

50+ év vízgazdálkodása és vízgarázdálkodása, nemzetközi nagy folyók példáin

Bogárdi János

Köszegi Felsőbbfokú Tanulmányok Intézete (iASK) (e-mail: jbogardi@uni-bonn.de)

[DOI:10.59258/HK.12330](https://doi.org/10.59258/HK.12330)



Bogárdi János – a Magyar Hidrológiai Társaság külföldi tiszteleti tagja – székfoglaló előadásának összegzése. Elhangzott 2023. május 9-én 11 órai kezdettel a Belügyminisztérium Márványtermében (Budapest V. kerület József Attila utca 2-4.).

Kivonat

A jelen közlemény Bogárdi János a Magyar Hidrológiai Társaság külföldi tiszteleti tagjává avatása alkalmából tartott székfoglaló előadásának írásos, szerkesztett változata. A tanulmány áttekinti azokat a legégetőbb – társadalmi és vízügyi – kihívásokat, amelyekkel az emberiség jelenleg szembesül. Ebből a perspektívából és az állandóan változó társadalmi igényeket és értékrendszereket figyelembe véve hét nagy, határokon átnyúló vízgyűjtő területről (Rajna, Duna, Volga, Aral-tó, Mekong, Nílus és Zambézi) származó példák kerülnek bemutatásra, elemezve történelmi vízgazdálkodásukat és a vízgarázdálkodási eseteket. A továbbiakban a jelenlegi fejlődés és környezeti változások irányával összefüggő veszélyek és lehetőségek kerülnek áttekintésre. Végül a tanulmány a Globális Vízrendszer Projekt Globális Vízgyűjtő Kezdeményezése által végzett kérdőíves vizsgálatokat foglalja össze, amelyek rávilágítanak a nemzetközi diskurzus és a gyakorlati vízgazdálkodás valósága közötti eltérésekre a nagy vízgyűjtők menedzsmentjében felhasznált módszerek és fontosnak ítélt kérdések esetében. Néhány következtetés, illetve a nemzetközi diskurzus és a fenntartható vízkészlet-gazdálkodás jövője közötti eltérések orvoslásával kapcsolatos ajánlás zárja a közleményt.

Kulcsszavak

Vízgazdálkodás, vízgarázdálkodás, kihívások, vízügyi diskurzus, határokon átlépő vízgyűjtők, nagy folyók.

50+ years of water management and mismanagement, examples of international large rivers

Abstract

The present paper is the written version of the lecture of János Bogárdi delivered on his inauguration as foreign honorary member of the Hungarian Hydrological Society. It reviews the most pressing challenges – both social and water-related – humanity is facing at present. Using this perspective and referring to the ever-changing societal demands and value systems examples from seven large transboundary basins (Rhine, Danube, Volga, Aral Sea, Mekong, Nile and Zambezi) are analysed for their historical water management and mismanagement. Further threats and opportunities associated with recent development and environmental change trajectories are reviewed. Finally, the third part of the paper summarizes the questionnaire-based investigations by the Global Catchment Initiative of the Global Water System Project which highlights the discrepancies between the international discourse and implementation realities of methods and issues concerning the management of large river basins. Some conclusions and recommendations made concerning dealing with and remedying the discrepancies between the international discourse and the future of sustainable water resources management.

Keywords

Water resources management, mismanagement, challenges, water discourse, transboundary basins, great rivers.

BEVEZETÉS

Ha egy tudományos társaság tiszteleti tagjaként tartandó székfoglaló előadás a fenti kihívó címet viseli, az előadónak kötelessége ezt elmagyarázni.

Engem 2017 februárjában ért a megtiszteltetés, hogy az immár több mint 100 éves Magyar Hidrológiai Társaság külföldi tiszteleti tagjai sorába választott. Szlávik Lajos elnök úr nem sokkal a diploma átadása után tudtomra adta, hogy az ünnepélyes ülést követően az újdonsült külföldi tiszteleti tagnak egy székfoglaló előadást is kell tartania. Ez hosszas megbeszélés után 2020. május 6-ra lett kitéve, és ha jól emlékszem, meg is hirdette. Mivel én 2019-ben kaptam meg a Műegyetem Építőmérnöki Karától aranydiplomámat, a címbe jól illett az eredetileg tervezett 50 évre való visszatekintés.

Akkori terveinket a COVID járvány és az azzal járó megszorítások alaposan megzavarták. Így 3 évig kellett várunk arra, hogy a 2020 óta érlelt gondolatokat, immár mint

50 plusz évre való visszapillantásként bemutathassam.

De más is jogosítja az 50+ használatát. A vízgazdálkodás általában nem történik egyik napról a másikra. Látni fogják, hogy egy szakember 50 évnyi, vagy akár annál is hosszabb szakmai pályafutása gyakran túl rövid ahhoz, hogy mindent magába foglaljon, ami egy-egy folyó vagy tó esetében a vízzel való gazdálkodást, annak védelmét, vagy a víz elleni védekezést jellemzi. Az előadásomban bemutatandó példák néha több mint 100 év vízgazdálkodására tekintenek vissza, mialatt nem csak a társadalmi értékrendszer, a célok és szükségletek változtak meg alapvetően, hanem a műszaki megoldások lehetősége, a természet megismerése és védelmének szükségessége is.

Ha a múltat szemléljük és elődeink eredményeit mérlegeljük, akkor mindehhez tudnunk és figyelembe kell vennünk az akkori célokat, lehetőségeket és tudásszintet.

De mi késztetett arra, hogy a címbe a vízgazdálkodás mellé a „vízgarázdálkodás”-t is becsempésszem? A két szó minimális különbsége, a betűzött „rá” nem csak egy szó-játékot eredményezett, hanem rámutat arra, hogy milyen könnyen válik a gazdálkodás garázdálkodássá, akár abszolút értelemben, akár változó értékrendszerekkel való értékelések eredményeként.

Gondos szakember képzés esetén, no meg abból kifolyólag is, hogy a vízgazdálkodás egy „csapatsportnak” tekinthető, a vízgarázdálkodás tulajdonképpen elkerülhető kellene, hogy legyen. Az, hogy ez még sincs így, annak „köszönhető”, hogy a vízgazdálkodás – még ha a vízügy szakemberei ezt csak nehezen hajlandók elismerni – elsősorban politika. Ennek a tényállásnak a megállapítása még nem jelenti automatikusan azt, hogy a politika primátusa rossz vízgazdálkodáshoz vezetne. A baj ott kezdődhet, hogy a politikai döntéseknél a víz adta természeti lehetőségek, követelmények és korlátok általában nincsenek jelentőségüknek megfelelően figyelembe véve. Ha a vízügyi szakemberek javaslatai, figyelmeztetései süket fülekbe jutnak, és a tudományos/szakmai vélemény nem lesz kellően figyelembe véve, beszélhetünk vízgazdálkodás helyett vízgarázdálkodásról. Ez utóbbira mind a múltban, mind a jelenben (és félően, a jövőben is) számos példa akad. A vízgarázdálkodás tehát elsősorban nem szakmai hiba vagy hanyagság eredménye. Ugyanakkor a szakma is néha felteheti magának a kérdést, hogy minek minősüljön a vízgarázdálkodásban cinkosként való, akár önkéntes, akár parancsra tett részvétel.

Előadásomat egy viccel kezdem. Nem csak mert féltő, hogy a vízgarázdálkodás bemutatott esetein nem lesz mit nevetnünk, hanem azért is, mert ennek a viccnek az üzenete a vízgazdálkodásra is érvényes.

E kezdet után a jelen kor legfontosabb, a vízgazdálkodás szempontjából is alapvető kihívásait mutatom be. Ezeket követ hét nagy, nemzetközi vízgazdálkodási egység

(folyómedencék és egy tó vízgyűjtőjének) bemutatása. Erre utal az előadás címe is. Az előadást a Global Water System Project Global Catchment Iniciatívájának (GWSP – GCI) kérdőíves akcióinak szintézisével és egy azt követő összefoglalóval zárom.

A BEVEZETŐ VICC

Öt ember tanítása és bölcsessége határozza meg a világot. Jézus Krisztus szerint minden a szeretet. Marx szerint minden a tőke. Lenin szerint minden az ideológia. Sigmund Freud szerint minden a szex. Einstein szerint pedig minden és mindez relatív.

A vízgazdálkodásban a szeretet a szakmai elkötelezettséget és a feladat szeretetét jelentheti. Tőke nélkül a legkitűnőbb vízgazdálkodási terv is álom maradna. Az ideológia megadja a keretet és magyarázatot, hogy mit miért akarnak megvalósítani függetlenül attól, hogy vízgazdálkodásról, vagy éppen vízgarázdálkodásról van-e szó. A szex szerepe a vízgazdálkodásban valóban csak átvitt értelemben érvényesül, de következménye, az egyre növekvő népesség, valójában napjaink vízgazdálkodásának legnagyobb kihívását jelenti. Végül Einstein bölcsességét mind vízgazdálkodónak, mind kritikusainknak meg kell szívlelni. Bármilyen vízgazdálkodási döntést és annak következményeit vizsgáljuk vagy kritizálnánk, figyelembe kell vennünk mindazokat a körülményeket, társadalmi igényeket és elismert lehetőségeket, melyek a döntés meghozatalakor érvényesek voltak.

GLOBÁLIS KIHÍVÁSOK, MELYEKET NAPJAINK VÍZGAZDÁLKODÁSÁBAN IS FIGYELEMBE KELL VENNÜNK

A megosztott emberiség

Az 1. táblázat foglalja össze azokat a társadalmi és gazdasági problémákat, amelyek egyenként, nagyságrendileg legalább 1 milliárd embert érintenek.

1. táblázat. Nagy populációt érintő társadalmi és gazdasági problémák
Table 1. Social and economic problems affecting large populations

Társadalmi és gazdasági problémák	Érintett emberek száma
önellátó/tengődő földműves (vagy gazdálkodó)*	1 milliárd
alultáplált ember	1 milliárd
kiegyensúlyozatlan étrenddel élők	2 milliárd ember
városi nyomortanya lakó*	1 milliárd
egészséges vízellátás nélkül élők	1 (2) milliárd ember**
megfelelő szanitáció nélkül élők	2 (4) milliárd ember**
modern energiaforrások nélkül élők	2 milliárd ember

*a két csoport között nincs átfedés

**a zárójelben megadott számokat Áder János, Magyarország akkori államelnöke említette 2016-ban, a második Budapesti Víz Világtalálkozón tartott beszédében

A szó – milliárd –, ugyan mindannyiunknak sokat jelent, de még drasztikusabb az egyes probléma súlyosságának értékelése, ha rádöbbenünk arra, hogy az egy milliárd ember több mint 100 Magyarország teljes lakosságát jelenti. Az 1. táblázatból tudatosan hiányzik az éghajlatváltozás. Nem csak azért, mert az többé-kevésbé mindannyi-

unkat érinti, hanem azért is, mert az itt felsorolt egyenlőtlenségekkel, éhséggel, szegénységgel és kirekesztettséggel az érintettek már ma, nap mint nap szembe kell, hogy nézzenek. Az 1. táblázat számadatait összeadva világossá válik, hogy az összeg magasabb, mint a világ jelenlegi, 8 milliárdra tehető összlakossága. Vagyis jónéhány ember

több, mint egy kihívással néz szembe mindennapi életében. Ami viszont nagyon is lényeges, hogy a felsorolás két kategóriája – a nem piacra termelő, tengődő önellátó mezőgazdasági termelők és a városi nyomortanyák lakói – világszinten mindkettő, külön-külön körülbelül egy-egy milliárd embert jelent, vagyis együtt a Föld lakosságának 25%-át képviselik. A két csoport közti dinamika eredménye az egyre egyértelműbben jelentkező migráció (belső és nemzetközi egyaránt). A vidéki nyomorból elvándorlók képezik a rendezetlen urbanizáció résztvevőinek zömét is.

Az *1. táblázat* problémái és számadatai alapján nem tűnik túlzottnak, ha abból indulunk ki, hogy a 21. század elején az emberiség közel egyharmada él olyan körülmények között, amelyek az eddig elért társadalmi és gazdasági fejlődés eredményeivel és az emberi méltóság követelményeivel éles ellentétben állnak. A világ fenntarthatóságának, biztonságának és békéjének elsőrendű feltétele, hogy az *1. táblázatban* összefoglalt problémák a legsürgősebben megoldásra kerüljenek.

Azt, hogy mindezek a vízgazdálkodást a direkt vízzel kapcsolatos kihívásokon túl is próbára teszik, talán felesleges különösebben hangsúlyoznom. Még a legkonzervatívabb becslés – hogy minden erőfeszítésünk ellenére legalább egy milliárd ember még mindig egészséges ivóvíz híján tengeti életét – is egyedül elegendő arra, hogy a kihívások vízgazdálkodási fontosságát hangsúlyozza.

