

HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY

<https://doi.org/10.59258/HK>



A MAGYAR HIDROLÓGIAI TÁRSASÁG LAPJA • 103. ÉVF. 3. SZÁM • 2023
HUNGARIAN JOURNAL OF HYDROLOGY • VOL 103. No. 3. • 2023



A HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY ELŐFIZETÉSE

A http://www.hidrologia.hu/mht/index.php?option=com_jellap15&Itemid=209 címen található űrlap kitöltésével és visszaküldésével megrendelhető nyomtatott formában a Magyar Hidrológiai Társaság szaklapja, a Hidrológiai Közlöny.

A kiadvány 2023. évi előfizetői díjai az alábbiak:

cégeknek 1-4. szám: 12 000 Ft/év

egyéni tagoknak 1-4. szám: 4 800 Ft/év

(Az árak az 5% áfát tartalmazzák.)



Hidrológiai Közlöny

A Magyar Hidrológiai Társaság lapja
Megjelenik háromhavonként

Főszerkesztő

Major Veronika

Főszerkesztő-helyettes és olvasószerkesztő

Konecsny Károly

Szakszerkesztő

Ács Éva

Szerkesztőbizottság elnöke

Szöllősi-Nagy András

Szerkesztőbizottság tagjai

Ács Éva, Bakonyi Péter, Baranyai Gábor, Baross Károly, Bíró Tibor, Bódis Gábor, Bozán Csaba, Csörnyei Géza, Engi Zsuzsanna, Fehér János, Fejér László, Gayer József, Hajnal Géza, Honti Márk, Ijjas István, Józsa János, Kerekesné Steindl Zsuzsanna, Keve Gábor, Kling Zoltán, Konecsny Károly, Koris Kálmán, Kovács Sándor, Licskó István, Major Veronika, Melicz Zoltán, Nagy László, Rákosi Judit, Rátky István, Román Pál, Szilágyi Ferenc, Szlávik Lajos, Szűcs Péter, Tamás János, Ungvári Gábor

Kiadó

Magyar Hidrológiai Társaság
1091 Budapest, Úllői út 25. IV. em.
Tel: +36-(1)-201-7655
Fax: +36-(1)-202-7244
E-mail: titkarsag@hidrologia.hu
Honlap: www.hidrologia.hu
A Kiadó képviselője: Váradi József, a Magyar Hidrológiai Társaság társelnöke



Indexelik

OJS, REAL, ROAD, COMPASS,
MATARKA
HU ISSN 0018-1323,
ISSN 2939-8495 (Online)

Tartalomjegyzék

Major Veronika: Előszó	3
TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK	
Bogárdi János: 50+ év vízgazdálkodása és vízgarázdálkodása, nemzetközi nagy folyók példáin	4
Füstös Vivien, Erős Tibor, Józsa János: Folyó-hullámtér konnektivitás értékelése kétdimenziós hidrodinamikai modellezés alapján	21
Török Sebestyén Dániel, Torma Péter, Weidinger Tamás: A Balaton üledék-víz határfelületén zajló hőcsere jellemzése és hatása	33
Négyesi Klaudia, Nagy Eszter Dóra: Esemény alapú csapadék-lefolyás modellezés különböző típusú csapadékatok használatával	44
Tran Quang Hop: Két alföldi kisvízgyűjtő éves vízmérlegének meghatározása mért és modellezett adatok alapján	54
FÓRUM	
Tamás János, Nagy Attila: A Tiszántúl területi integrált vízgyűjtőgazdálkodási problémáinak és megoldási lehetőségeinek azonosítása, a Tisza-Körös völgyi Együttműködő Vízgazdálkodási Rendszer (TIKEVIR) hatásterületén	64
TÖRTÉNELMI PILLANATKÉP	
Konecsny Károly: Hetven éve szervezték újra az egységes vízügyi szolgálatot. A Nyíregyházi Vízügyi Igazgatóság 1953. évi megalakulásának előzményei és kezdetei	68
Fejér László, Major Veronika: A Magyar Hidrológiai Társaság elnökei	80
ESEMÉNYEK	
Major Veronika: A Magyar Hidrológiai Társaság XL. Országos Vándorgyűlése	84
NEKROLÓG	
Nagy István – Rákosi Judit, Ress Sándor és Tombác Endre megemlékezése	87
Dr. Szeifert Gyula – Szlávik Lajos és Bodnár Gáspár megemlékezése	88



Hungarian Journal of Hydrology

Journal of the Hungarian Hydrological Society
Published quarterly

Editor-in-Chief

Veronika MAJOR

Deputy Editor-in-Chief and Copy Editor

Károly KONECSNY

Assistant Editor

Éva ÁCS

Editorial Board Chairman

András SZÖLLŐSI-NAGY

Editorial Board Members

Éva ÁCS, Péter BAKONYI, Gábor BARANYAI, Károly BAROSS, Tibor BÍRÓ, Gábor BÓDIS, Csaba BOZÁN, Géza CSÖRNYEI, Zsuzsanna ENGI, János FEHÉR, László FEJÉR, József GAYER, Géza HAJNAL, Márk HONTI, István IJJAS, János JÓZSA, Zsuzsanna KEREKESNÉ STEINDL, Gábor KEVE, Zoltán KLING, Károly KONECSNY, Kálmán KORIS, Sándor KOVÁCS, István LICSKÓ, Veronika MAJOR, Zoltán MELICZ, László NAGY, Judit RÁKOSI, István RÁTKY, Pál ROMÁN, Ferenc SZILÁGYI, Lajos SZLÁVIK, Péter SZÚCS, János TAMÁS, Gábor UNGVÁRI

Publisher

Hungarian Hydrological Society
H-1091 Budapest, Üllői út 25., Hungary
Phone: +36-(1)-201-7655,
Fax: +36-(1)-202-7244
Email: titkarsag@hidrologia.hu
Web: www.hidrologia.hu
Represented by: József VÁRADI, Co-President of the Hungarian Hydrological Society



Indexed in

OJS, REAL, ROAD, COMPASS,
MATARKA
HU ISSN 0018-1323
ISSN 2939-8495 (Online)

Contents

Veronika MAJOR: Foreword 3

SCIENTIFIC PAPERS

János BOGÁRDI: 50+ years of water management and mismanagement, examples of international large rivers 4

Vivien FÜSTÖS, Tibor ERŐS, János JÓZSA: Assessing river-floodplain connectivity based on two-dimensional hydrodynamical modelling 21

Sebestyén Dániel TÖRÖK, Péter TORMA, Tamás WEIDINGER: Characterization and impact of heat exchange at the sediment-water interface in Lake Balaton 33

Klaudia NÉGYESI, Eszter Dóra NAGY: Event-based rainfall-runoff modelling using precipitation data from various sources 44

Hop Quang TRAN: Determination of the annual water balance of the two Hungarian lowland watersheds based on measured and modelled data 54

FORUM

János TAMÁS, Attila NAGY: Identification of integrated watershed management problems and solution options in Tiszántúl, within the impact area of the Tisza-Körös Valley Cooperative Water Management System (TIKEVIR) 64

HISTORICAL SNAPSHOT

Károly KONECSNY: Seventy years ago, the unified Hungarian water service was reorganized. The history and beginnings of the establishment of the Nyíregyháza Water Directorate in 1953 68

László FEJÉR, Veronika MAJOR: Presidents of Hungarian Hydrological Society 80

EVENTS

Veronika MAJOR: The XL. Annual National Conference of the Hungarian Hydrological Society 84

OBITUARY

István NAGY – Commemoration by Judit RÁKOSI, Sándor RESS and Endre TOMBÁCZ 87

Dr. Gyula SZEIFERT – Commemoration by Lajos SZLÁVIK and Gáspár BODNÁR 88

Cover photo: Győr, the city of waters
(Photo: <https://gyor.hu>)

Előszó



A Hidrológiai Közlöny újabb fontos mérföldkőhöz érkezett. A folyóiratot az MTMT Repozitóriummínősítő Szakbizottsága 2023. júniusi ülésén minősített folyóiratnak fogadta el. A Bizottság megállapította, hogy a folyóirat publikálásának technikai gyakorlata megfelelő. A tartalom, a nyilvánosság és a minőségbiztosítás tekintetében is megfelel a Bizottság által megfogalmazott elvárásoknak. Folyóiratunk a keresőszolgáltatásban (<http://oaikereso.sztaki.hu/kereso/index.php?type=1>) és a Compass lelőhelyadatbázisban is kereshetővé vált (<https://compass.mtak.hu/>). Büszkén helyeztük el a minősítési bélyegzőt a címlapunkon.

