartásban keletkező többi, híg szennyvíz.

²² Ez persze együtt jár a kettős vízvezetékrendszer alkalmazásával.

²³ Ez önmagában is hatékony készletnövelő, hacsak nem kell messzire szállítani a vizet. Az előállítási költségek a membrántechnológia robbanásszerű fejlődése

következtében az elmúlt évtizedben nagyságrendet csökkentek. A világon ma már mintegy 100 millió ember nyer ily módon a hagyományossal versenyképes szolgáltatást. Sokak szerint a membrántechnológia lesz a kulcs a különböző léptékű zárt víz- és anyagforgalmak megvalósításához (Somlyódy, 2008).

²⁴ Lásd a 2. táblázatot.

megfelelően a zárt körforgások hogyan való-
síthatók meg elviselhető áron?

Harmadszor: a készleteket az azokhoz
legjobban illeszkedő igények kielégítésére
célszerű használni. Ennek jegyében okos
gondolat az alkalmazkodó mezőgazdaság,
adott esetben a migráció vagy éppen a sósvíz-
alapú táplálkozás elősegítése (például tengeri
haltenyésztés) és tágabb értelemben a tenger-
víz-gazdálkodás. **Negyedszer:** a globalizációval
növekvő virtuális vízkereskedés szabályozása
igényel növekvő figyelmet (akár a szaúd-ará-
biai példát követve). **Ötödször:** vizeinket
jobban kell védeni a szennyeződésektől. A 21.
században „elvetemült” ötlet ivóvízzel mű-
ködtetni toalettjeinket, locsolni kertjeinket
vagy a golfpályákat. A vízminőség iránti na-
gyobb figyelem nemcsak az élővilágot óvja
meg, hanem a hasznosítható készletet is nö-
veli. **Hatodszor:** az – itt alig érintett – éghajlat-
változást szem előtt tartva vizeinkkel a jövő
klímájának megfelelően kell gazdálkodnunk.
És végezetül: minden terv az intézményi
rendszeren keresztül valósul meg. Ha valami-
lyen problémát nem tudunk megoldani, az
végső soron mindig a „kormányzás” hibája
vagy csődje, amit gyakran tapasztalunk. Nem

véletlen, hogy az irodalom sokszor az intéz-
ményi „szennyezést” tartja a legfőbb gondnak.
Minden szinten kulcskérdés az intézményi
reform.

Mit hoz a jövő? Növekvő számú és kiter-
jedésű konfliktusokat? Háborúkat? Nem
tudjuk. Az azonban biztos, hogy a népesség
növekedésével, az éghajlatváltozással, a glo-
balizáció számos következményével, a soka-
sodó szennyezési bajokkal egyre közelebb
sodródunk a fejlődés korlátaihoz. Új gondol-
kodásmódra van szükség. Az édesvíz korlátos,
semmit sem helyettesíthető, értékes erőfor-
rás. Használatát a fenntarthatóság, a megfon-
toltság és az átgondolt tervezés kell hogy
jellemesse. Késésben vagyunk.

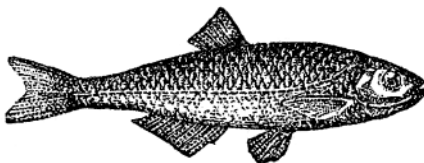
Hálásan köszönöm Gayer József, Mészáros
Ernő, Nováky Béla és Simonffy Zoltán gon-
dolatébresztő észrevételeit, amelyek nagyban
segítették munkámat a kézirat véglegesítésé-
ben és új kérdések felvetésében.