A föld helytelen használata

A napjainkban uralkodó, a klímaváltozásra való összpontosítás árnyékában sokkal ritkábban kerül említésre a sivatagosodás. Pedig ez, a talajdegradációnak majdhogyanom végstádiuma, természetesen még hangsúlyosabban jelentkezik, amióta a klímaváltozás hatásai erősebben érvényesülnek. De a klimatikai hatáson túl a sivatagosodást közvetlenül a nem megfelelő talajhasznosítás, a termőföld kiszigerelése, az erdőirtás, a túllegeltetés és a Föld északi száraz övezetére különösen jellemző lakosságnövekedés okozta, egyre erősödő nyomás következménye. Az említett, eleve száraz éghajlatú területek, ahol a sivatagosodás potenciálja mérhetően fennáll, nemcsak a fejlődő országokra korlátozódik. A döntő különbség inkább abban fog jelentkezni, hogy az oly gyakran emlegetett adaptációt inkább a sivatagosodással érintett gazdagabb országokban – USA, Kanada, Ausztrália, Spanyolország stb. – várhatjuk, míg a száraz övezet szegényebb részein: a Szahel zóna, Észak-Afrika, Közel-Kelet és Közép-Ázsia, az „adaptáció” nagyrészt menekülés formájában jelentkezik. Ezek a régiók már ma az interkontinentális migráció kiindulópontjai. Amennyiben a sivatagosodás és az *1. táblázat* kihívásai válasz nélkül maradnának, akkor a migráció elkerülhetetlen megerősödésével és ezen belül főleg az Európára nehezedő migrációs nyomás további növekedésével számolhatunk (*Renaud és társai 2007, 2011*).

Van-e elég vízünk és hogy gazdálkodjunk vele?

A vízgazdálkodási problémák ilyen fajta globális felvázolása magával vonja az alapvető kérdést, hogy mennyi víz áll rendelkezésünkre, hogy a legsúlyosabb társadalmi egyenlőtlenségeket kiküszöböljük és az azon túlmenő földhasználati és környezeti igényeket kielégítsük.

A hidrológiai körforgás ún. teresztikus (szárazföldi) része a szárazföldre hulló csapadékon át jut az évente megújuló vízkészletéhez. *Trenberth és társai (2007)* szerint eső, hó, jég és harmat formájában évente 113 000 km³ csapadékról van szó. A csapadék jelentékeny részét vagy a növényzet fogja fel, vagy a talaj nem telített (vadoz) rétegében tározódik, ahonnan vagy a növények gyökerein át felvéve transzspirálódik, vagy a talajból párolog el. Ezt a körülbelül 73 000 km³ nagyságú komponenst (tulajdonképpen a hidrológiai körforgás „rövidzárlatát”) nevezik a jelenlegi nemzetközi vízzel foglalkozó diskurzusban „zöld víznek” (*Falkenmark és Rockström 2006*). Kissé „szakemberiben” azt lehet mondani, hogy ez a hidrológiai folyamatok azon része, melyekbe nem tudunk a vízgazdálkodás ismert műszaki lépéseivel beavatkozni, hisz itt elsősorban biológiai folyamatokról van szó.

A „zöld víz” mozgását elsősorban a molekuláris erők szabályozzák, s mint ilyeneket, ezek hatását elsősorban mezőgazdasági módszerekkel (növénytakaró kiválasztása, talajművelés) tudjuk valamelyest befolyásolni. Az eredeti 113 000 km³ szárazföldi csapadék maradék része körülbelül 40 000 km³, a nemzetközi víz-diskurzusban „kék víznek” nevezett komponens, amelyik a nehézségi erő hatására lefelé mozog (*Bogardi és társai, szerkesztők 2012*). A felszíni lefolyás során eléri a csermelyek, patakok, folyók és folyamok rendszerét (általában az óceánokig), vagy a felszín alatti vizek azon részét, amelyik a talajprofil teljes porustérfogatát kitölti. A felszíni vizek és a talajvíz védelme és hasznosítása, illetve ezek extrém megnyilvánulásai (árvíz, aszály) elleni védelem, amit tradicionálisan vízgazdálkodásnak nevezünk alapvetően műszaki megoldásokkal, a nehézségi erő kihasználásával, vagy azzal szemben (szivattyúzás stb.) végezhető el. Fontos megemlíteni, hogy vízgazdálkodási infrastruktúra nélkül az évente megújuló „kék víz” elenyésző részét tudnánk csak hasznosítani. Nemcsak az árvízi időszakok túltengő vízhozamai folynak le kihasználatlanul, hanem vízfolyásaink és állóvizeink élettér funkciójának biztosítása még fejlett vízgazdálkodási infrastruktúra mellett is komoly korlátokat állít a vízkivételeknek és a víz víztesteken kívüli hasznosításának (*Bogardi és társai, szerkesztők 2021*).

Rockström és társai (2009) a „kék víz” hasznosítási (vízkivételi) határát a globális megújuló készlet kb. 10-15%-a között, vagyis globális szinten évente 4 000-6 000 km³-nek állapította meg. Megjegyzendő, hogy különösen arid zónákban a „kék víz” regionális hasznosítási százaléka ennél jóval magasabb is lehet, ami végső soron egy fenntarthatatlan gyakorlat. Ebbe a kategóriába tartozik a Föld fosszilis vízkészleteinek igénybevétele is.

Ha a víz és vízgazdálkodás kérdése a szakmai körökön kívül fölmerül, a mindent felülíró klímaváltozási narratíva miatt óhatatlanul a vízhiány kérdése kerül szóba elsődlegesen. Itt természetesen – és talán egy bizonyos naivitást megengedve – elfogadhatóan az ivóvízre gondolnak a legtöbben. A tény, hogy a természetes hidrológiai körforgásból kivett „kék” vizek 70%-át a mezőgazdaság használja fel, sokaknak mehökkentő adat. A 70% az egész világra vonatkozó átlag (*FAO 2023*). Ez a százalékos arány Ázsia és Afrika több részén 85% felett van, ami annál is elgon-

dolgoztatottabb, hisz az élelmiszer és takarmány megtermelése világszerte 90%-ig az úgynevezett zöld vízen alapul (Rost és társai 2008). A tény, hogy a zöld vízen túl az emberek által felhasznált kék víz is túlnyomó részben szintén a mezőgazdaságot szolgálja, csak még jobban aláhúz két, alapvető szükségserűséget.

Az egyik közvetlenül a napjainkban széleskörűen elfogadott és a gyakorlatban akadozó integrált vízgazdálkodásra vonatkozik. Ez az integráció elsősorban a kék és zöld vizek szimultán figyelembevételét és a velük való összehangolt gazdálkodást kell(ene), hogy hangsúlyozza. Ezt természetesen úgy tudnánk a legmegfelelőbbben biztosítani, ha nemcsak a menedzsment, de a föld- és vízkészletek kormányzása egyenrangúan szintén integrált lenne (Bogárdi 1990, Bogárdi és társai, szerkesztők 2021). Ennek a második keretfeltételnek a megteremtése az alfája és omegája annak, hogy az integrált vízgazdálkodást nemcsak mint a standard vízgazdálkodási módot hirdessük, hanem használjuk is.

A Fenntartható Fejlesztési Célok (SDG-k)

Ha a sikeres vízgazdálkodás előfeltételeit említjük, jogos a kérdés is, hogy mennyiben döngetünk nyitott kapukat? Létezik-e az a kormányzási, jogi, vagy akár morális keret, ami lehetővé teszi az integrált vízgazdálkodás tényleges megvalósítását?

Ha itt ezt a kérdéskomplexumot részletesen analizálni akarnánk, akkor ma nem egy székfoglaló előadásra kerülne sor, hanem egy többhetes posztgraduális kurzust kezdenénk. Röviden viszont arra utalhatunk, hogy az ENSZ közgyűlés által 2015-ben elfogadott Fenntartható Fejlesztési Célok (SDG-k) (United Nations 2015) elvileg biztosítják a nemzetközileg elfogadott keretet és narratívát, ami alapján nemcsak az integrált vízgazdálkodást lehetne megvalósítani, de a fentebb, az 1. táblázatban összefoglalt globális kihívások is orvoslást nyerhetnének.

Személyesen én nagyon örülök, hogy a 17 SDG-vel és ezek összesen 169 alcéljával (targets) létrejött egy nemzetközileg kötelezően követendő célrendszer és a megvalósítási folyamat elindult. Számunkra, mint szakembereknek ez egy fontos hivatkozási alap, még ha az SDG-k komplexitása, a szinergiák és célkonfliktusok (trade-off-ok) nem megfelelő figyelembevétele miatt, hogy csak a legalapvetőbb Achilles-sarkokat említsem, végtelenül nehéz az SDG-eket, mint a nap mint napi gondolkodás és gazdálkodás alapját elképzelni, arról nem is beszélve, hogy használni (Bhaduri és társai 2016) azokat.

A 17 cél unortodox, az ENSZ által hivatalosan nem jóváhagyott körkörös ábrázolása, a 6. számú SDG-vel, a Víz céllal a középpontban, természetesen minden igaz vízgazdálkodó helyeslésére számíthat. Akár, mint egy felséges kupola záróköve, akár mint egy előre gördülő kerék tengelycsapágya, az SDG 6. központi szerepe szívmengetően hangsúlyozva van. Annál szomorúbb a tény, hogy még a relatív kontrollálhatatlan haladási jelentések sem titkolják el, hogy a 17 cél 2030-ra tervezett elérése, különösen a Víz célra vonatkozóan, nagyon is kétséges. Már a 2018-as, a COVID-ot és az orosz-ukrán háborút megelőző jelentés (UN Water 2018) is jelezte a kezdettől fogva észlelt és azóta csak rosszabbra fordult lemaradást (Bogárdi 2021, Bogárdi 2022).

HÉT NAGY, NEMZETKÖZI FOLYÓ PÉLDÁJA

Lépjünk túl a globális problémák felsorolásán és áttekintésén. De ne feledjük, hogy komplex problémák akár tematikai akár földrajzi leszűkítése és ilyen formában való „megoldása” a jó szándék ellenére újabb konfliktusok forrása lehet. Ennek során akár akaratlanul is, de a vízgazdálkodás vízgarázdálkodássá fajulhat. A következőkben néhány nagy, nemzetközi folyó- és befogadórendszer példáján szeretném az elértet, a sikereket, de a hibákat és veszélyeket is bemutatni, melyek a jövőre nézve a vízgazdálkodás potenciális problémáivá válhatnak. A 2. táblázat 8 folyót mutat be, melyekből kettő – az Amu-Darja és a Szir-Darja – az őket befogadó Aral tóval együtt váltak a vízgazdálkodási tragédiák szimbólumává.

2. táblázat. Az előadásban bemutatásra kerülő folyamok és vízgyűjtőiknek összehasonlítása
Table 2. Comparison of the rivers and their catchments presented in the lecture

Folyó	Vízgyűjtő nagysága km ²	Fő folyó hossza km	Szintkülönbség m	Átlagos vízhozam m ³ /s	Országok száma a vízgyűjtőn
Rajna	218 000	1 233	2 344	2 300	9
Duna	817 000	2 857	1 078	6 855	15(20)*
Volga	1 400 000	3 690	253	8 000	1(2)*
Amu-Darja	535 000	2 400	4 497	2 525	5
Szir-Darja	403 000	2 256	3 916	1 180	3
Mekong	800 000	4 350	5 374	15 000	6
Nílus	4 349 000	6 650	2 400	2 633	10
Zambézi	1 349 000	2 574	1 500	3 424	8

* a zárójelben lévő érték azon ország számát jelenti, melyek akár kis területtel is, de érintettek a vízgyűjtőn.