A Hidrológiai Közlöny 103. évfolyam (2023) 3. számának első közleménye igazi szakmai kuriózummal szolgál. *Bogárdi János* „50+ év vízgazdálkodása és vízarzékeltetése, nemzetközi nagy folyók példáin” című, a Magyar Hidrológiai Társaság külföldi tiszteleti tagjává avatása alkalmából tartott székfoglaló előadásának írásos, szerkesztett változatát tesszük közzé. Sőt mi több, az előadás, valamint *Ijjas István* és *Reich Gyula* hozzászólásának pdf változata a közlemény elektronikus változata mellett megtalálható.

Füstös Vivien, *Erős Tibor* és *Józsa János* a Gemenci-erdő és a Béda-Karapancsa hullámterein végzett átfogó morfológiai kutatás alapján mérték fel a területet, majd erre alapozva tettek javaslatot egy hosszútávon fenntartható állapot kialakítására. A szerzők a „Folyó-hullámtér konnektivitás értékelése kétdimenziós hidrodinamikai modellezés alapján” című közleményükben ismertetik a hidrodinamikai modellek első eredményeit, példát hozva a keresztirányú átjárhatóság (laterális konnektivitás) értékelésére, valamint bemutatva az árvízi kockázatkezelésből ismert vízmélység-vízsebesség alapú besorolási rendszert.

Török Sebestyén Dániel, *Torma Péter* és *Weidinger Tamás* hiánypótló közleményükben mutatják be a Balaton üledék-víz határterületén lezajló hőcserét és annak hatását. A hosszú időciklusú mérésekből levonható következtetések újszerűek, azok további felhasználása fontos a víz kémiai és biológiai tulajdonságainak értékelésekor.

Négyesi Klaudia és *Nagy Eszter Dóra* az „Esemény alapú csapadék-lefolyás modellezés különböző típusú csapadékatok használatával” című közleményükben felteszik a kérdést: a kezelhetőség, a felbontás, a lefolyási hánnyadok szórása és a kalibrálhatósági szempontok alapján hogyan alkalmazhatóak a különböző csapadékatok? A választ a közlemény adja meg!

Tran Quang Hop két alföldi kisvízgyűjtőn mért havi adatok felhasználásával hasonlítja össze a ténylegesen mért adatokból, statisztikai és hidrológiai számítással származtatott vízmérleget a csapadék-lefolyási (MIKE

NAM), valamint a hidrodinamikai (MIKE Hydro River) modellekkel számított eredményekkel. A közlemény rávilágít a modellek alkalmazhatóságára és megmutatja, hogy a modellszimulációs eljárás is alkalmas arra, hogy kiegészíthessük az adathiányos vízgyűjtőkön a felszíni vízkészletek statisztikai értékelését.

A FÓRUM rovatban *Tamás János* és *Nagy Attila* a „Trendek és kihívások a területi vízgazdálkodásban” címmel tartott tudományos szakmai konferenciáról számol be „A Tiszántúl területi integrált vízgyűjtőgazdálkodási problémáinak és megoldási lehetőségeinek azonosítása, a Tisza-Körös völgyi Együttműködő Vízgazdálkodási Rendszer (TIKEVIR) hatásterületén” című közleményében.

TÖRTÉNELMI PILLANATKÉP rovatunkban *Konecsny Károly* a vízügyi szolgálat 70 éves évfordulója alkalmából történetének egy szeletét, az országos intézményi kereteit és az újonnan létrehozott igazgatóság szervezeti, illetve szakembergárdáját mutatja be a „Hetven éve szervezték újra az egységes vízügyi szolgálatot. A Nyíregyházi Vízügyi Igazgatóság 1953. évi megalakulásának előzményei és kezdetei” című dolgozatában. Ugyancsak ebben a rovatban a Magyar Hidrológiai Társaság 2023-ban történt elnökváltása kapcsán mutatjuk be a szakma kiválóságait képviselő eddigi elnököket és közreadjuk az új társelnökök terveit.

Az ESEMÉNYEK rovatban beszámolunk a Magyar Hidrológiai Társaság Győrött rendezett XL. Országos Vándorgyűléséről, a díjátadásokról, továbbá a szekciókban végzett munkáról.

A NEKROLÓG rovatban búcsúzunk *Nagy Istvántól*, az ÖKO Zrt. munkatársától, kinek nevéhez olyan kitűnő projektek fűződnek, mint a Ráckevei (Soroksári)-Dunaág vízgazdálkodásának, vízminőségének javítását célzó projekt tervezési, környezetvédelmi és vízjogi engedélyezési feladatai és megvalósíthatósági tanulmánya, vagy a „Duna-Tisza közti Homokhátság mintaprojekt” vezetése. Elköszönünk továbbá *dr. Szeifert Gyulától*, kinek egész szakmai életpályája a vízügyi szolgálathoz kötődik. 1954-ben lépett a Nyíregyházi Vízügyi Igazgatóság kötelékébe, ahol mint mérnök, szakaszmérnök, osztályvezető, igazgatóhelyettes főmérnök, majd vízügyi igazgató tevékenykedett. 1985-1986-ban az Országos Vízügyi Hivatalban a Vízgazdálkodási Főosztály helyettes vezetője, majd nyugdíjazásáig, 1991-ig az Árvízvédelmi és Vízrendezési Főosztály vezetője volt.

Köszönetemet fejezem ki a szerzőknek, a bírálóknak és a szerkesztőbizottságnak, hogy munkájukkal segítették a kötet megjelenését.

Dr. Major Veronika
a Hidrológiai Közlöny főszerkesztője

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 kitérve, 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 javaslatjai, 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 félő, 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 túllegettetés 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 „szakemberibben” 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 meglepő 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-

dolgoztatóbb, 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-ket, 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.