Kulcsszavak: *megújuló vízkészletek, vízigények,
vízhiány, stressz, népesedés, éghajlatváltozás,
szennyezések, globalizáció, vízlábnyom, virtuá-
lis víz, Kína, fenntarthatóság*

IRODALOM

- Allan, Tony [J. Anthony] (1993): Fortunately There Are
Substitutes for Water Otherwise Our Hydro-
Political Futures Would Be Impossible. In: *Priorities
for Water Resources Allocation and Management*.
ODA, London • <http://www.greenstone.org/greenstone3/nzdl?a=d&c=hdl&d=HASH18430b64ccdf12afd60ed4.3.2&sib=1&p.a=b&p.sa=&p.s=ClassifierBrowse&p.c=hdl>
- Bosshard, Peter (2009/2010): China Dams the World.
World Policy Journal. Winter 2009/10, 26, 43–51. •
http://www.cdca.it/IMG/pdf/China_Dams_the_World.pdf
- Brown, Lester R. (2006): *PLAN B 2.0 Rescuing a Planet
Under Stress and a Civilization in Trouble*. Earth Policy
Institute. W.W. Norton & Company, New York
- Chapagain, Ashok K. – Hoekstra, Arjen Y. (2004):
Water Footprints of Nations. Vol. 1. *Research Report
Series* No. 16, UNESCO-IHE, Paris • <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report16Volt.pdf>
- Gléick, Peter H. (2008): *Water Conflict Chronology*.
Pacific Institute, • <http://www.worldwater.org/conflictchronology.pdf>
- Gléick, Peter H. (2009/2010): Facing Down the Hydro-
Crisis. *World Policy Journal* Winter 2009/10, 26,
17–23. • <http://www.worldpolicy.org/blog/facing-down-hydro-crisis>
- Glied Viktor (2008): *Vízkonfliktusok – küzdelem egy
pohár vízért*. Publikon Tud. Portál és Kiadó, Pécs
- Havasi Eszter (2010): A vízhiány szerepe a nemzetközi
konfliktusokban. *Biztonságpolitikai Szemle*. Háttér-

- anyagok. Corvinus Külügyi és Kulturális Egyesület • http://bizpol.playhold.hu/?module=hatteranyagok&module_id=2&page=0&type=all&reszletek=56
- Kulshreshtha, Suren N. (1993): *World Water Resources and Regional Vulnerability: Impact of Future Changes*. RR-93-10, IIASA, Laxenburg • <http://www.iiasa.ac.at/Admin/PUB/Documents/RR-93-010.pdf>
- McKinney, Michael L. – Schoch, Robert M. (1996): *Environmental Science, Systems and Solutions*. West Publishing Company, New York
- Merill Lynch (2007): *Water Scarcity: A Bigger Problem Than Assumed*. (kézirat). Extract • <http://www.ml.com/media/86941.pdf>
- Nováky Béla (2005): A víz és a mezőgazdaság. In: Szabó Lajos et al. (szerk.): *A mezőgazdaság földrajza*. Szaktudás, Budapest
- Papp Sándor – Kümmel, Rolf (1992): *Környezeti kémia*. Tankönyvkiadó. Budapest
- Population data: *The World Factbook*. • <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2119rank.html>
- Postel, Sandra (1992): *Last Oasis. Facing Water Scarcity. The Worldwatch Environmental Alert Series*. W. W. Norton & Company, New York
- Quinn, James (2009): *Fresh Water Crisis*. • <http://www.financialsensearchive.com/editorials/quinn/2009/0831.html>
- Somlyódy László (2003): Az értől az óceánig – a víz: a jövő kihívása, *Mindentudás Egyeteme 1*, Kossuth Kiadó, Budapest
- Somlyódy László (2008): Töprengések a vízről: lépéskényszerben. *Magyar Tudomány*. 4, 462–473. • <http://www.matud.iif.hu/08apr/09.html>
- Somlyódy László – Varis, Olli (2006): Freshwater under Pressure. *International Review for Environmental Strategies*. 6, 2,
- Sullivan, Paul (2009/2010): Hidden Water: Crouching Conflict. *World Policy J.* Winter 2009/10, 26, 4,
- UNEP (Diop, Salif – M'anyi, P. – Lisbjerg, D. – Johnstone, R.) (2000): *Vital Water Graphics. An Overview of the State of the World's Fresh and Marine Waters*. Nairobi • <http://books.google.com>
- UN Water (2009): *Water in a Changing World. The United Nations World Water Development Report 3*, UNESCO Publishing, Earthscan, Paris • <http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/>
- Varis, Olli – Vakkilainen, Pertti (2001): China's 8 Challenges to Water Resources Management in the First Quarter of the 21st Century. *Geomorphology*. 41, 93–104. DOI: 10.1016/S0169-555X(01)00107-6
- Wilson, Edward O. (2002): The Bottleneck. *Scientific American*. February, 82–91. • http://www.brown.edu/Courses/B10020_Miller/week/14/bottleneck.pdf
- Water Availability Data: *FACTS & STATISTICS*. • http://www.nationmaster.com/graph/hea_wat_ava-health-water-availability
- WHO (Gordon, Bruce – Mackay, R. – Rehfuess, E.) (2004): *Inheriting the World: The Atlas of Children's Health and the Environment*. WHO, Geneva • <http://www.who.int/ceh/publications/atlas/en/>
- WPJ (2009/2010): Water Wars? A Talk with Ismail Serageldin. *World Policy Journal*. Winter 2009/10, 26, • <http://www.thefreelibrary.com/Water+wars%3F+A+talk+with+Ismail+Serageldin.-a0214998651>
- URL1: <https://www.cia.gov/library>
- URL2: <http://www.nationmaster.com>
- URL3: www.whyfiles.org