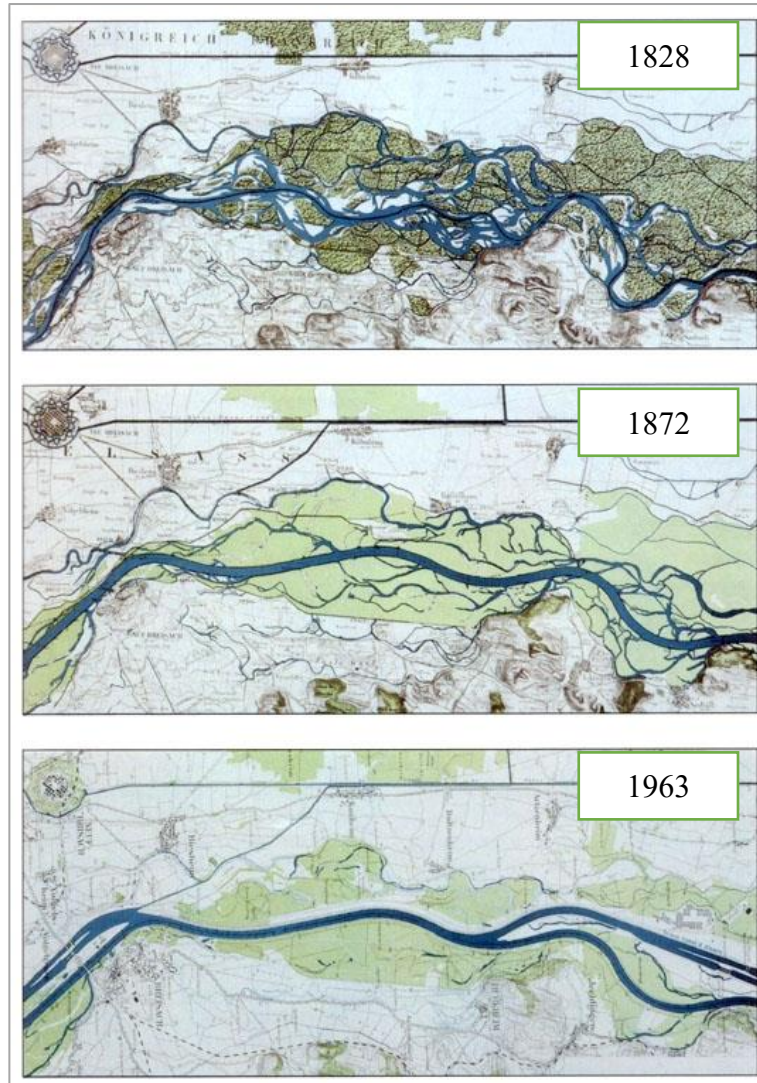
A Rajna

A Rajnával kezdeném, a nagy nemzetközi folyók közül vízgyűjtője nagyságát tekintve a legkisebbel. Talán ez a tény is hozzájárult ahhoz, hogy a Rajna nem csak mint folyó, hanem mint identitást adó, kultúrát formáló ikon Eu-

rópa, de különösen Németország történetében kulcsszerepet játszott és játszik. A Rajna-menti országok vízgazdálkodási együttműködése, ami – mint ahogy Professzor Lentvaar barátom megállapította (Lentvaar 2012) – elsősorban a különböző országok vízgazdálkodási intézményei és

szakemberei között kialakult bizalmon alapszik, példamutató. A Rajna Európa legforgalmasabb vízi útja, amelyik a svájci Baseltől a rotterdami tengeri kikötőig hajózható. Én itt, a több mint 1200 km hosszú folyó egy relatív rövid szakaszára koncentrálok. Hidrológiailag ez a Baseltől Bingenig terjedő 360 km hosszú, Felső Rajnának nevezett alföldi szakasz. Ezen belül különös figyelmet szentelek a Basel és Karlsruhe közötti közel 200 km-es folyószakasznak. Itt képezi a Rajna – rövid megszakításokkal – a westfáliai béke (1648) óta Franciaország keleti határát.

Ez egy alapvetően szétválasztó funkció, amire egy folyó tulajdonképpen egyáltalán nincs hivatva, hogy ellásson. Ennek megfelelően különösen kritikus egy folyót határrá tenni ott, ahol a folyó saját alluviumában tekeregve minden árvíz után más és más főágot képezhet. Mivel a határt az úgynevezett „talweg” (a folyómeder legmélyebb pontjait összekötő vonal) képezi, érthető, hogy ezt egyszer, s mindenkorra stabilizálni akarták. Végére is a határ nem vándorolhatott egyik évről a másikra akár pár száz métert jobbra vagy balra. Ez a politikai cél lett a Felső-Rajna szabályozás elsődleges indoka.



1. ábra. A Rajna Breisach-Kaiserstuhl közötti szakaszának változása az elmúlt két évszázadban (Nationalatlas.de Archiv, Leibniz Institut für Länderkunde 2023)

Figure 1. Changes in the Rhine River section between Breisach and Kaiserstuhl in the last two centuries (Nationalatlas.de Archiv, Leibniz Institut für Länderkunde 2023)

A Felső-Rajna klasszikus módszerekkel való szabályozása a 19. század elején kezdődött és többé-kevésbé az egész évszázadon át tartott. A Vogézek és a Fekete-erdő hegységek közti úgynevezett Rajna-árokban szabadon „csellengő” folyóból egyre inkább egy csatornázott, szűkre szabott mederbe kényszerített, észak felé siető folyó alakult ki. A tagadhatatlan ökológiai veszteségekkel szemben az országhatár stabilizálódott, jelentékeny területek szabadultak fel a mezőgazdaság, utak, vasutak és települések számára. A malária, ami a 19. század végéig a

Felső-Rajna mentén komoly egészségügyi veszélynek számított, eltűnt.

A folyó további sorsa is szorosan kapcsolódik – miként is lenne ez másként – a politikához, s főleg annak legocsmányabb formájához, a háborúkhöz.

De mielőtt erre kitérnénk, érdemes a folyószabályozás és határfixálás egyik nem várt eredményére rámutatni. A szabályozás ugyan a folyó mindkét partján ahhoz vezetett, hogy a kultúrtáj a folyómeder partjait nyomulhatott előre,

kivéve egy helyet, amelyiket – érthetően – 1979-ben természetvédelmi területnek nyilvánítottak. A délnyugat-németországi Rust városka közelében a 17 km² nagyságú Taubergießen nevű természetes ártéri terület és ökoszisztémája annak köszönheti létrejöttét, illetve fennmaradását, hogy az egyszer s mindenkorra bemerített határ elszakította a folyó francia (elzászi) partján fekvő Rhinau (Rheinau) települést a községhez tartozó határvidék egy részétől. A mai napig az említett 17 km² 60%-a, bár német felségterület, egy francia település tulajdona. Itt is, mint néhány hasonló esetben a politikai feszültség és a határok jelentette akadályok akaratlanul hozzájárulhattak ahhoz, hogy „időablakok” maradnak nyitva, melyeken visszatekintve könnyebb elképzelni a szabályozás előtti Rajna-menti ártereket.

Visszatérve a háborúk következményeire, a Felső-Rajna sorsa továbbra is tanulságos példa. Az I. világháborút lezáró francia-német versailles-i béke (a mi Trianonunk „bátyja”), nem csak hogy visszaállította a Rajnát, mint francia-német határt, de a vízerő-hasznosítás jogát is Franciaországnak biztosította. A békeszerződés ellenére a két ország közötti bizalmatlanság – legyünk őszinték, némi nyomós okkal – továbbra is fennállt. Ezért a rajnai vízlépcsők és vízerőművek 1930 és 1960 között nem a határfolyóban, a Rajnában épültek, hanem az első négy vízlépcsőnek egy új, teljes mértékben francia felségterületen „létesített” vízfolyást, a Grand Canal d'Alsace-t hozták létre. A határfolyó itt „Rajna-maradékká” degradálva messzemenően elvesztette mindazokat a hidraulikai és élettér funkciókat, melyek egykoron a büszke folyóhoz tartoztak.

A francia-német viszonyok javulása a II. világháború után az 1960-as évektől kezdve – az EU-hoz vezető európai egyesülési folyamat és a francia-német, De Gaulle elnök és Adenauer kancellár kovácsolta barátsági szerződés korában vagyunk – lehetővé tette az úgynevezett hurokmegoldás alkalmazását. Itt csupán az erőmű és a hajószilip kerültek francia területre és a „Rajna-maradék” szakaszok rövid részekre zsugorodhattak. Végül az 1970-es években

épített 2 vízlépcső már a határfolyó főmedrébe került. 1974/75-ben, amikor én a Szövetségi Vízépítési Intézet munkatársaként Karlsruhe-ban dolgoztam, dőlt el, hogy az iffezheimi duzzasztó és vízerőmű alatt tervezett Au-Neuburngnál létesítendő vízlépcsőre már nem kerül sor. A probléma ugyan fennmarad, vagyis, hogy hogyan akadályozzuk meg, hogy a felső vízlépcsők bögéiben lerakódott hordalék hiányát a folyó ne úgy kompenzálja, hogy az utolsó vízlépcső alatt medrét mélyítve csillapítja „hordalék étvágát”.

Ezt a dilemmát általánosan úgy is meg lehet fogalmazni, hogy folyószabályozást, vízlépcsőkiépítést el lehet kezdeni, de nagyon nehéz – ha egyáltalán lehetséges – befejezni. A „megoldás”, amit 1978 óta praktizálnak, összefonódik Mosonyi Emil nevével, aki akkor a karlsruhei műegyetem professzora – és az én 1979-ben megvédett doktori disszertációm korreferense – volt. A folyó egyensúlyát a fenékerózió folyamatos ellenőrzési eredményeinek megfelelően évi, átlagosan 185 000 tonna, főleg görgetendő hordalék adagolásával biztosítják. Az évi tényleges adagolás elég nagy szórásnak van kitéve (*Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes 2023*). Bármennyire meghökkentő, hogy itt a Rajnába szórják azt, amit máshonnan ki kell kotorni, mégis, a hordalékadagolás a mai napig a leggazdaságosabb megoldásnak bizonyult.

A Duna

Amikor kelet felé haladva a Dunához, a világ legnemzetközibb vízfolyásához érek, bizonyos fokig vissza kell fognom magamat. Bár a bölcsöm – vízimérnöki tekintetben is – a Duna partján ringott, annak, hogy ma 8 nemzetközi folyóról beszélhetek, melyekkel pályafutásom során szakmailag foglalkozhattam, magában rejti azt a tényt is, hogy számos, a hallgatóság soraiban ülő kollégával szemben a Duna-völgyi tapasztalataim messze nem elegendőek ahhoz, hogy a Dunáról nekik valami újat mondjak. Ezért inkább az itteni munkák elismeréséről, illetve nemzetközi perspektívába helyezéséről lesz szó.



2. ábra. A világ legnemzetközibb folyama, a Duna (ICPDR)
Figure 2. The world's most international river, the Danube (ICPDR)

Arra, hogy a Duna a világ legnemzetközibb folyója, sajnos nincs sok okunk, hogy különösen büszkék legyünk. Ez is, mint annyi más, ami a vízgazdálkodást megnehezíti, a politikai-földrajzi térség felaprózódását tükrözi vissza. Mi sem jellemzi ezt jobban, mint az, hogy az elmúlt 30-40 évben, az EU egyesítő hatása ide vagy oda, a „nemzetközisítés” egyre hangsúlyozottabb lett. A Duna-medence országai nagyrészt tagjai az Európai Uniónak, illetve az EU tagság jelöltjének számítanak. Ennek a politikai háttérnek megfelelően a dunamenti vízgazdálkodási együttműködés, különösen nemzetközi összehasonlításban, kifejezetten jónak minősíthető. Számos együttműködési szervezet és megállapodás, mint például az International Commission for the Protection of the Danube River (ICPDR) keretében zajló közös munka bizonyítja ezt.

Egyes országok, mint Magyarország is, amelyik a Duna-medence földrajzi középpontjában van, teljes mértékben a Dunához kötődnek. Nem kell nagy fantázia ahhoz, hogy észrevegyük, hogy a vízgazdálkodás Magyarországon elsősorban nemzetközi vízgazdálkodás. A kölcsönös függőségek figyelembevétele mindig is elkerülhetetlen volt, és ez ma is így van (*Bogárdi és Szőlősi-Nagy 2021*).

Ennek a nemzetközi beágyazottságnak az évtizedekkel ezelőtti megkísérelt tagadása vezetett korunk talán legnagyobb Duna-menti vízgazdálkodásához (*Zsuffa és társai 2023*). A „korunk”, szót nem hangsúlyoztam volna, ha a Kárpát-medence ármentesítésére, a belvizek és nedves életterek lecsapolására, Vásárhelyi Tisza-szabályozására, vagyis néhányak szemében a vízügy „régibűncire” utalnék. Ezekre vonatkozik a bevezető viccben említett einsteini relativitás.

Ha az 1938-ban kiadott Kárpát-medence térképre nézünk (*Magyar Királyi Földművelési Minisztérium Vízrajzi Intézete 1938*), amelyik a vízborította és árvízjárta területeket ábrázolja az ármentesítési és lecsapolási munkálatok megkezdése előtt, akkor is Einstein „minden relatív”-jára kell gondolnunk. Mai szemmel nézve valóban kár, hogy értékes nedves életterek tűntek el. Az ökológusok kesergéseit meg lehet érteni, de azt sem szabad elfelednünk, hogy amikor az Alföld fele 6 hónapig néha szó szerint víz alatt állt, akkortájt, hogy József Attila szavaival éljek: „*kitántorgott Amerikába másfél millió emberünk*”.