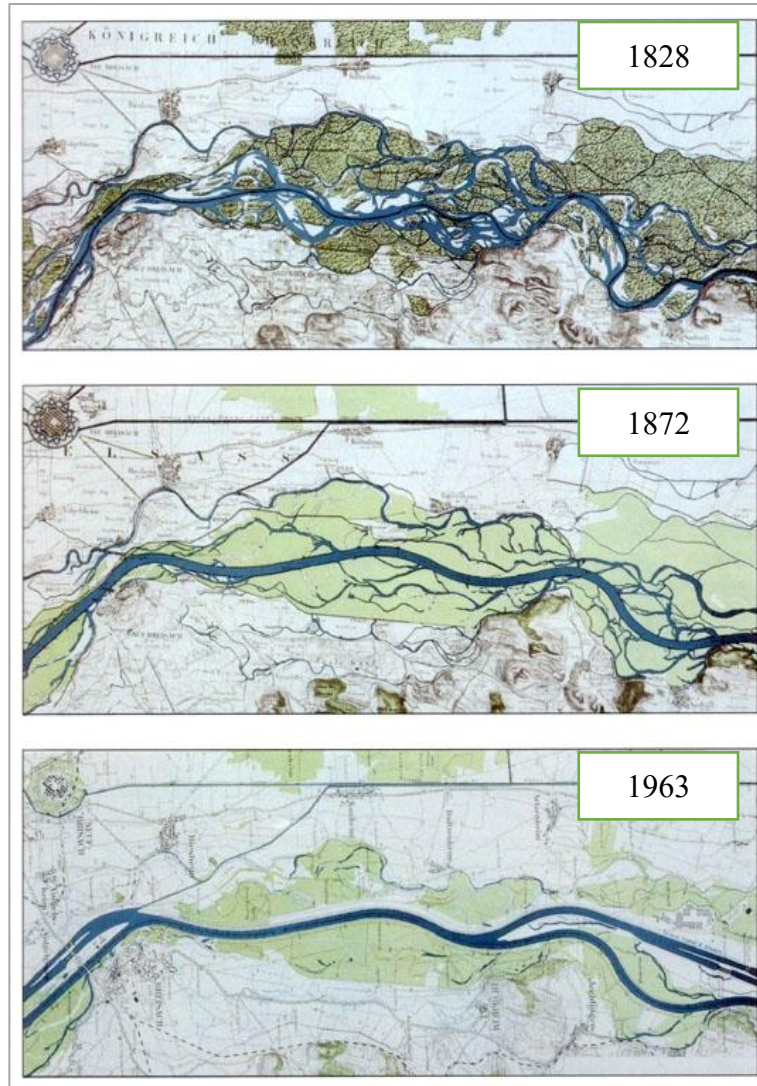
A Rajna

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 bemerevített 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 Karlsruheban 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 meghökkenítő, 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 aényt is, hogy számos, a hallgatóság soraiban ülő kollégával szemben a Duna-völgyi tapasztalataim messze nem elegendők 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 alpokai 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 közepéig (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 ikarájából 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-orosz 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 Rajnánál – 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 cserekereskedelem 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 térfogatból 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

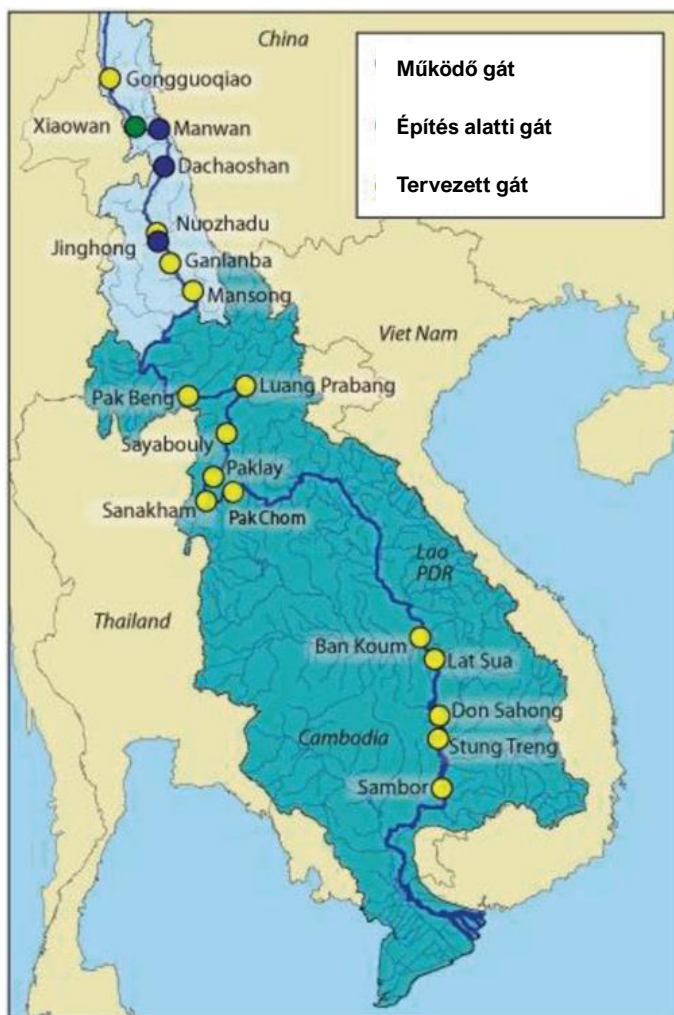
folyó vízhozam-rezsimjét döntően befolyásolhassák.

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 vízzsállításának 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. Milyen hamar 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. Etiópi lakosságának nagyságát tekintve Egyiptommal összehasonlítható, noha messze nem annyira fejlett ország. Etiópi is – érthetően – igényt tart vízkészletei és vízerő-potenciáljának kihasználására. Így a legvalószínűbb Nílus-völgyi vízkonfliktus leszűkül az úgynevezett keleti medencére, Etiópi, 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 határközeli helyzetéből kiindulva hihető is), Egyiptom mégis erősen ellenzi a GERD üzembevételét (*Brookings Institute 2020*). Megemlítendő, hogy csupán a 74 km³ 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 m³ tározókapacitás jutott egy lakosra. A GERD üzembevételével ez az érték 660 m³/lakosra nő meg, egy érték, ami a szembetűnő 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 koncentrálódik. 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 példájaként említendő, hogy a már létező kulestározók hivatalos feladata kizárólag az elektromos energia generálása. Ez a jövőre nézve azt jelenti, hogy az esetleg szükségessé váló öntözővízek 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 folyóvölgy őslakossága, amely a visszahúzódó árvizeket követő úgy nevezett recession agriculture-t, recessziós mezőgazdaságot gyakorolta, a folyóvölgy 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 Zambézihoz 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 „végrehajtok” 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 égnek. 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 tényt, 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 „hajszojt szolgálja”, mintsem irányadója.

A jelenkor társadalmi törekvései megpróbálják a fenntarthatóság, 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 elismerése 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 Vízügyi Intézete* (1938). A Kárpátmedence vízborította és árvízjárta területei az ármentesítő és lecsapoló munkálatok megkezdése előtt (térkép)
- Mauser, 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., Brüggermann, 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., Kolechikina, 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 szénior 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 kitüntetője. 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) kitüntetője. 2022-ig az MHT Hidrológiai Közlöny szerkesztőbizottsági tagja. 2017 óta a MHT külföldi tiszteleti tagja.

Folyó-hullámtér konnektivitás értékelése kétdimenziós hidrodinamikai modellezés alapján

Füstös Vivien^{1,2}, Erős Tibor^{2,3}, Józsa János^{1,4,5}

1 Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, Budapest (e-mail: fustos.vivien@emk.bme.hu)

2 Eötvös Loránd Kutatási Hálózat, Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, Tihany

3 Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium, Eötvös Loránd Kutatási Hálózat, Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, Tihany

4 ELKH-BME Vízgazdálkodási Kutatócsoport, Budapest

5 Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, Budapest

[DOI:10.59258/HK.12331](https://doi.org/10.59258/HK.12331)



Kivonat

A Gemenci-erdő és Béda-Karapancsa területek hullámterei nagy kiterjedésük okán (is) kiemelt természeti értéket képviselnek. A Duna és a mellékágak mederszintjei között az elmúlt időszak süllyedési és feltöltődési folyamatai nyomán egyre nő a különbség, ami beavatkozás nélkül súlyos ökológiai következményeket vetít előre. Egy átfogó morfológiai kutatás keretében célul tűztük ki a jelen állapot felmérését, majd erre alapozva javaslatot teszünk egy hosszútávon fenntartható állapotra. A kutatás köztes lépésében ismertettük a hidrodinamikai modellek első eredményeit, példát hozunk a keresztirányú átjárhatóság (laterális konnektivitás) értékelésére. Bemutatjuk az árvízi kockázatkezelésből ismert vízmélység-vízsebesség alapú besorolási rendszert, amely jelen alkalmazásában jól megfeleltethető a szubjektív besoroláson alapuló potamális osztályozás típusainak. A modell a további, részletes terepi felmérések adatain alapulóan finomításra szorul. Azonban a bemutatott módszertan segíthet a jelen állapot értékelésében és fontos információval szolgál jövőbeni hatásvizsgálatok alapozásához, mind hidrodinamikai, mind ökológiai vonatkozásban.