A CSŐBE ZÁRT IVÓVÍZ... (VAGY MÉGSEM?)

Somos Éva

okl. építőmérnök, környezetvédelmi szakmérnök, ügyvezető,
AquAcust Kft.
aquacust@hu.inter.net

Ebben a cikkben a vízgazdálkodásnak egy parányi szeletével foglalkozunk. Közeledni látszik az idő, amikor minden csepp víz kincsét fog jelenteni számunkra.

Az egészséges ivóvíz szerepe századunkban

Éltető kincs; víz nélkül nincs élet; az élet forrása...
– megannyi mondás, szókapcsolat fejezi ki a vízzel kapcsolatos érzéseinket, sejteinkben hordozott (a szó szoros értelmében is!) ösztöneinket, tudatunkat, tudásunkat, hogy életünk – a földi élet – alapja a víz, minden élő szervezet legfontosabb eleme.

Gyakran használjuk a legfontosabb élelmiszerünk kifejezést is, miközben tudjuk, hogy ennél sokkal összetettebb a szerepe: öntözünk vele, hűtésre, fűtésre használjuk, alapvető tisztítószerünk, ipari technológiák épülnek rá, és hosszan sorolhatnánk alkalmazásának nélkülözhetetlenségét.

A Föld édesvízkészletei azonban korlátozottak. A teljes készletnek csak 2,5%-a édesvíz, aminek 79%-a hó és jég, azaz felhasználói szempontból számunkra nem hozzáférhető.

Századunkra jelenlétének fontossága a korábbiakhoz képest is lényegesen megnőtt az életünk minden területét felölelő fejlődés miatt, ellenőrizetlen környezeti változásokat

elindítva (a Föld túlnépesedése, urbanizáció, globális felmelegedés, szélsőséges időjárási viszonyok, az egészséges vízkészletek elszennyződése és fogyása).

A területeként eltérő természeti körülmények és gazdasági lehetőségek következtében jelenleg a Föld népességének ötöde, 1,4 milliárd ember egy napi járóföldnyi távolságon belül nem talál egészséges ivóvizet. 2025-re várhatóan a lakosság egyharmadát fogja érinteni a vízhiány. Sok gyermek és felnőtt halálát okozza a fertőzött víz, és már az 1990-es években nemzetközi szakmai konferenciákon sokan jelezték érvekkel alátámasztott előadásaikban, hogy a 21. század a víz évszázada, a vízért folyó háborúk korszaka lesz.

A víz útja a fogyasztóig

A közműves ivóvízellátásban (a „civilizált” világban) a víz hosszú utat tesz meg a kitermeléstől a fogyasztóig. Útja során számos költséges technológiai folyamaton megy át. A vizet különböző mélységű vízadó rétegek kútjaiból, élővizeink parti szűrűsű kútjaiból vagy közvetlenül a felszíni élővizekből nyerik, ezután – minőségi paramétereitől függően – mechanikai, kémiai, biológiai tisztítási eljárásoknak vetik alá. A megtisztított, így már emberi fogyasztásra alkalmas ivóvizet ugyancsak