A mai Alföld arculatának megteremtése sem vezetett egy permanensnek nevezhető állapothoz, melynek fennmaradására a jövőben is számíthatnánk. Ha a több mint tíz évvel ezelőtti a GLOWA Donau, a német szövetségi kutatási és oktatási minisztérium támogatta projekt eredményeit vesszük figyelembe (*Mauser és Pransch 2016*), akkor láthatóvá válik, hogy a felmelegedés következtében a vízgyűjtő alpoki részén alapvetően új hidrológiát várhatunk, nedvesebb és hőszegényebb telekkel és szárazabb nyarakkal. A klímaváltozás, bár mint fizikailag mérhető tény tagadhatatlan, ennek további kibontakozásának előrejelzése akár csak néhány évtizedre is, mégis csak sok bizonytalansággal lehetséges. A fent említett projekt az 1971-2000-es időszakot a jelen évszázad közepével (2035-2060) összehasonlítva 3,5-16,4%-os csapadékcsökkenést, 10-25%-kal erősödő párolgást és 6-35%-kal kevesebb vízhozamot

prognosztizált. Az említett kutatási eredmények nyilvánosságra hozatala óta 10 év telt el, s a klímaváltozás gyorsasága és nagysága a legtöbb megfigyelő szerint nagyobb, mint amit akár csak egy évtizeddel előbb gondoltunk. Közülünk még a legoptimistábbak sem képzelhetik el, hogy az itt felvázolt, vagy annál talán még szélsőségesebb scenárió megvalósulása nem készítené majd minket olyan vízgazdálkodási lépések megtételére, melyekre ma még aligha gondolunk, s főleg politikai megvalósíthatóságuk ma még elképzelhetetlen lenne.

Mint ahogy az imént említett Kárpát-medencei térkép is elárulja, a 19. századtól kezdődően nem csak a Nagyalföld, de a Kisalföld környéke és az azt átszelő Duna is számos változáson ment át. Itt nem csak az árvízvédelemre és a hajózás biztosítását célzó folyamatszabályozásra, továbbá a Hanság lecsapolására gondolok – amiben, nota bene, friss diplomásként, 1931-ben édesapám idősb Bogárdi János professzor első mérnöki feladatát kapta –, hanem a Duna felső szakaszának Németországban és Ausztriában kiépített vízerő-hasznosítására is, aminek következtében a hordalékszállítás természetes folyamata – úgy mint a Rajna esetében is – megváltozott.

A Monarchia 19. századból származó katonai felméréseinek térképe hasonló folyótját mutat, mint ami 1830 körül a Felső-Rajna mentén uralkodott. A Duna természetes, de társadalmilag elfogadhatatlan állapota az 1970-es évekig számtalan, visszafordíthatatlan változáson ment át. Így a már az első világháború előtt megfogalmazott vízerő-hasznosítási terv a Duna belső deltájában – a Szigetközben – nem az érintetlen Ős-Duna életterét változtatta volna meg (*Zsuffa és társai 2023*).

Én a Bős-Nagymaros vízlépcsőrendszer drámájának külső megfigyelője voltam, s ebben az előadótérben nyilván sokan ülnek, akik többet tudnának erről mondani, mint jómagam. Viszont, ha az előadásom címében a vízgazdálkodás szó szerepel, akkor nem maradhat ki, pláne nem egy köhajtásnyira a Duna partjától, hogy a vízgazdálkodás hazai viszonylatban legmarkánsabb példáját meg se említsem.

A második World Water Forum (WWF) óta, amelyik 2000-ben Hágában került megrendezésre, a „*Water is Everybody's business*” (A víz közös ügyünk) szlogen jegyében tudjuk, hogy ez mit jelent. Az érintettek bevonása a vízgazdálkodási döntéshozatalokba az érem egyik oldala. A felelősség megosztása a másik. A „*hágai WWF üzenetét*” sok Bős-Nagymaros-ellenző már évekkal ezelőtt, hogy ki lett volna mondva, magáévá tette, ugyan anélkül, hogy a vele járó felelősséggel tisztában lett volna. Fülemben jutott akkortájt az a követelés, hogy a nagymarosi vízlépcső már csak azért sem épülhet meg, mert a vízlépcső ellenzői a Dunát Visegrádnál ugyanolyanannak akarják látni, mint ahogy ezt id. Markó Károly a 19. század első felében megfestette. Valóban egy szép törekvés, pláne, ha a „megvédett” tájban való gyönyörködésre nem autóval vagy motorkerékpárral, hanem a reformkor közlekedési eszközeivel igyekeznének.

Az eredeti közös csehszlovák-magyar terveket és a csonka, végül is Szlovákia által megvalósított rendszert elsősorban a nem-szakembernek számító hallgatóság miatt

mutattam be. A markói táj többé-kevésbé sikeres megtartásáért több tekintetben magas árat kellett fizetni (*Zsuffa és társai 2023*). A nemzetközi kapcsolatok masszív megterhelése mellett a szigetközi vízrendszer vízellátása de facto attól függ, hogy Szlovákia mennyi, energiatermelésre is használható vízről „mond le”. A kitermelt energiából nem részesedik az ország, a tényleges költségekkel szemben nem áll nyereség, s ha a projekt az ellenzők által felvázolt környezeti horroszcenáriókat tényleg magával hozta volna, azok következményeit is viselni kellett volna. Az úgynevezett C variáns – ami a nagymarosi vízlépcső meg nem építése dacára elkerülhető lett volna – nem csak egy, a vízügygel szemben és a szakértők véleménye ellenére elkövetett vízgarázdálkodás szomorú eredménye, hanem azon felül politikailag „víztöfkilóságnak” is beillik.

A Volga

De menjünk tovább kelet felé, ahol további érdekes példák várnak ránk. A Volga azzal érdemli ki nemzetközi jellegét, hogy a folyó alsó folyása mentén a vízgyűjtő néhány négyzetkilométerre Kazahsztán területe. Ennek ellenére a majdnem 1,4 millió km²-es vízgyűjtő 39 adminisztratív egységre (oblasztra) és az Orosz Föderáció számtalan autonóm köztársaságára tagozódik (*UNESCO 2004*). Az adminisztratív sokszínűség mellett hangsúlyozott éghajlati különbségek jellemzik a Volga, és bal-parti fő mellékfolyójának, a Kámának a vízgyűjtőjét. Az amúgy roppant lapos óriási folyómedence és az ennek megfelelően minimális átlagos vízszintesés – 0,07 m/km a Volga forrásvidékétől a torkolatig – ellenére a 20. században a Volga masszív vízerő-hasznosítás tárgya (vagy talán áldozata?) lett.

Visszaidézve az előadást bevezető viccet, a Kommunizmus himnuszának második szakaszában (*The Best of Communism CD*) megfogalmazott ideológiai irányelv értelmében csupán a fő folyón, a Volgán 8 óriási vízlépcsőt építettek, melyek összesített 152 km³ térfogata (a Volga átlagos évi vízszállításának 60%-a) 20 000 km² területet öntött el végérvényesen. Ökológiai (s talán gazdasági szempontból is) a legnagyobb kárt mégis a szabadon áramló folyó óriási bögékre való szabdalása jelentette.

A Kaszpi-tengerben őshonos tokhalak ívási vándorlási útvonalának lezárása az elmúlt 70 évben világon egyedülálló faunát vitt a kihalás szélére. Egyidejűleg a tokhal ikrajából készült kaviár ára kilónként 5000 Euro fölé emelkedett, amennyiben legalísan egyáltalán megvásárolható.

2023 realitásainak fényében alig hihető, hogy valamivel több mint tíz évvel ezelőtt közös, a kutatási minisztériumok által támogatott német-országi kutatási program működött a Rajna és a Volga vízgazdálkodási kihívásainak vizsgálata terén (*BMBF – FONIA 2010*). Ha a két folyót összehasonlítjuk, nem nehéz felismerni, hogy tulajdonképpen azon kívül, hogy mindkettőben víz folyik, nem sok közös tulajdonságuk van. De nem csak a vízgazdálkodás maga, hanem annak kutatása is lehet politikum. Nota bene, még mindig jobb, ha a politika a közös kutatást támogatja, mintsem mint manapság a kevésbé békés „szembetalálkozást” a Dnyeper partvidékén.

A kutatási együttműködés során tűnt szembe a két folyó állapotáról szóló narratívák különbsége. Míg a Rajna vízminőségi rehabilitációja az 1986-os baseli ipari tűzvész

szennyezett oltóvizéből kiinduló vízminőségi katasztrófa után mint az együttműködésen alapuló közös erőfeszítések diadalaként lett ünnepelve, ugyanakkor az orosz szakma és a közvélemény a Volgát mint egy haldokló vízfolyást jellemezte. Egy német professzor előadása röviddel az ezredforduló után – ahol mérési adatokkal bizonyította, hogy a Volga víz- és mederanyag minősége sokkal jobb állapotban van, mint a Rajnán – az orosz kollégák nemtetszését és vehemens tiltakozását váltotta ki. A „haldokló Volga” narratíva, bár a vízminőségi adatok összehasonlítása alapján tarthatatlan volt, azt a célt szolgálta a poszt-szovjet éra első évtizedeiben, hogy a nemzetközi környezetvédő szervezetek érdeklődését felkeltse, és kutatásfinanszírozási kedvüket növelje (*Bogárdi 2022*).

Nem célszerű, ha az ember a tényleges vízgazdálkodási, vízminőségi problémákat elhallgatja. De a túldramatizálás hosszú távon a hihetőség kárára megy. Ez a kijelentés természetesen nemcsak a Volgára érvényes.

Oh, boldog idők, amikor a kelet-nyugati ellentét a Volga vízminőségének megítélésére korlátozódott!

Az Aral tó vízgyűjtője (Amu-Darja és Szir-Darja)

Az egykori Szovjetunió nem szűkösködött a vízgarázdálkodás eklatáns példáiban. Az ideológia mindenfelettségének a vízgazdálkodásban is megvolt a következménye. De valószínűleg egyik sem érte el azt a notoritást, amivel az Aral-tó medencéje, az Amu-Darja és Szir-Darja folyók vízgyűjtői és a befogadó víztest, az Aral-tó „kitüntette” magát (*UNESCO 2000*). Amit talán a 20. század globálisan legsúlyosabb vízgarázdálkodási esetének nevezhetünk, több mint 60 évvel ezelőtt kezdődött, amikor a két folyó alsó folyása menti sivatagokban újraélesztették a nagy léptékű öntözési mezőgazdaságot. 7 millió hektár (Belgium és Hollandia egyesített területe) került fokozatosan öntözési művelés alá. Elsősorban gyapotot termeltek, de a vízigényes rizs is a gyakoribb ültetvények közé tartozott. Az öntözési ütemterveket központilag szabályozták. Mivel az öntözött területek drénezése megoldatlan maradt, az Aral-tó vízgyűjtője hamarosan tele lett kisebb-nagyobb tavacsokkal, melyek a bőségesen túladagolt öntözővíz felesleges részét tárolták. Repülőből nézve ez úgy tűnt, mintha az Aral tó számtalan apró „vízmozaikra” esett volna szét. Ennek megfelelően a víz természetesen hiányzott az Aral-tóba torkolló folyók vízhozamából. További nagymértékű vízfogyasztást jelentett a talajprofil „öblítése”, amivel a kapillárisan felszálló vízzel a gyökérszintjébe került sókat ismét a növények gyökérszintje alá „mosták ki” (*Tischbein és társai 2021*).

Az Aral-tó környéke történelme során nem először volt ilyen nagyarányú öntözési mezőgazdaság színtere. Utoljára a mongolok által a 13. században megdöntött Khorezmi birodalom területén öntöztek, több mint 800 évvel ezelőtt hasonló nagyságrendű területet mint napjainkban (*Andrianov 2016*). A vízadagolás viszont a gazdálkodók feladata volt, ellentétben az 1960 utáni tervgazdálkodási centralizációval, amely a helybéli gazdálkodók minden esetleges kezdeményezését elnyomta. Az Aral-tó medencéje az ott uralkodó idő- és vízjárás miatt kitűnően alkalmas az öntözési gazdálkodásra. A kemény kontinentális telek során a hóformában érkező és tárolt téli csapadék

a Tianshan és Pamir hegységekből – melyek a Szir-Darja és Amu-Darja forrásvidékei – elolvadva nyáron, a vegetációs időszakban érkezett meg a folyók vízhozamaként, és állt az öntözés rendelkezésére. A kiegyensúlyozott vízhozamokat tározók biztosították a vízgyűjtők felső szakaszán. Természetesen ezekhez a tározókhoz vízerőművek is tartoztak.

Bár a gazdaságtalan és elégtelenül működő öntözés ab ovo egy fenntarthatatlan irányt követett, de az 1990-es évekig a felső folyás menti víztározók üzemeltetése, a politikai utasítást követve biztosította a vízgyűjtőn belüli együttműködést a szovjet köztársaságok között. A téli vízleeresztések kihagyása miatt hiányzó vízenergiát az alsó

folyás mentén fekvő Kazahsztán és Üzbegisztán fosszilis energiahordozókkal kompenzálták.