Kulcsszavak

Élőhely-hidraulika, utófeldolgozás, keresztirányú átjárhatóság, mellék- és holtágak, összehasonlítás.

Assessing river-floodplain connectivity based on two-dimensional hydrodynamical modeling

Abstract

The Danube floodplains Gemenc-forest and Béda-Karapancsa in Hungary hold high natural value, (also) due to their great spatial extent. The bed levels of the Danube River and of the side-arms are slowly drawing away from each other, which is caused by their continuous deepening and silting, respectively. Without further measures, this forecasts severe ecological consequences. A running morphodynamic research aims to reveal the current condition and to suggest a long-term maintainable state. Hereby we present the first results of the hydrodynamical simulations and give an example on assessing the lateral connectivity. We apply a classification method used previously in flood hazard assessment, based on water depths and flow velocities. The categories of this method seem to correspond to the potamal classes, which tend to be less-explicitly applicable. Some refinement is still due, regarding the digital terrain model data. However, the methodology presented here can support assessing present conditions and it provides information for the impact analysis of any future intervention, concerning sheer hydrodynamics or ecohydraulics as well.

Keywords

Ecohydraulics, post-processing, lateral connectivity, side arms and oxbow lakes, comparison.

BEVEZETÉS

Az árvízvédelmi töltések megépítésével a folyókról szűkszerűen leválasztották az ártereik egy részét, létrejött a mentett oldal és a hullámtér fogalma. A töltések közé szorított folyók árvízszintjei ezután növekedni kezdtek (VITUKI Hungary-BME 2013), erre halmozódtak az egyre inkább a klímaváltozás hatásaként értelmezett, mind gyakrabban előforduló szélsőséges hidrológiai események (extrem árvizek és aszályok). Mindezek jól rávilágítanak a „teret a folyónak” elv jelentőségére (Láng 2017), amellyel összetett hatás érhető el: a víz szétterülésével alacsonyabb vízszintekkel vonul le az árvíz, az oldalágakban, morotvákban pedig nagyobb felületen mehet végbe a beszívargás, vízvisszatartás, amely az aszály súlyosságát enyhítheti. A fentiek miatt is kiemelt fontosságú az olyan területek fenntartása és védelme, ahol ez a tér adott, mert a jelenlegi hullámtér jórészt megegyezik a történelmi ártérrel (vö. „pocsolyatérkép”): mint amilyen a Gemenci-erdő és Béda-Karapancsa a Duna mentén.

A hasonló, mellékágakkal, holtágakkal átszótt hullámterek nemcsak a vízháztartásban, hanem ökológiai értelemben is hangsúlyos szereppel bírnak. A folyók főmedrével célszerűen rendszerben kezelendők, a két elem kölcsönös egymásra utaltsága miatt: a folyami vizes élőhelyek változatosságát növeli a kapcsolódó hullámtéri vízi környezet (Lasne és társai 2007), a hullámtéri biológiai sokféleség fennmaradásához pedig szükséges a folyókból származó időszakos elöntés (Junk és társai 1989, Schöll és társai 2009). Ez a rendszerszemlélet a folyók síkvidéki szakaszán kialakuló vizes élőhelyek potamális osztályozásában is megjelenik (1. táblázat), ahol a tipizálás alapja a főmederrel való összeköttetés létrejöttének gyakorisága (Ward és Stanford 1995, Potyó és Guti 2011, Farkas-Iványi és Trájer 2015, Freshwaterecology adatbázis). Ugyanakkor az idézett forrásokból is kitűnik, hogy a definíciók nem teljesen egységesek, értelmezésükben teret adnak kismértékű szubjektivitásnak. A jövőben szükségessé válhat akár ezek robusztusabb újraértelmezése és egy új osztályozási rendszer bevezetése.

1. táblázat. Folyókához kötődő vízi élőhelyek főbb típusai és definícióik (Potyó és Guti 2011)
Table 1. Main categories and definitions of river-floodplain habitat types (Potyó and Guti 2011)

Típus neve	Meghatározás
Eupotamon (A, B)	A folyó főága (A) és az állandó kapcsolátú mellékágak (B)
Parapotamon (A, B)	A főággal alvízi kapcsolátú mellékág, felvízen kavicsos-homokos üledékkel (A) vagy fás növényzettel fedett üledékkel (B) elzárva
Plesiopotamon	A főág közelében lévő holtág, időszakos vízáramlással
Paleopotamon	Távolabbi holtág, ritka a főággal való kapcsolat

A folyó és hullámtere közti vízforgalom numerikus modellezésének fejlődése követte a számítógépek kapacitásának növekedését. Míg korábban e feladatok tankönyvi példái voltak az egydimenziós-kétdimenziós (1D-2D) összekapcsolt modellezés alkalmazásának (Bakonyi és társai 1999, Krámer és társai 1999, Morales-Hernández és társai 2013), mostanság emellett már leginkább 2D-s (Maaß és Schüttrumpf 2019, Chen és társai 2020, Timbadiya és Krishnamraju 2023) és olykor 3D-s számításokkal írják le az elöntési folyamatokat, akár több ezer km²-es modellezési tartományon (Li és társai 2018). Ezt a ma már szélesebb körben elérhető, pontosabb alapadatok is lehetővé, egyúttal értelmessé teszik, mint pl. a távérzékelés útján rögzített nagyfelbontású (LiDAR) domborzati adatok (Teng és társai 2015). A legtöbbször diszkrét pontokban, esetleg keresztmetszvények, függvények mentén végrehajtott terepi felmérésekhez képest egy 2-3D hidrodinamikai modellezéssel előállított eredményező előnye a nevében szereplő mezőszerű folytonosság, ami nagyban hozzájárul a számított jellemzők szerinti minősítéshez, kategorizáláshoz (Liang és társai 2020). (Ugyan a többsugaras [multi-beam] pásztázó eszközök használatával a fent említett előny egyre fogy, alkalmazásuk azonban hajózhatóságot kíván, így leggyakrabban nem alkalmas a hullámtéri kisebb, sekélyebb víztestek vizsgálatára (Baranya és társai 2016)). Egy jól felépített hidrodinamikai modellel egyaránt elvégezhető a jelen állapot leírása, illetve bármilyen beavatkozás hatásvizsgálata (Guida és társai 2015).

A hidrodinamikai modellezés kiegészíthető a hordalék-dinamikai folyamatok leírásával is, ez pedig elemi szükségletű a folyó-hullámtér komplex kölcsönhatásrendszer fenntartási kérdéseiben. A nagyobb árhullámok levonulása során a hullámtéren kiüledhet a hordalék, ezzel emelkedik a mellékágak, holtágak meder- és küszöbszintje. Amennyiben ezzel együtt a főmeder is mélyül, az a vízszintek csökkenésén keresztül tovább fokozza a szintkülönbséget. Mindezek eredményeképpen csökken a keresztirányú átjárhatóság (laterális hidrológiai konnektivitás (Amoros és Roux 1988, Kondolf és társai 2006, Magyarország vízgépjűtő-gazdálkodási tervének második felülvizsgálata 2021)), ami hosszútávon jelentős, kedvezőtlen ökológiai következményekkel járhat (Ward és Stanford 1995). Folyamatorientált tervezéssel az efféle jelenségek az azokat előidéző folyamatok célszerű megváltoztatásával, tartósan és fenntarthatóan fordíthatók vissza (Kondolf és társai 2006, Beechie és társai 2010). Ehhez szükséges a hor-

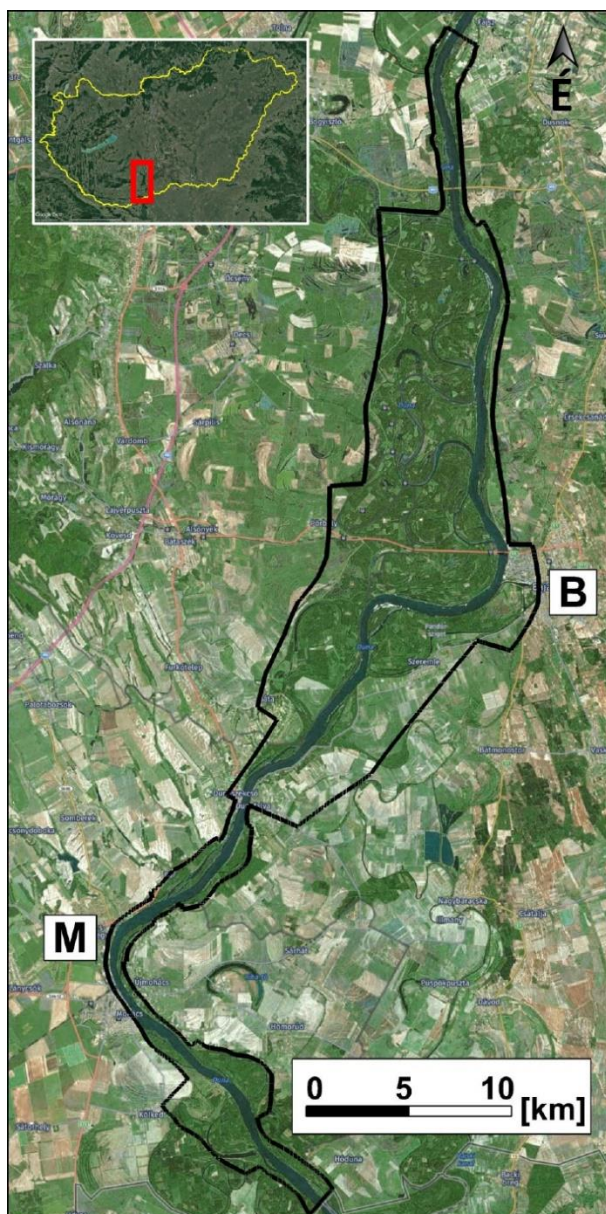
dalékvándorlás megismerése, vizsgálata, annak a tervezésbe történő integrálása (Maaß és Schüttrumpf 2019, Gilbert és Wilcox 2020).

Az alábbiakban a Duna és hullámtere magyarországi alsó szakaszának (Gemenci-erdő és Béda-Karapancsa) vízborítottságát vizsgáljuk különböző vízjárási állapotokban, 2D hidrodinamikai modellezésre alapozva. Példákat hozunk a laterális hidrológiai konnektivitás számszerűsítésére, a hullámtér víztestjeinek osztályozására, valamint különböző, a modelleredményből származtatott változók térképi megjelenítésére. A bemutatott munka egy köztes lépésként, tesztalkalmazásként értelmezendő, amellyel átfogó célunkat készítjük elő. A kutatás folytatásaként egy összetett, hidro- és morfológiai modellt fogunk építeni a vizsgált területre, amelynek eredményei alapján javaslatot tehetünk egy önfenntartó állapotra, az ökológiai és társadalmi igényeket egyaránt figyelembe véve.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgált terület

A Duna magyar szakaszának déli részén, az 1 507-es és 1 433 (déli országhatár) folyamkilométer-szelvények között (ADUVIZIG hajóút-kitűzési terv 2022) mintegy 75 km hosszú, árvízvédelmi töltésekkel határolt, nagyjából 220 km² területen (Google Earth) végeztük a vizsgálatainkat; az elhelyezkedést szemlélteti az 1. ábra. (A fekete körvonallal határolt tartomány a modellszámítási rácsháló határait mutatja, ami nagyobb kiterjedésű, mint a 220 km²-es folyami és hullámtéri terület.) A folyó közepes vízhozama Bajánál 2 435 m³/s-ra adódik, átlagos mélysége ebben az esetben 5-6 m (Goda és társai 2007). A szakasz főbb betáplálása a Sió-csatorna, amelynek átlagos vízhozama azonban a vízügyi adatok alapján a Duna közepes vízhozamának 1%-a alatt marad. A Duna magyar szakaszára jellemző medersüllyedés itt is észlelhető (Kalocsa és Zsuffa 1997, Habersack és társai 2016), a mértéke a Dombori és Mohács közötti kisvízszintek alakulása nyomán mérések szerint nagyjából 1 m volt 1966 és 2004 között (Goda és társai 2007). Ez a tendencia ezután is fennállt (Nagy és Kiss 2016), amely alapján a folyamat feltehetőleg nem állt meg 2004-ben. Ezt az is alátámasztja, hogy a harmadik Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv még mindig problémaként jelöli meg a jelenséget (Magyarország vízgépjűtő-gazdálkodási tervének második felülvizsgálata 2021). Mindezzel összhangban a területet már korábban is célozták vízpótlási, keresztirányú átjárhatóságot javító beavatkozásokkal (Zsuffa 1993, Tamás és társai 2010).



1. ábra. A vizsgált terület elhelyezkedése

Megjegyzés: Fekete körvonal jelöli a modelltartományt, a „B” és „M” betűk rendre Baja és Mohács városát jelölik

Figure 1. Location of the study site

Note: The model domain is outlined with a thick black line, letters 'B' and 'M' indicate cities Baja and Mohács, respectively

A hidrodinamikai modellezés

A Dunai Hajóútfejlesztési Program keretében a folyó teljes magyar hosszán végeztek 2D hidrodinamikai modellezést, az ehhez készített számítási rácsháló és az alkalmazott digitális terepmodell a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszékén (továbbiakban: Tanszék) elérhető volt (UTIBER-VIZITERV-BME 2021). Az előkészületek és az első modellfuttatások egy BSc-s diplomamunka keretében történtek (Molnár 2021). A be- és kifolyási peremeken kívül oldalsó hozzáfolyást nem adtunk meg; a Sió-csatorna dunai árvizek esetén elzárásra kerül, egyéb esetben pedig vízszállítása a Dunához képest elhanyagolható. A modellkalibráció és -validáció a hajóútfejlesztési munkában, vala-

mint az ott hivatkozott nagyvízi mederkezelési tervezésben megtörtént, kis- és nagyvízi, tehát a két szélső állapotról, a referenciapontokon nagyságrendileg cm-es illesztéssel. Jelen alkalmazáshoz átvettük az ott meghatározott területhasználati osztályokat és a hozzájuk rendelt Strickler-Manning-érdességeket. A felső, dombori perem vízhozam-, az alsó, országhatári perem pedig vízszint-típusú peremfeltételekkel láttuk el, és időben nem változó (permanens) szimulációkat futtattunk.