Mindez egy csapásra megváltozott, miután a közép-ázsiai köztársaságok az 1990-es évek elejétől függetlenné váltak. Az addigi energia cserekereskedeleme megszűnt. A vízenergia-termeléssel járó vízleeresztések folytatódtak a vegetációs időszakon túl is. A befagyott folyók nem tudták a többlet vizet elvezetni. Így azt a Tianshan hegység lábánál egy sós depressziós medencébe kellett átvezetni, hogy a Szir-Darja lehetséges jeges árvizét elkerüljék. Így itt időközben létrejött a közel 4 000 km² nagyságú Aydar tórendszer, melynek változó, de néha több mint 30 km³-nyi vize természetesen szintén hiányzik az Aral-tóból (*Wikipédia 2023a*).



3. ábra. Az Aral tó agóniája 1960-tól napjainkig (*Wikipédia 2023b*)
Figure 3. The agony of the Aral Sea from 1960 to the present day (*Wikipedia 2023b*)

Az 3. ábrán követhető nyomon a közép-ázsiai vízgárázdálkodás elrettentő eredménye. 1960-ban az Aral-tó a világ 4. legnagyobb kiterjedésű, és 12. legnagyobb térfogatú tava volt. Az egykoron több mint 1 000 km³ térfogattól 2021-re alig több mint 60 km³ maradt. Az időközben leválasztott északi tó valamelyest megemelt szintje ugyan egy dicséretes igyekezet, de nem elegendő, hogy az Aral tó – mint a példátlanul makacs vízgárázdálkodás áldozata – sorsát megváltoztassa.

Tíz évvel ezelőtt, amikor utoljára Üzbegisztánban jártam, tudomásul kellett vennem, hogy a fehér arannyá stilizált gyapot termelését még mindig rákényszerítik a gazdálkodókra. A különbség csak annyi, hogy 2012 körül már alig volt férfi az üzbég mezőgazdaságban, mert a legtöbben Kazahsztánba vagy Oroszországba mentek vendégmunkásnak. A különösen munkaigényes gyapotszedésre egyetemi hallgatók és fiatal oktatók lettek kivezényelve. Ezalatt az egyetemi oktatás szünetelt.

A Mekong

Délkelet-Ázsiában a Mekong folyó, bár vízgyűjtője a Duna-medencével összehasonlítható nagyságú, mégis a világ legbövizűbb folyamai közé tartozik, ahol a Mekong a 11. helyezett, míg a Duna a 22. helyen áll (*Wikipédia 2023c, Dai és Trenberth 2002*). A folyó vizét részben a Tibeti platóról elolvadt hótakaróból, illetve a folyó középső folyása mentén uralkodó monszun esőkből nyeri. A vízgyűjtő 25%-a Laoszban van, s innen ered a vízhozam 35%-a. A felső folyás szűk völgyében, Kínában a nagy esést kihasználva számtalan völgyzáró gát üzemel. Szerencsére ezeknek a tározóknak nem olyan nagy a térfogata, hogy a

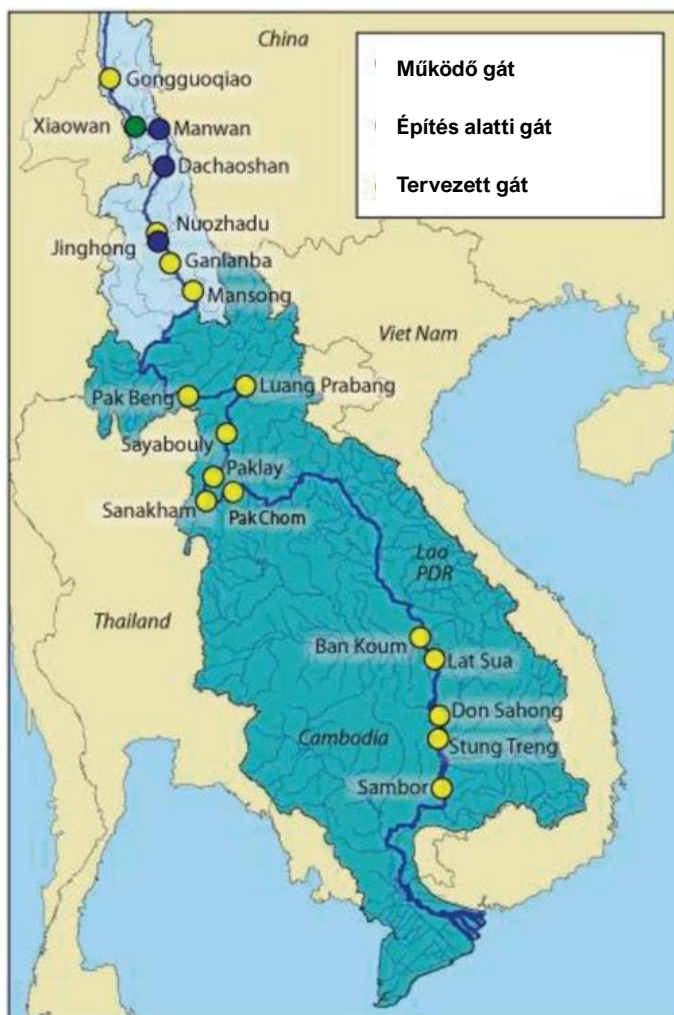
folyó vízhozam-rezsimjét döntően befolyásolhassák.

A helyzet viszont drámaian megváltozhat, amennyiben a tervezett mega-tározók a Mekongon, vagy laoszi főbb mellékfolyóin megvalósulnának (*Le Huy és társai 2022*). Az esős évszakot és az olvadást követő árvízi csúcsokat a tározók befogadnák, s a turbinákon át való leeresztés elsődleges meghatározója az elektromos energia iránti igény, mintsem a folyó ökológiai integritása, vagy a Mekong delta tengervízét visszaszorító édesvíz szükséglete lenne. Feltehetően egy lényegesen kiegyenlítettebb vízhozam-rezsimmel számolhatunk, ha a Mekong vízerőművek és tározók kaszkádjává való transzformációja megvalósulna.

Míg az árvizek megfékezése a tározók segítségével bizonyos előnyökkel járhat, a teljes kép messzemenően nem ilyen pozitív. A Mekong ugyanis összekapcsolódik egy óriási természetes, a folyómedren kívüli, „off-stream” tározóval, a Tonle Sap folyó és tó komplexumával. A körülbelül 200 km hosszú Tonle Sap folyó a kambodzsai főváros, Phnom Penh közelében torkollik a Mekongba. Ez a folyó köti össze a Tonle Sap tavat a Mekonggal. A tó saját vízgyűjtője 86 000 km² (*Wikipédia 2023d*), de a tóban tározott víz nagyobb része a Mekongból származik. Az esős évszakkal összekapcsolódó árvízi időszak alatt a Tonle Sap folyó folyásiránya megváltozik, és a Mekongból a Tonle Sap tóba vezet vizet. A tó vízszintje az év során 10 méter nagyságrendben ingadozik, és a Mekong vízzállításának kb. 15%-át tudja tárolni. Az esős évszak végére a Tonle Sap tó felülete 2 500-ról 16 000 km²-re duzzadt fel. Telt állapotban a Tonle Sap tó térfogata elérheti a 80 km³-t. Mivel a Mekong vízhozama csökken, a Tonle Sap folyó

megint folyásirányt változtat, s az imént még tározott víz visszatér a Mekongba. A Tonle Sap tóból érkező „vízpótlás” a Mekong delta számára alapvetően fontos, hogy a sós tengervíz behatolását meggátolja. Így válhat a csupán 30 000 km² nagyságú delta egyidejűleg Vietnám éléskamrájává, ahol az ország területének 9%-án a vietnámi mezőgazdasági termelés körülbelül 50%-át takarítják be. A Tonle Sap tehát talán a világ legnagyobb és leghatékonyabb természetes folyódelta stabilizáló

rendszere. A felvízi országok esetleges (tervbe vett) vízgarázdálkodása nem csak egy természeti kincstől fosztaná meg a világot, de a Tonle Sap folyó kétirányú vízszállításának vége Kambodzsa és Vietnám mező- és halgazdaságára is mérhetetlen csapást jelentene. Mivel a folyómenti lakosság protein szükségletét túlnyomóan a folyami halászat fedezi, a tározóépítés és a lefolyási rezsim változtatásának akár súlyos élelmezésbiztonsági következménye is lehet.



4. ábra. Vízerművek a Mekong völgyében (Mekong River Commission)
Figure 4. Hydropowers in the Mekong Valley (Mekong River Commission)

A Nílus

A Nílus a hazánkhoz legközelebb eső történelmi folyó, az ókori civilizációk egyik bölcsője. Talán ritkán gondolunk arra, hogy mindez csak úgy következhetett be, hogy Egyiptomtól délre a több mint 6000 km hosszú folyó gyakorlatilag zavartalan természetes állapotában maradt évezredek át.

Ez a helyzet a múlt század közepére is még – többekévé – jellemző volt, amikor 1959-ben Szudán és Egyiptom megegyeztek egymással a Nílus vízének hasznosításáról és megosztásáról (*Egypt&Africa – Egyptian-Sudanese cooperation on Nile waters 2023*). Amit e két ország nem vett számításba, az az, hogy tőlük délre is legitim vízigények vannak, s a folyó vízkészlete, a történelmi szabad vízhasználat gyakorlata ellenére nem áll kizárólag a

két legészakibb ország rendelkezésére. A vízgyűjtő 10 országa közül különös szerep jut Etiópiának, többek között azért, mert az etióp felföldről eredő folyók – elsősorban a „Kék Nílusnak” is nevezett Abay folyó – egymaga a Nílus teljes vízszállításának közel kétharmadát biztosítja. Etiópia lakosságának nagyságát tekintve Egyiptommal összehasonlítható, noha messze nem annyira fejlett ország. Etiópia is – érthetően – igényt tart vízkészletei és vízerő-potenciáljának kihasználására. Így a legvalószínűbb Nílus-völgyi vízkonfliktus leszűkül az úgynevezett keleti medencére, Etiópia, Szudán és Egyiptom manőverezésére és remélhető képességére, hogy a felmerülő ellentéteket tartós kompromisszumok segítségével lecsendesítik (*Motlagh és társai 2017*).

Ez annál is inkább sürgetőbb, hisz az etióp-szudáni határ közelében gyakorlatilag elkészült a Great Ethiopian

Renaissance Dam (GERD) (Nagy Etióp Reneszánsz/völgyzáró/Gát). Bár az etióp kormány bizonygatja, hogy a tározó és az erőmű kizárólag vízi energia generálására szolgál (ami a völgyzáró gát határközeleli helyzetéből kiindulva hihető is), Egyiptom mégis erősen ellenzi a GERD üzembevételét (*Brookings Institute 2020*). Megemlítendő, hogy csupán a 74 km^3 nagyságú tározó első feltöltése akár egy évtizedet is igénybe vehet. Még egy

ilyen hosszú feltöltés is a szudáni és egyiptomi mezőgazdasági vízigények kielégítését évekre veszélyeztetheti. Miután a GERD tervezett üzemeltetése az első feltöltés után beindul, a megnövelt tározótérfogat a folyórendszer felső folyása mentén természetesen pozitív hatással lehet majd Szudán és Egyiptom vízbiztonságára is, amennyiben a vízenergia generálás az öntözési igények időbeli változását figyelembe veszi.



5. ábra. A Nílus vízgyűjtő ú.n. keleti medencéje. A piros négyzet jelzi a Nagy Etióp Reneszánsz Gátat (Motlagh 2017)
 Figure 5. The so called Eastern Basin of the Nile catchment. The red square indicates the location of Great Ethiopian Renaissance Dam (GERD) (Motlagh 2017)

Érdekes az összefüggést egy ország vagy régió egy lakosra eső víztározó térfogata és az ország vagy régió jóléte között megtekinteni. A GERD elkészülte előtt Etiópiában 43 m^3 tározókapacitás jutott egy lakosra. A GERD üzembevételével ez az érték 660 m^3 /lakosra nő meg, egy érték, ami a szembevetendő növekedés ellenére még mindig az észak-amerikai érték csupán 11%-a lesz. A három ország élelmezésbiztonsági indexének összehasonlítása egyértelműen jelzi, hogy Etiópiának további komoly lépéseket – beleértve a vízkészletek hasznosításának fejlesztését – kell tennie, hogy az éhezést elleni lépések elmúlt évtizedekben észlelt lassú javulási tendenciáját megtartsa és felgyorsítsa. Szudán esetében a politikai instabilitás egyértelműen látszik a lakosság romló élelmezési biztonságában, míg Egyiptom ugyan relatív alacsony éhezési nívón, de stagnál.

A Zambézi

Az egyenlítői Afrika bővízü folyómedencéjétől, a Kongótól délfelé haladva az utolsó nagyméretű és vízhozamát

tekintve regionálisan is jelentős folyam a Zambézi (*NEPAD 2013a, 2013b*).