A folyók vízszállítását meghatározó megannyi természetes tényező miatt egy Duna-méretű folyamat a valóságban inkább az időben változó (tranzien) állapot – vízszint, vízhozam – jellemez. Különösen igaz ez ebben a vizsgált esetben, már csak azért is, mivel nincs hatótávolságon belül olyan mesterséges szabályozás, amely pl. szükség esetén állandó vízszintet tudna tartani a Dunán. Természetes körülmények között egyrészt a vízszint nem egyértelmű függvénye a vízhozamnak: attól függően, hogy a folyó árad vagy apad, még egy magányos árhullám esetén is ugyanazon vízhozamhoz két vízszint tartozhat (árvízi hurokgörbe, hiszterézis). A helyzet összetettebb, ha több árhullám követi egymást és halmozódik részben egymásra (többcsörös hurokgörbe); a fordított hurokgörbét pedig csak extrém példaként említjük itt (pl. a Tiszán a Maros betorkollása fölött, a Maroson érkező árhullám hatására). A vízszintek alakulása késettetetten követi a vízhozamok változását, így az árhullámok vízszintjeiből származó elöntés nem szükségszerűen vetül hidrodinamikailag ki minden olyan területen, ahol a domborzat (mederszintek) és a vízszintek alapján ezt várnánk. Fontos tehát leszögezni, hogy a permanens modellezés különösen gyors lefolyású árhullámoknál jelentős egyszerűsítés, a fenti dinamikus hatásokat nem tudjuk leképezni általa. Minél elnyújtottabb viszont az árhullám, modellünkkel annál jobb becslést kapunk. Mindezek alapján a kutatás e köztes, még mindig tesztjellegű fázisában az időben állandósult leírást választottuk. Egyéb, ezt támogató megfontolás volt, hogy az imént kifejtett okból pl. a modellbeli terepszintek (mellékágak, holtmedrek küszöbszintjei) helyességét nem lehet ellenőrizni, ha az árhullám nem tart olyan hosszú ideig, hogy a hatása elérhessen a kérdéses területre.

Javítások

A témában készített diplomamunka eredményei rávilágítottak a számítási rácsháló bizonyos hiányosságaira a hullámtéri területeken. A megelőző feladat (hajóútfejlesztés) igénye szerint a hullámtéren durvább felbontást alkalmaztak, mint a főmedernél. Az ebből eredő pontatlanságok a főbb mellék- és holtágak medreinél mindenképp korrekcióra szorultak, amelyet a digitális terepmodell pontjainak szintbeli javításával, illetve rácshálógeometria igazításával végeztünk el. Két terepi bejárás keretében (2021.07.24. – Gemenci-erdő déli része és 2022.03.18. – Bajától délre fekvő területek, Béda-Karapanca) megkíséreltük a helyes terepszintek rögzítését valós idejű kinematikus (RTK) GPS-es mérésekkel, ezt azonban akadályozta a sűrű növényzet, amely még a márciusi, lomb nélküli állapotában is árnyékolta a vevőegységet a műholdak elől. A pontok szintjének javításához így korábbi (1990-es évek) felméréseket és a diplomamunkában megfogalmazott ajánlásokat vettük alapul (Kalocsa és Tamás 2002, Molnár 2021).



2. ábra. A bajai vízmérce napi vízhozamidősora 1930 és 2016 között
Figure 2. Daily flow discharges at Baja gauge station between 1930 and 2016

Peremfeltételek

A konnektivitás minősítésének egy módja az átjárhatóság időtartam szerinti számszerűsítése (Shao és társai 2019), amelyhez meg kell tenni a modellt meghajtó vízhozamok ugyanilyen jellemzését. Egy korábbi adatigénylést követően rendelkezésünkre állt a bajai vízmérce 1930-2016 közötti napi vízhozamidősora (2. ábra). Kijelölve egy, a jelenhez közeli, trendmentes időszakot, azon elvégeztük a vízhozamok gyakorisági és tartóssági elemzését és előállítottunk 10, adott tartósságú vízhozamértéket a modell felső peremére (Molnár 2021). A nagyvízi tartomány sűrűbben reprezentált a hullámtér és a mellékágak előntése végett. Oldalsó hozzáfolyás híján a meghatározott vízhozamokat a teljes modellezett szakaszon állandónak tekintettük, és a kilépési peremnél ezekhez adtunk meg geodéziai szintet, az országhatár szelvényébe eső Q-Z (vízhozam-vízszint) görbe néhány pontjának ismeretében (UTIBER-VIZITERV-BME 2021). A számított peremfeltételek listáját és a hozzájuk rendelt tartósságot a 2. táblázat listázza. Annak érdekében, hogy a mellékágak, holtágak víztesteit is a modellbe foglalhassuk, a tartományt előbb a legnagyobb vízhozammal „feltöltve”, az egyes futtatásokat egymás után, a vízszintet szisztematikusan süllyesztve végeztük el. Ily módon a hullámtéri medrek küszöbszintje határozhatta meg a vízszállítás kezdetét, végét, illetve a már nem összekapcsolt víztestek is benne maradhattak a kisebb vízhozamú futtatásokban állóvízekként. Ezek az állóvizek a lefűződés után állandó vízszintet tartottak, amely egyszerűsítés a valósághoz képest (a beszívárgás és párolgás részben vagy akár teljes mértékben felszámolhatja a víztesteket). A modellezéshez alkalmazott szoftver képes

az említett jelenségek szimulációjára, így megfelelő adatok (peremfeltételek) birtokában a kutatás következő lépésében ezt is figyelembe tudjuk venni. A futtatásokhoz szükséges kezdeti feltételeket (vízmélységek és áramlási sebesség) a megelőző szimulációk konvergált eredményei alapján határoztuk meg.

2. táblázat. A modellt meghajtó felső és alsó peremfeltételek: adott meghaladási tartósságú vízhozamok és kilépési vízszintek (Molnár 2021 alapján)

Table 2. Flow discharges with their calculated durations exceeding and water levels applied on the upper and lower boundaries of the model domain (based on Molnár 2021)

Tartósság [%]	Q _{be} [m ³ /s] (Dombori)	Z _{ki} [mBf] (országhatár)
0,5	6 500	85,93
1	5 700	85,16
2	5 000	84,48
5	4 250	83,76
10	3 650	83,17
20	3 050	82,58
30	2 650	82,18
50	2 150	81,66
70	1 750	81,11
90	1 400	80,42

Az alkalmazott szoftverek

Az AquaVEO Surface-water Modeling System (SMS) szoftverét használtuk az átvett rácsháló igázására. A végleges háló közel 785 000 háromszöggel (3-3 000 m² területűek), illetve közel 400 000 rácscsomóponttal rendelkezik. A szoftver nem ingyenes, a licenst a Tanszék biztosította.