Összehasonlítva a Dunával, a majdnem kétszer akkora Zambézi vízgyűjtőről lefolyó évi vízmennyiség valamivel több csak, mint a Duna vízhozamának fele. Ezenfelül a Zambézi esetében a lefolyás túlnyomó része, a csapadék szezonális és a vízgyűjtő felső részén található óriási lapos felföldi síkságok árhullámot fékező hatása miatt az esős évszak végére, március és április hónapokra koncentráldódik. Egyértelmű tehát, hogy a Zambézi vízkészletének jelentős része csupán számottevő tározókapacitás segítségével hasznosítható. A főfolyón magán, még az egykori gyarmattartó hatalmak – Nagy Britannia és Portugália – által létesített Kariba és Cahora Bassa tározók együttesen képesek akár a folyó egy egész évi lefolyását tárolni (*Magadza 2006*). Ezzel a Zambézi völgyében rendelkezésre áll az alapvető, nagyléptékű vízgazdálkodási infrastruktúra, azért, hogy az egész dél-afrikai régió meglehetősen sérülékeny élelmezési biztonságát erősítse, annál is

inkább, mivel a régió még öntözéses mezőgazdaságra felhasználható területei túlnyomórészt szintén a Zambézi medencében találhatóak (FAO 1997, SADC 2012). Több oka van annak, hogy a szükséges beruházások váratnak magukra:

- Az afrikai földművelés a Szaharától délre nemcsak, hogy nagyon tradicionális, de az öntözéses gazdálkodásnak sincs múltja az őshonos lakosság körében. Ezen felül a földhöz való ragaszkodás erős jellemzője a vidéki társadalomnak. Ez a mezőgazdasági egységek felaprózódásához vezetett (Sikora és társai szerkesztők 2019). A professzionálisan menedzselte öntözéses mezőgazdaság kialakulását tovább hátráltatja néhány donor ország és fejlődő országokkal foglalkozó civil szervezet a kisléptékű családalapú mezőgazdasági termelést, a „small scale agriculture”-t, a kisüzemi mezőgazdaságot patronáló ideológiai beállítottsága.
- Nyugati és északi civil szervezetek nyomására az 1980-as évektől számítva közel 30 éven át a Világbank és hasonló fejlesztési bankok megtagadták Afrikától a szükséges tározó és öntözési infrastruktúrához, továbbá a vidékfejlesztéshez szükséges kölcsönöket. Ezzel részben hozzájárultak az elszegényedő vidékről meginduló, egyre erősödő migrációhoz, ami Afrikában a nyomortól való menekülés diktálta rendezetlen urbanizációhoz vezetett. (Már amennyiben a városi nyomortanyák mérhetetlen felduzzadását urbanizációnak lehet nevezni).
- Végül a hátráltató okok további példaként említendő, hogy a már létező kulestározók hivatalos feladata kizárólag az elektromos energia generálása. Ez a jövőre nézve azt jelenti, hogy az esetleg szükségessé váló öntözővíz biztosítása a tározók új üzemtervét vonja maga után, ami viszont a jelenleginél valamivel kevesebb elektromos energia termelését jelentené (Vlek és társai 2019).

A Kariba tározó és völgyzárógát, amely az 1950-es évek végére készült el, egyértelműen a kor mérnöki alkotásainak egyik remekműve. Fő feladata, hogy a Zambia északi részén működő rézbányák és kohók áramigényét kielégítse. Ezért a fontos ipari célért a folyó völgy őslakossága, amely a visszahúzódó árvizeket követő úgy nevezett recession agriculture-t, recessziós mezőgazdaságot gyakorolta, a folyó völgy szárazabb, magasabb részére lett áttelepítve. Az ígért kompenzációk juttatása természetesen elmaradt. Sajnos, itt is a vízgazdálkodás és a vízgarázdálkodás eredményei párhuzamosan jelentkeztek, s ezzel szakmánk reputációját – mondjuk ki, jogtalanul – csorbítják azok, akik akár meggondolatlanul, vagy akár rossz szándékkal a vízgarázdálkodás felelősei.

A Zambézi említett potenciális szerepe a dél-afrikai régió élelmezésbiztonságának erősítésében bizalmon alapuló, hosszú távon fenntartható politikai és gazdasági együttműködés nélkül megvalósíthatatlan marad. Nekünk, mint vízügyi szakértőknek kötelességünk, hogy az élelmezésbiztonság javításának lehetőségét felmutassuk, és ennek előfeltételeit megfogalmazzuk – és ha lehetséges, meg is valósítsuk.

A Zambézi medence példáján túl is, mindazok a problémák, amelyek sürgős megoldását Afrikában elhanyagoljuk, előbb vagy utóbb Európa számára is súlyos következményekkel járnak. Nem véletlen eredménye az Afrikán túlsoroduló migrációs hullám okozta nyomás Európa déli határain.

Talán feltűnt a hallgatóságnak, hogy a Zambéziről beszélve – hogy úgy mondjam – „tűzbe jöttem”. Ennek egyik oka, hogy a Zambézihez kötődő vízgazdálkodási kérdések engem az 1980-as évek első felétől kezdve foglalkoztatnak. A másik egy személyes meggyőződésem, hogy a Zambézi folyón található a világ legszebb pontját. A helyi nyelven „Dörgő Füst” néven ismert Victoria vízesés, amit ugyan nem repülőgépből, de 1984-ben módomban volt személyesen is látni, sok gondolatot ébreszthet az emberben, melyek az előadás elején említett, a vízgazdálkodásra is érvényes dimenziókhoz vezetnek.



1. kép. A felhasadt Föld elnyeli a Zambézi. Victoria vízesés (Wikipédia 2023e)
Photo 1. The split Earth swallows the Zambezi. Victoria Falls (Wikipedia 2023e)

Micsoda csábítás egy folyó természetes, 100 méteres zuhanását, mondhatnánk völgyzárógát nélkül vízenergia-termelésre fogni! Hála Istennek eddig még a legelszántabb vízerő-lobbistákat is visszatartották ettől. A képen már nem látható helyen van ugyan egy 108 MW-os mini erőmű elrejtve, de szerencsére tovább nem merészkedett senki. A vízerőművön átvezetett vízmennyiség hiánya nem befolyásolja a Victoria vízesés felső látványát.

A GLOBAL WATER SYSTEM PROJECT NAGY VÍZGYŰJTŐKRE VONATKOZÓ KÉRDŐÍVES KIÉRTÉKELÉSEINEK SZINTÉZISE

Előadásom végéhez közeledve egy, két lépésben végrehajtott kérdőíves felmérésről szeretnék beszélni (*Schulze 2010, Bogardi 2010, GWSP 2010a, GWSP 2010b, Bogardi és társai, szerkesztők 2012*). 2009 és 2012 között a Global Water System Project Global Catchment Initiative kutatási programban „rákérdeztünk” arra, hogy a nemzetközi konferenciákon, a Stockholm World Water Weeks-en, a World Water Fórumokon és hasonló diskurzusokban nagyra tartott vízgazdálkodási koncepciók és módszerek – itt gondolok olyasmire, mint az integrált vízgazdálkodás, a virtuális víz fogalma, (túl)hangsúlyozott, vízzel kapcsolatos konfliktusok és a víz-energia-élelmiszerbiztonsági nexus – mennyiben kerültek át a konferenciaülésekről a nagy folyamrendszerek tényleges vízgazdálkodásába (*Lawford és társai 2013*).

Az említett felméréseknél nem szabad statisztikailag szignifikánsnak nevezhető eredményekre gondolni. Nem csak hogy a megkérdezett folyórendszerek annyira különböznek egymástól, hogy nem lehet őket egy statisztikailag homogén mintának tekinteni, de a megkérdezettek száma is túl alacsony volt ahhoz, hogy általános érvényű következtetésekre jussunk.

Mégis, ez egy újszerű vállalkozás volt, hogy a vízgazdálkodásról „beszélgetők” és vízgazdálkodást „végrehajtottók” között húzódó kerítés fölött áttekintsünk, hogy lássuk, van-e és mekkora hatása az egyik közösségnek a másikra? Egy nemzetközi tudományos együttműködési projekt szemszögéből nézve saját ötleteink, javaslataink és gondolataink nyomait kerestük nagy nemzetközi folyók nap mint napi menedzsmentjében. Így a megkérdezettek elsősorban gyakorlati szakemberek voltak, a kérdéses vízgyűjtőkön működő vízgazdálkodási intézmények (river basin authorities) képviselői, vagy független szakemberek, akik a kérdéses folyórendszert évtizedeken át vizsgálták és/vagy irányították és az adott vízgyűjtőt meghatározó körülményeket és a gyakorlati kérdéseket kitűnően ismerték.

Az első fázisban, ahol 12 vízgyűjtőt vizsgáltunk, három kérdéscsoportra (lásd a 3. táblázatot) vártunk választokat (*Bogardi 2010*). A GWSP Global Catchment Initiative első kérdőíves akciójának tematikai kérdéscsoportjai az alábbiak voltak:

1. Mekkora a vízrendszerek direkt ember okozta és környezeti változásainak nagyságrendje és melyek a főbb megjelenési formák?
2. Hogyan kapcsolódnak a vízrendszer változásai a planetáris rendszer egyéb elemeivel (pl. virtuális víz)?

3. Mennyire reziliensek és adaptációképesek a vízrendszerek a változásokkal szemben és milyen fenntartható vízgazdálkodási stratégiákra támaszkodunk (integrált vízgazdálkodás stb.)?

A kapott válaszok nyilvánvalóan nem tetszettek azoknak, akik a klímaváltozást tekintik a kihívások csimboraszóójának. A válaszok egyértelműen rámutattak azokra a kihívásokra, melyek nem a közeljövő, vagy az előttünk álló évtizedek realitásai lesznek, hanem már ma a körünkre égnék. Aki a klímaváltozáson lamentál, de meg sem említi a Föld túlnépesedését, az körülbelül annak felel meg, mint aki a füsttől köhög, de eszébe sem jut, hogy a tüzet eloltsa.

Az általunk vizsgált nagy vízgyűjtők, mint ahogy az előbbi 7 példa is mutatta, több klímazonát, földrajzi régiót és az azokkal összefüggő problémák sokaságát és különbözőségét tartalmazza. A válaszok alapján egy újabb kulcskérdés fogalmazható meg: milyen léptékben számíthatunk arra, hogy a nemzetközileg is elfogadott integrált vízgazdálkodás nem csak mint egy javasolt módszer, hanem mint egy ténylegesen felhasznált, mondjuk úgy, hogy „megélt” realitás lesz vízgyűjtőink menedzsmentjében (*Ibisch és társai 2016, Borchardt és társai szerkesztők 2016, Karthe és társai 2021*)? A válaszok alapján úgy sejlik, hogy több százezer négyzetkilométer nagyságú vízgazdálkodási teret, legalábbis a jelenben, nemigen menedzselhetők az integrált vízgazdálkodás (IW) jelenleg érvényesnek elismert elvei alapján. Azon kívül, hogy a közvetlen társadalmi hatások (fogyasztás, szennyezés, vízkivétel, lakosság növekedése) halaszthatatlan vízgazdálkodási válaszokra várnak, egyértelműnek tűnt a jelenlegi menedzsment módszerekkel és vízkormányzási keretfeltételekkel való elégedetlenség. A kettősség, hogy a menedzsment módszerek megváltoztatási igénye fennáll, mialatt az IW nemigen kerül még széles körű és nagy léptékű alkalmazásokra, felveti az elkerülhetetlen kérdést: miért nem sikerül a diskurzus és gyakorlat határain átnyúló együttgondolkodást és együttműködést megvalósítani?

Szeretném a hallgatóság figyelmét felhívni arra, hogy ezek az inkább indikatívnak, mintsem konkluzívnak tekinthető eredmények több mint 10 évesek. Az egyértelműnek tűnő eredmények mégsem látszanak ismertnek és még kevésbé elismertnek. Ennek oka az, hogy a válaszok, amiket kaptunk, nem tetszettek a vízgazdálkodásról „beszélgetőknek”. A gyakorlat oldala, még ha örülne is az együttműködés lehetőségének, hiába várta és várja a közös módszertani fejlesztésre szóló meghívást (*Bogardi és társai, szerkesztők 2021*).

Ennek a szemmel láthatóan még mindig fennálló kettősségnek megvan az a következménye, hogy a vízgazdálkodási szakemberek megosztottsága a nemzetközi diskurzusban résztvevők és az attól inkább távol maradó gyakorlati szakemberek csoportjai között a vízgarázdálkodásnak bizonyos operatív előnyöket biztosít. Itt elsősorban arra gondolok, hogy a gyakorlati vízgazdálkodás a világ legtöbb helyén direkt politikai kontroll alatt van, s a szakemberek adott esetben tisztviselői státusa fellépésüket vízgarázdálkodási tendenciákkal szemben, fogalmazzunk úgy, hogy megnehezíti. A vízgarázdálkodás korlátozása minden vízügyi szakember számára közös kötelesség, függetlenül

attól, hogy a tudományos, oktatói, közszereplői vagy gyakorlati (tervezési, építési, üzemeltetési) körökben dolgoznak.

A kérdőíves akció második fázisa az akkortájt (2011-et írtunk) az érdeklődés középpontjába került vízenergia és élelmiszer-biztonsági nexusra (Hoff 2011), és ennek gyakorlati használatára összpontosított. A 11 megvizsgált vízgyűjtő részben eltért az 1. fázisban vizsgált vízrendszerektől. A megvizsgált vízgyűjtők összegezett területe (6 millió km²), a szárazföld 4%-át, az összegezett lefolyás (1077 km³), a globális, megújuló kék víz körforgás 2,5%-át, míg a folyómedencék lakossága (500 millió ember) a Föld lakosságának 7%-át tette ki.

A válaszok visszatükrözték a tény, hogy bizonyos gazdasági/politikai körülmények – hogy a szuverenitás szóval éljek – a medencék szuverenitását komoly mértékben befolyásolták.

Várható volt, hogy néhány afrikai folyómedence menedzsmenete erősen függött az ott aktívan támogató intézmények (donorok) prioritásaitól. Vagyis csak az történhetett, amire az adakozók felhívták a figyelmet, s amit hajlandók voltak finanszírozni is. A Volta és az Okavango folyók és vízgyűjtőjük estek ebbe a kategóriába.

4 folyó – a Duna, az Elba, az Amu Darja és a Jordán – egyértelműen az ott végbement és végbemenő politikai változások, kihívások hatása alatt áll. Néha nemvárt pozitív következménnyel, mint például a vízminőség javulása az ipari átstrukturálás és a munkaerő elvándorlása következményeként.

Végül a Winnipeg tó vízgyűjtőjét, a Murray-Darling, az Incomati és a Sárga folyó rendszereit, valamint a Mekong medencét a megfelelő térség gazdasági céljainak és piacesélyeinek függvényében lehet figyelembe venni.

Mindezen, akár alapvetőnek nevezhető különbségek ellenére a nexusal kapcsolatos válaszok – de az általános értékelés is – meglepően konzisztens válaszokat eredményeztek.

Nem meglepő az eredmény azok számára, akik a víz és föld integrált menedzsmenete mellett kardoskodnak, hogy a vízgazdálkodás szempontjából a mezőgazdaság továbbra is a döntő gazdasági tényező, amit a vízgazdálkodásban figyelembe kell venni (Bogárdi 1990). A nexus megközelítésekre vonatkozó kérdésekre kapott válaszok alacsonyabb konfliktuspotenciálra utaltak, mind az energianövényeket termelő és az élelmiszeri mezőgazdaság, mind pedig a vízenergia termelés és az öntözéshez szükséges tározó üzemmódok között, mint az, amit a nemzetközi vízi diskurzus alapján elvártunk. Mindkét fázisban megerősítették a következtetést, hogy nagy folyórendszeink menedzsmenetének az elsődleges, globálisan érezhető következménye a biodiverzitás és a vizes élőhelyek minőségének mérhető romlása.

A társadalom és a gazdasági aktivitások következtében keletkező direkt stressz a legerősebb és legközvetlenebb külső hatás amit folyórendszeink elszenvednek. Természetesen a klímaváltozás hozta kihívások – mint ugyan ezen direkt kihatások közvetett és részben időben később

jelentkező következményei – a helyzetet tovább fogják élezni. A rendszer inerciája miatt a helyzet javulására, még ha minden negatív hatás hirtelen meg is szűnne, egy szóval a legkedvezőbb esetben is csak a távolabbi jövőben számíthatunk.

ÖSSZEFOGLALÓ

Az előttünk álló globális kihívásokra, a vízgazdálkodásra és vízgarázdálkodásra vonatkozó példák, kérdések, válaszok és kutatás alapján a következő öt pontban foglalhatjuk össze a kritikus vizsgálat eredményeit. A felsorolás kurzív írással tartalmazza a szerző 50+ év tapasztalata alapján javasolt közvetlen és hosszabb távú lépéseket, melyek egy „vízgarázdálkodás mentes” vízgazdálkodás felé vezetnek.

- A vízgazdálkodás jelenlegi koncepciói még további fejlesztésre és általános elfogadásra várnak. *Példaként említhető itt az integrált vízgazdálkodás (IW). Mint elv széleskörűen elfogadott. A gyakorlati felhasználást nehezíti viszont az évtizedek óta tartó bizonytalanság, hogy az IW egy filozófia, koncepcionális keret, vagy egy szigorú, a megfelelő intézmények által követendő végrehajtási és együttműködési útmutató. A vízbiztonság, vagy a víz-, energia- és élelmiszerbiztonság nexusa hasonló módon többféle módon lesznek értelmezve. Amíg még a vízgazdálkodás szakemberei sincsenek – országhatárokon innen és túl – ezekben a kérdésekben egységes állásponton, a koncepciók alkalmazásához fűzött remények túlnyomórészt remények maradnak.*

- Ne várjunk csodákat! A vízgazdálkodás diskurzusai és a tényleges végrehajtás nagyban különböznek egymástól.

A vízgazdálkodás eredményes jövőjéért abszolút szükséges lenne egy rendszeresen működő együttműködési, együttgondolkodási platform a tudományos, fejlesztési és politikai döntések előkészítői és a gyakorlati végrehajtás szakemberei között. A gyakorlati vízgazdálkodás sikeres „lakmusz tesztje” nélkül a víz körüli diskurzus hosszú távon sokat veszítene hihetőségéből.

- A múlt vízgazdálkodása visszatekintve gyakran vízgarázdálkodásnak tűnik, de a jelen sem mentes ettől.

Még a végrehajtásakor legjobbnak ítélt és népszerű megoldás is idővel ugyanolyan kritika tárgya lehet, mint például amilyen manapság többen a 19. század nagy vízrendezési munkálatait kommentálják.

- Az itt bemutatott és hasonló problémák pályafutásunk során mindannyiunkra több és nem várt feladatokat róttak ki és fognak a jövőben is kiróni, mint gondolnánk.

Célok, értékek, de kihívások és veszélyek is egyre gyorsabban változnak. Mindezen trendeket nemcsak követni, hanem lehetőleg tudni is kell előre jelezni. A vízgazdálkodás nem csupán kitűnő műszaki képzettséget és szakudást igényel, hanem kommunikációs képességet és a szakterületek határain túlnyúló érdeklődésre és együttműködésre való készséget is.

- Bár a vízgazdálkodást a civilizáció alapjának tekinthetjük, mégis inkább a modern társadalom „hajszott szolgálója”, mintsem irányadója.

A jelenkor társadalmi törekvései megpróbálják a fenntarthatóságot, a jólét és a jól-lét elveit, céljait és gyakorlatát egyensúlyba hozni. Ebben az erősen szociális és politikai szempontok motiválta folyamatban az alapvető planetáris és ökoszisztéma szolgáltatások, köztük elsősorban a víz nem lesznek fontosságuknak és sérülékenységüknek megfelelően figyelembe véve (Bogardi és társai 2013). Az, hogy a vízgazdálkodás több, mint az ivóvízellátás vagy egyéb vízzel kapcsolatos társadalmi probléma műszakilag és közegészségügyileg elfogadható egyedi megoldása, magába foglalja annak szükségszerűségét, hogy a társadalom és a hidroszféra viszonya – szakértő hozzáállással – a fenntartható jövő stratégiai terveinek kidolgozásakor az egyik kiindulópont kell, hogy legyen.

A vízgazdálkodás a fenti felsorolás utolsó pontjában megfogalmazott újraértékelése és stratégiai szerepének ismerése nem csupán általános követelés, hanem minden vízgazdálkodással foglalkozó szakember számára egy kihívás, hogy a mondottak megvalósításában aktív szerepet vállaljon.

Mint elkötelezett szakembereknek célunk egy vízgazdálkodástól messzemenően eltérő vízgazdálkodás létrejötte és biztosított jövője.

Bogardi János előadásának, valamint Ijjas István és Reich Gyula hozzászólásának pdf változata a közlemény elektronikus változata mellett megtalálható.

IRODALOMJEGYZÉK

Andrianov, B.V. (2016). Ancient irrigation systems of the Aral Sea Area: The History, Origin, and Development of Irrigated Agriculture (oroszból fordítva), in Mantellini, S., Lamberg-Karlovsky, C.C., Tosi, M. editors: American School of Prehistoric Research Monograph Series, Oxbow Books, Oxford, Philadelphia

Bhaduri, A., Bogardi, J., Siddiqi, A., Voigt, H., Vörösmarty, C., Pahl-Wostl, C., Bunn, S., Shrivastava, P., Lawford, R., Foster, S., Renaud, F., Kremer, H., Bruns, A., Rodriguez Osuna, V. (2016). Achieving Sustainable Development Goals from a Water Perspective. *Frontiers in Environmental Science, Section Freshwater Science*. doi:10.3389/fenvs.2016.00064

BMBF – FONA (2010). Bundesministerium für Bildung und Forschung - Forum Nachhaltigkeit http://ressourcewasser.fona.de/reports/bmbf/annual/2010/nb/German/405040/-2_5_04-wassermanagement-an-der-wolga-eine-zukunft-fuer-europas-laengsten-fluss.html

Bogardi, J.J. (1990). Op weg naar integraal waterbeheer (Towards integrated water resources management). Inaugural address Wageningen Agricultural University, The Netherlands. p. 37.

Bogardi, J. (2010). From Questions to More Questions. From the 2nd GCI Workshop to the GCI Conference. In: Background Paper to the GCI Conference 2010 Bonn: The Global Dimensions of Change in River Basins: Threats,

Linkages and Adaptation. Supplement to Newsletter no. 9 of the Global Water System Project. pp. 6-8.

Bogardi, J.J. (2013). Globale Wandel und deren Konsequenzen für die Wasserwirtschaft – Hinweise aus dem Global Water System Project (GWSP) in Proceedings Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV) Seminar am 13 März 2013 Wien, Wasser, Energie und Klimawandel: Herausforderungen, Rahmenbedingungen und Chancen für die Wasserwirtschaft.

Bogardi, J.J. (2021). Water and the SDGs: Has science still to play a role? Thoughts and concerns by a water scientist. Available online at: <https://www.springer-nature.com/gp/researchers/sdg-programme/sdg6/janos-bogardi>

Bogárdi J (2022). Vízből vagyok vízzé leszek. Miért forog a víz körforgása körül a világ? OVF Vízügyi Tudományos Tanács Jövőépítés a vízgazdálkodásban sorozat 6. kötete. Typotex, Budapest p. 432.

Bogardi, J., Leentvaar, J., Nachtnebel, H.-P. editors (2012). River Basins and Change, Global Water System Project and UNESCO IHE, e-book, www.gwsp.org, p. 206. https://www.pseau.org/outils/ouvrages/gwsp_ihe_river_basins_and_change_2012.pdf

Bogardi, J., Fekete, B., Vörösmarty, C. (2013). Planetary boundaries revisited: a view through the ‘water lens’. Elsevier, *Current Opinion Environmental Sustainability* 2013 5. pp. 581-589. doi:10.1016/j.cosust.2013.10.006

Bogardi, J., Szöllösi-Nagy, A. (2021). A vízhez kapcsolódó kihívások: túl sok, túl kevés, túl szennyezett. (Water-related challenges: too much, too little, too polluted) pp. 29-63. in Kerekes S., Tardy, J. (Eds): Van jövőnk! Fiataloknak a fenntartható fejlődésről. (We have future! About sustainable development to the young). Magyar Természettudományi Társulat, p. 281.