A modellezéshez az Amerikai Mérnökhadtest által fejlesztett Adaptive Hydraulics Modeling System (AdH) szoftvert (*Berger és társai 2010*), közelebről annak a 2D modulját használtuk, amely ingyenesen elérhető (*McAlpin és társai 2013, Chen és társai 2015*), és alkalmazásában már korábbi saját tapasztalatunk is van (*Füstös és társai 2019, 2021*). A program mélységátlagolt megközelítéssel dolgozik, a sekélyvízi egyenleteket oldja meg a rácsponton, és a vízmélységet, illetve a mélységátlagolt áramlási sebesség két ortogonális komponensét számítja ki. Előnye, hogy mind időlépését, mind a kezelt rácshálót illetően adaptív: amennyiben egy számítási lépésben nem jut megoldásra, negyedére csökkenti az időlépést, illetve a problémás cellákat darabolva köztes rácspontokat hoz létre. Hátánya a permanens állapotot elérni kívánó futtatások szempontjából, hogy előre megadott időtartamot szimulál, és nem a permanens állapot beálltáig fut, így megeshet, hogy a teljes konvergencia elérése a modell többszöri újraindítását igényli. A számításigény egy ekkora méretű modell-tartományon nagy; az mpiexec publikus programkódot használtuk a futtatás párhuzamosítására a használt szervergép processzorain (*Gabriel és társai 2004*).

Az AdH által létrehozott eredményfájl utófeldolgozását (post-processing) a Tecplot adatmegjelenítő szoftverrel végeztük. Az AdH eredményfájlljai egy tanszéki fejlesztésű konverter programmal alakíthatóak a megfelelő fájlformátumra. Itt a számított állapotváltozók koordinátához kötve, mezőszerűen ábrázolhatóak, illetve ezekből megadott műveletekkel új paraméterek is létrehozhatóak. A program képeket is képes kezelni, így a megjelenített mezők georeferált műholdképre illeszthetőek, segítve az eredmények értelmezését. A szoftver licenzét a Tanszék biztosította.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

Egy-egy szimuláció a modellezett vízjárás állapotól függően valós időben 1-5 nap alatt konvergált. Ugyan a terület kiterjedése és a cellaszám nagy, ez az időigény nem ideális, különösen azt figyelembe véve, hogy egyelőre csak hidrodinamikai futtatásokat végeztünk, hordaléktranszport nélkül. A kutatás következő lépésében meg kell vizsgálni az optimalizálás lehetőségét.

A futtatások eredményeként elérve a permanens állapotot, az utófeldolgozás során a 10 különböző vízhozamú szimuláció konvergált változóival végeztünk műveleteket. Az általunk is alkalmazott hidrodinamikai modellezés jelen korban már inkább jelent mérnöki eszközt, mint tudományos eredményt; ennek szellemében a nyers eredmények ismertetése (úgy, mint vízmélység, mélységátlagolt áramlási sebesség) helyett ebben a közleményben a származtatott mezők bemutatására helyezük a hangsúlyt.

Laterális hidrológiai konnektivitás

Az egyes vízhozamokhoz meghatározott százalékos meghaladási tartósságokat időegységű tartóssági értékekre alakítottuk át egy évre viszonyítva (pl. 0,5% – 1,85 nap; 90% – 328,5 nap). A vízborítás felhasználásával így térképen ábrázolható, hogy az egyes mellék- és holtágaknak, il-

letve további hullámtéri területeknek évente mekkora időtartamban van közvetlen összeköttetésük a Duna főágával (*Ijjas és társai 2010, Rättich és társai 2020, Tena és társai 2020*). A 3. ábráról leolvasható, hogy a Rezeti-Holt-Duna, a Vén-Duna, a Sugovica, a Kádár-Duna alsó vége és a Szabadság-szigeti oldalág az év több mint felében összeköttetésben áll a főággal (az időtartományok határait a vizsgált tartósságokhoz igazítva jelöltük ki). A területi kimutatás szerint (a könnyebb értelmezés végett megfordítva az időtartamokat) az év kb. 11 hónapjában a vizsgált kb. 220 km² terület legfeljebb 20%-án (30,61 + 5,95 + 6,80 km²) alakul ki összefüggő vízborítás, amely 20%-ban a Duna medrének felülete is beleértendő. Tovább lépve eggyel, az év kb. 355 napjában legfeljebb a főág, mellékágak és azok szűk környezete (világoskék, sötétkék, zöld és sárga színezetű területek összessége: 50,25 km²) lesz egymással összeköttetésben. A vizsgált vízhozamtartományon a 220 km² egésze soha nem került víz alá. A maximum ennek mintegy 75%-a, ezen a kb. 164 km²-en kevesebb mint 2 napra alakul ki összefüggő vízfelület. Az adott időbeli tartóssággal előtöltött területek összegzését, az ezekből készült kimutatást használták már beavatkozások hatásvizsgálatában (*Ijjas és társai 2010*), mely számunkra is jó indikátor lehet a kutatás következő fázisában.

A hidrológiai konnektivitás értékeléséhez az egyes vízjárás állapotokban modellezett vízborításból átmenetileg kitakartuk a főággal már nem összekapcsolt vízfelületeket, illetve az időtartamoknak megfelelően összevontan ábrázolunk bizonyos vízhozamú futtatási eredményeket. A 3. ábrán látható mezők, illetve ezek területi kimutatása tehát nem a teljes vízborítást tükrözi egy-egy vízjárás állapotban, hanem csak a főággal összefüggő vízfelületeket.