Bogardi, J.J., Gupta, J., Nandalal, K.D.W., Salamé, L., van Nooijen, R.R.P., Kumar, N., Tingsanchali, T., Bhaduri, A., Kolechkina, A.G. (Eds.) (2021). Handbook of Water Resources Management: Discourses, Concepts and Examples. Springer, Cham, Switzerland, p. 810. doi:10.1007/978-3-030-60147-8

Borchardt, D., Bogardi, J., Ibisch, R. editors (2016). Integrated Water Resources Management: Concept, Research, and Implementation. Springer International Publishing, Cham, Switzerland p. 781. doi:10.1007/978-3-319-25071-7

Brookings Institute (2020). <https://www.brookings.edu/blog/africa-in-focus/2020/08/05/the-controversy-over-the-grand-ethiopian-renaissance-dam/>

Dai, A., Trenberth, K.E. (2002). Estimates of Freshwater Discharge from Continents: Latitudinal and Seasonal Variations. *Journal of Hydrometeorology* 3, p. 28. doi:10.1175/1525-7541(2002)003<0660:EOFDFC>2.0.CO;2

Egypt & Africa - Egyptian-Sudanese cooperation on Nile waters (sis.gov.eg) (<https://treaties.un.org/doc/Publication/UNTS/Volume%20453/volume-453-I-6519-English.pdf>)

- Falkenmark, M., Rockström, J.* (2006). The new blue and green water paradigm: Breaking new ground for water resources planning and management. *J. Water Resour. Plan. Manag.* pp. 129-132. doi:10.1061/(ASCE)0733-9496(2006)132:3(129)
- FAO* (1997). Irrigation Potential in Africa – A Basin Approach. *FAO Land and Water Bulletin No. 4.* Rome.
- FAO* (2023). Aquastat FAO's Global Information System on water and Agriculture. <https://www.fao.org/aquastat/en/>
- GWSP* (2010a). GWSP-GCI Workshop 17-20 February 2010 Bonn, Germany. water-future.org/gwsp-archive-gciworkshop2010/
- GWSP* (2010b). The Global Dimensions of Change in River Basins: Threats, Linkages and Adaptation. *Proceedings of the Conference held in Bonn, 6-8 December 2010*, p. 186.
- GWSP* (2012). GWSP-GCI Workshop 1-4 May 2012, Winnipeg, Canada. water-future.org/gwsp-archive-workshop2012-gci/
- Hoff, H.* (2011). Understanding the Nexus. Background Paper for the Bonn2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus. Stockholm Environment Institute, Stockholm
- Ibisch, R., Bogardi, J., Borchardt, D.* (2016). Integrated Water Resources Management: Concept, Research, and Implementation (Chapter 1 [Editorial] in the book edited by Borchardt, Bogardi and Ibisch) Springer International Publishing, Cham, Switzerland, pp. 3-34. doi:10.1007/978-3-319-25071-7_1
- Karthe, D., Bogardi, J.J., Borchardt, D.* (2021). Water Resources Management: Integrated and Adaptive Decision-Making pp. 365-381. Chapter 12 in Bogardi, J.J., Gupta, J., Nandalal, K.D.W., Salamé, L., van Nooijen, R.R.P., Kumar, N., Tingsanchali, T., Bhaduri, A., Kolehkina, A.G. (Eds.) 2021: Handbook of Water Resources Management: Discourses, Concepts and Examples. Springer, Cham, Switzerland, p. 810. doi:10.1007/978-3-030-60147-8
- Lawford, R., Bogardi, J., Marx, S., Jain, S., Pahl-Wostl, C., Knüppe, K., Ringler, C., Lansigan, F., Meza, F.* (2013). Basin perspectives on the Water-Energy-Food Security Nexus. *Elsevier, Current Opinion in Environmental Sustainability* 2013 5. pp. 607-616. doi:10.1016/j.coesust.2013.11.005
- Le Huy, B., Le, H., Xuan, H.N.* (2022). The Harmful Effect of the Hydro-Electric Dams Upstream of the Mekong River: Effect on the Ecosystems and Livelihoods of People in Mekong Delta, Vietnam. *Water Conserv. Sci. Eng.* 7, pp. 1-20. doi:10.1007/s41101-021-00112-1
- Leibniz Institut für Länderkunde* (2023). [Nationalatlas.de Archiv](https://nationaleatlantlas.de/Archiv)
- Leentvaar, J.* (2012). Contribution to the Dialogue between scientists and river basin managers: Documentation of a panel discussion at the GWSP GCI Conference in Bonn pp. 137-143 in Bogardi J., Leentvaar J., Nachtnebel H.-P. editors 2012: River Basins and Change, Global Water System Project and UNESCO IHE, e-book, www.gwsp.org. p. 206. https://www.pseau.org/outils/ouvrages/gwsp_ihe_river_basins_and_change_2012.pdf
- Magadza, C.H.D.* (2006). Kariba Reservoir: Experience and Lessons Learned *Wiley Journal Lakes and Reservoirs*, 11(4). doi:10.1111/j.1440-1770.2006.00308.x
- Magyar Királyi Földművelésügyi Minisztérium Vízrajzi Intézete* (1938). A Kárpátmedence vízborította és árvízjárta területei az ármentesítő és lecsapoló munkálatok megkezdése előtt (térkép)
- Mausser, W., Prasch, M. editors* (2016). Regional Assessment of Global Change Impacts. The Project GLOWA-Danube. Springer International Publishing, p. 670. doi:10.1007/978-3-319-16751-0
- Motlagh, M.* (2017). Prospects of Cooperation in Eastern Nile Basin: Case of Experimental Game Application. PhD dissertation, Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms Universität Bonn doi:10.5027/jnrd.v7i0.09
- Mettlach, M., Bhaduri, A., Bogardi, J.J., Ribbe, L.* (2017). The Role of Trust Building in Fostering Cooperation in the Eastern Nile Basin: A Case of Experimental Game application. *Journal of Natural Resources and Development* ISSN 0719-2452 Vol. 7, pp. 73-83. doi:10.5027/j.nrd.v7i0.09
- NEPAD* (2013a). Country Water Resource Profile Mozambique, p. 49.
- NEPAD* (2013b). Country Water Resource Profile Zambia, p. 24.
- Renaud, F., Bogardi, J.J., Dun, O., Warner, K.* (2007). Control, adapt or flee: How to face environmental migration? *InterSecTions*, No. 5. United Nations University, Institute for Environment and Human Security. p. 44.
- Renaud, F.G., Dun, O., Warner, K., Bogardi, J.* (2011). A decision framework for environmentally induced migration. *International Migration* 49(S1), pp. 5-29. doi:10.1111/j.1468-2435.2010.00678.x
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F. S. I., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., Wit, C. A. D., Hughes, T., Leeuw, S. V. D., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R. W., Fabry, V. J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. J., Foley, J. A.* (2009). Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecol. Soc.* 14. doi:10.5751/ES-03180-140232
- Rost, S., Gerten, D., Bondeau, A., Lucht, W., Rohwer, J., Schaphoff, S.* (2008). Agricultural green and blue water consumption and its influence on the global water system. *Water Resources Research*, Vol. 44 W09405, doi:10.1029/2007WR006331
- SADC* (2012). Regional Infrastructure Development Master Plan Water Sector Plan, p. 72.
- Schulze, R.* (2010). Participant Responses and Perceptions: A Summary and Perspective. In: Background Paper to the GCI Conference 2010 Bonn: The Global Dimensions of Change in River Basins: Threats, Linkages and

Adaptation. pp. 1-6. Supplement to Newsletter no. 9 of the Global Water System Project

Sikora, R.A., Terry, E.R., Vlek, P.L.G., Chitja, J. (Editors) (2019). Transforming Agriculture in Southern Africa: Constraints, Technologies, Policies and Processes (Earthscan Food and Agriculture) pp. 36-44. Routledge, Taylor-Francis Group, p. 346. doi:10.4324/9780429401701

Trenberth, K. E., Smith, L., Qian, T., Dai, A., Fasullo, J. (2007). Estimates of the Global Water Budget and Its Annual Cycle Using Observational and Model Data. *J. Hydrometeorol.* 8, pp. 758-769. doi:10.1175/JHM600.

Tischbein, B., Bekchanov, M., Lamers, J.P.A., Kumar, N., Schwärzel, K., Zhang, L., Avellán, T., Awan, U.K., Akhtar, F., Bhaduri, A., Bogardi, J.J., Wang, Y., Yu, P., Bui, A., Nevado Amell, M., Tesch, L., La Barca Pedrosa, L., Mariano, R., Balachandran, S., Brüggemann, K. (2021). Examples of Water and Land Use Management pp. 565-617. Chapter 19 in Bogardi, J.J., Gupta, J., Nandalal, K.D.W., Salamé, L., van Nooijen, R.R.P., Kumar, N., Tingsanchali, T., Bhaduri, A., Kolechkin, A.G. (Eds.) (2021). Handbook of Water Resources Management: Discourses, Concepts and Examples. Springer, Cham, Switzerland, p. 810. doi:10.1007/978-3-030-60147-8_19

UNESCO (2000). Water-related vision for the Aral Sea Basin for the year 2025. p. 237. English and Russian <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000126259?1=null&queryId=1a7dc4bc-c54b-4b68-a86d-57b0fb0a5c3e>

UNESCO (2004). The Volga vision: UNESCO's interdisciplinary initiative for the sustainable development of the Volga-Caspian Basin p. 144. English and Russian. <https://unesdoc.unesco.org/search/8244cb88-e663-422e-a2eb-e1691754c03e>.

United Nations (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. www.un-docs.org/A/RES/70/1

UN Water (2018) SDG 6 Synthesis Report 2018 on Water and Sanitation <https://www.unwater.org/publications/highlights-sdg-6-synthesis-report-2018-on-water-and-sanitation-2/>

Vlek, P.L.G., Tamene, L., Bogardi, J. (2019). Land rich but water poor: the prospects for agricultural intensification in Southern Africa. In Sikora, R.A., Terry, E.R., Vlek, P.L.G., Chitja, J. (Editors) 2019: Transforming Agriculture in Southern Africa: Constraints, Technologies, Policies and Processes (Earthscan Food and Agriculture) pp. 36-44. Routledge, Taylor-Francis Group, p. 346. doi:10.4324/9780429401701

Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (2023). https://www.wsa-oberrhein.wsv.de/Webs/WSA/Oberrhein/DE/1_Wasserstrasse/Bauwerke-und-Unterhaltung/Geschiebezuge/std_node.html

Wikipédia (2023a). https://en.wikipedia.org/wiki/Aydar_Lake

Wikipédia (2023b). <https://hu.wikipedia.org/wiki/Aral-tó>

Wikipédia (2023c). https://hu.wikipedia.org/wiki/Foly%C3%B3k_list%C3%A1ja_v%C3%A1Dzhozam_szerint

Wikipedia (2023d). https://en.wikipedia.org/wiki/Tonl%C3%A9_Sap

Wikipédia (2023e). https://www.123rf.com/photo_55224015_aerial-view-victoria-falls-zambezi-river-zimbabwe-africa.html

Zsuffa, I., Szöllösi-Nagy, A., Bogárdi, J. (2023). Insula Insolita – Szigetköz és Bős-Nagymaros párhuzamos története. *Hidrológiai Közlöny* 103. évfolyam, 2. szám. pp. 4-23. doi:10.59258/hk.11537

A SZERZŐ



BOGÁRDI JÁNOS 1969-ben szerzett építőmérnöki és 2019-ben arany diplomát a Budapesti Műszaki Egyetemen. 1971-ben a Padovai Egyetemen (Olaszország) nyert posztgraduális diplomát hidrológiából. Mérnök-doktori képzését (Dr.-Ing.) a németországi Karlsruhei Egyetemen szerezte 1979-ben. Asszisztensként dolgozott a BME Vízgazdálkodási Tanszékén (1969-1971) majd a Karlsruhei Egyetemen (1974-1979), ahol 1980-1983 között senior kutató is volt. Több éven át működött konzultánsként Németországban és Afrikában (1971-1973 és 1983-1985). 1985 és 1988 között az Asian Institute of Technology (AIT, Thaiföld) docense (associate professor). 1989 és 1995 között a Wageningen-i Mezőgazdasági Egyetem tanszékvezető egyetemi tanára. 1995-től 2003-ig az UNESCO főmunkatársa és a Fenntartható Vízgazdálkodás Szekció vezetője Párizsban. 2003 és 2009 között az ENSZ Egyetemének bonni Környezet és Emberi Biztonság (UNU-EHS) intézetének alapító igazgatója. 2007-2009 között az UNU európai vicerektora. 2009-től 2012-ig a Bonni Egyetem Fejlesztéskutatási Központján (ZEF) belül működő nemzetközi Global Water System Project (GWSP) végrehajtó igazgatója. 2004-től a Bonni Egyetem Mezőgazdasági Karának kooptált professzora. 2012 óta a ZEF kiemelt munkatársa. 2016-tól az AIT megkülönböztetett vendégprofesszora. 2017 óta a községi Felsőfokú Tanulmányok Intézetének tudományos tanácsadója, 2022-től a mexikói Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) tiszteletbeli vendégprofesszora. Több mint 200 tudományos publikáció szerzője vagy társszerzője. Több, főleg közép európai egyetem kitüntetettje. A Varsói Mezőgazdasági Egyetem (1996), a BME (1997) és a Nizsnij Novgorodi Állami Építészeti és Építőmérnöki Egyetem tiszteletbeli doktora (Dr.h.c.). 2008-ban a Cannes-i nemzetközi Vízdíj (Grand Prix des Lumières de l'Eau) kitüntetettje. 2022-ig az MHT Hidrológiai Közlöny szerkesztőbizottsági tagja. 2017 óta a MHT külföldi tiszteleti tagja.