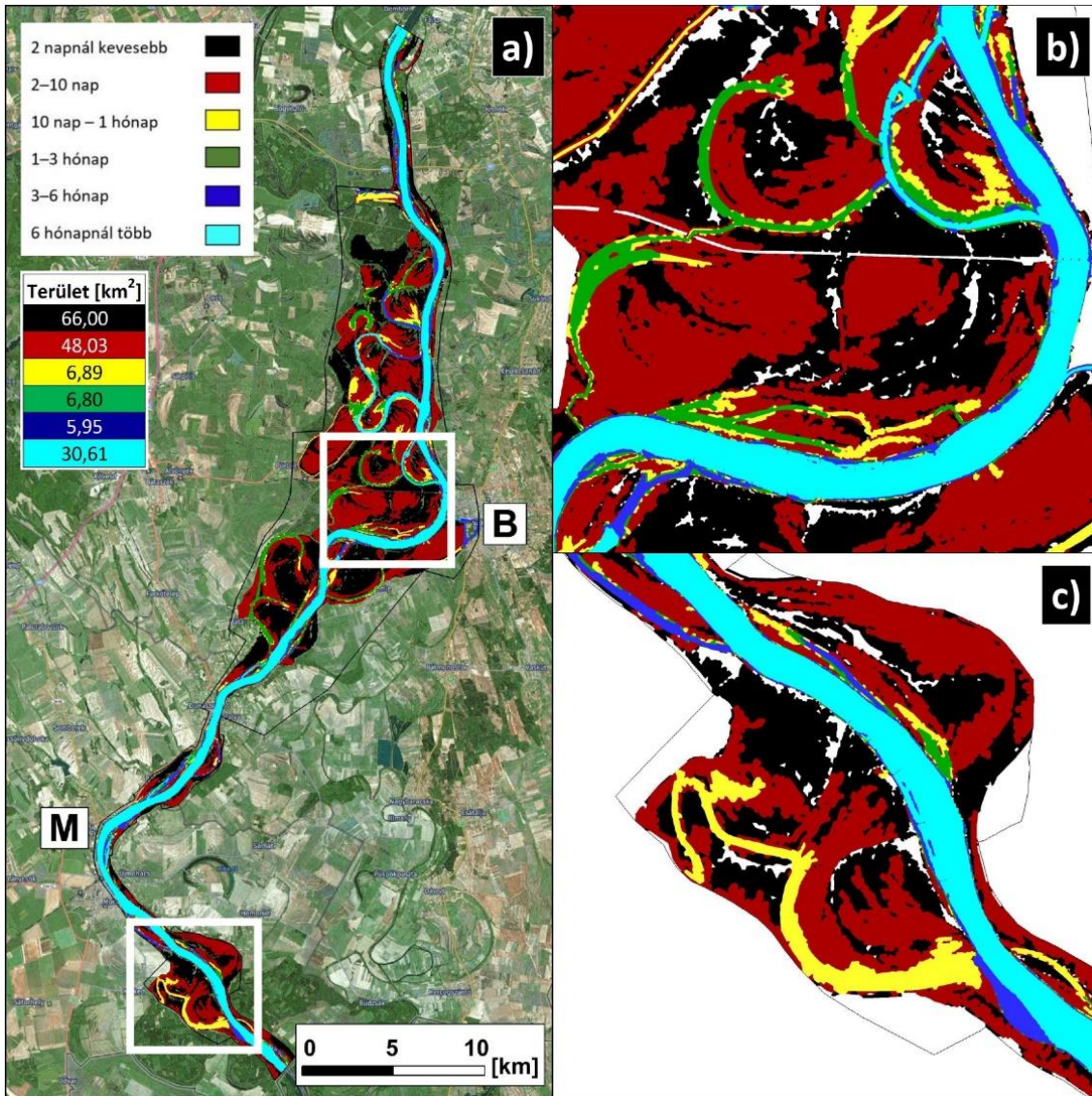
Vízmélység-vízsebesség kategóriák

Hasonlóan bizonyos árvízi kockázati térképek módszertanához (*VIZITERV Environ 2021*), a vízmélység és áramlási sebesség értékei alapján egy 3x3-as mátrixot hoztunk létre, ahol a két változó bizonyos értéktartományait kombinálva 9, egymással komplementer kategóriába soroltuk a modellezett terület minden számítási pontját (3. táblázat). A kategóriák értékhatárait a főág és mellékágak, valamint a hullámtéri környezet reprezentatív elkülönítését szem előtt tartva jelöltük ki. E két hidrodinamikai paraméter a halfajok élőhelypreferenciáin keresztül ökológiai jelentőséggel is bír, amelyet többféle térléptéken kimutattak már (*U.S. Fish and Wildlife Service 1985, Harka és Sallai 2004, Hauer és társai 2008*). A kategorizálás térképi megjelenítésében egy-egy terület mozaikosságából az élőhely nagyobb térléptékű változatosságára is lehet következtetni, amely újabb eredményeink szerint inkább meghatározza a halközösségek térbeli szerveződését, mint a lokális hatások (*Szalóky és társai 2021, Füstös és társai 2022*).

Ehhez az értékeléshez a laterális konnektivitás elemzésével ellentétben figyelembe vettük a vízszintsüllyesztés során elkülönülő vízttesteket is, hiszen egy főmedertől távolabbi, lefűződött holtág is vízi életter. (Visszaulálásként

megjegyezzük, hogy a víztestekben a lefűződéskor érvényes vízszint maradt a modellben, mert a párolgás és elszivárgás hatásait egyelőre nem vettük figyelembe.) Hüllámtéri környezetben a vízmélységen és vízsebességen túl a konnektivitási viszonyok (Pringle 2003, Carrara és

társai 2012), illetve a hidrológiai folyamatok változása (Inskip 1982) is jellemzik az adott víztest fő élőhelyi jellemvonásait, ezek ebben az értékelési rendszerben a víztest vízjárási állapotok közötti kategóriaváltásban jelenhetnek meg.



3. ábra. a) Különböző kiterjedésű összefüggő vízborítás kialakulásának időbeli tartósságai egy évre vetítve a kétdimenziós hidrodinamikai modellezés alapján; valamint ugyanezen vízfelületek szinkódolt területi kimutatása

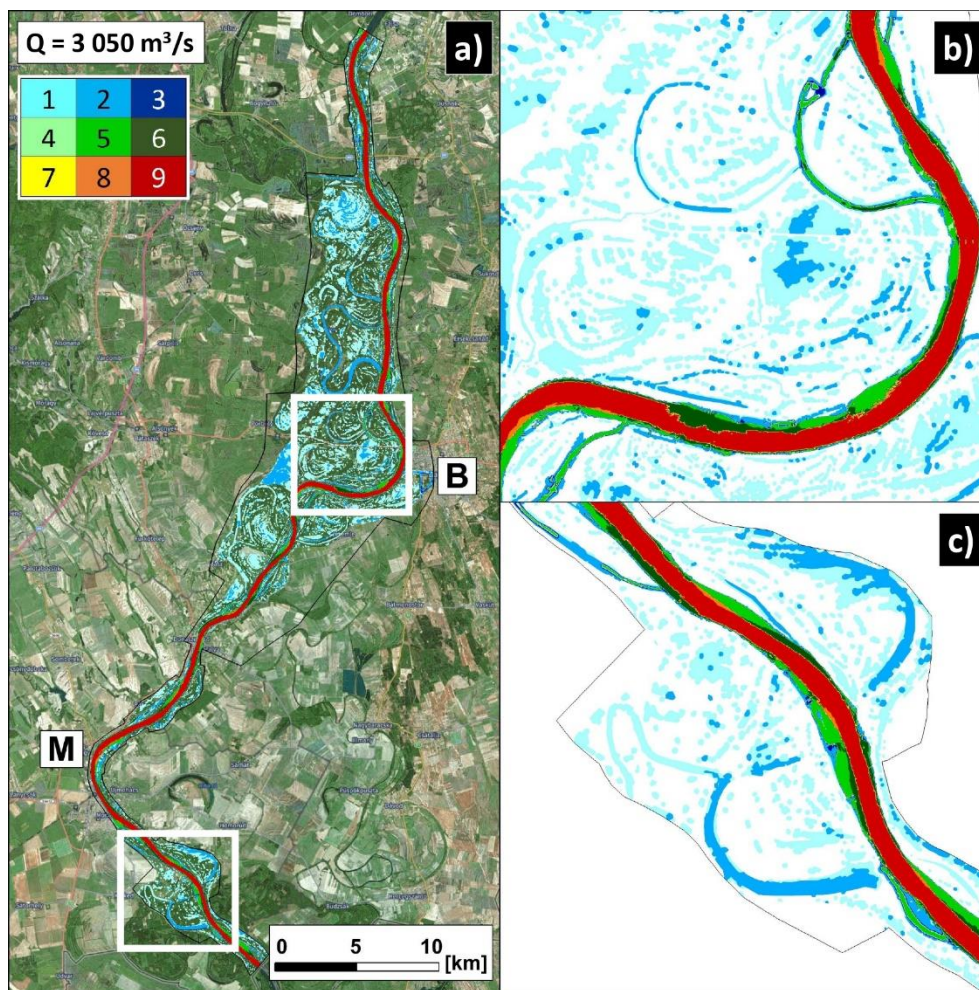
Megejegyzés: B: Baja, M: Mohács. Jobbra nagyobb felbontásban kiemelve b) Baja környéke és c) Béda-Karapancsa

Figure 3. a) Annual durations of connected water coverages based on the two-dimensional hydrodynamical simulations, and the areas of these water coverages displayed in the same color

Note: B: Baja, M: Mohács towns. b) The vicinity of Baja and c) Béda-Karapancsa are displayed in higher resolution on the right

3. táblázat. A számított vízmélység (h) és mélységátlagolt áramlási sebesség (v) értékei alapján meghatározott kategóriák
Table 3. Categories determined by the values of the computed water depths (h) and depth-averaged flow velocities (v)

Vízsebesség-vízmélység (h-v) kategóriák			
	$h < 1 \text{ m}$	$1 \text{ m} \leq h < 5 \text{ m}$	$5 \text{ m} \leq h$
$v < 0,1 \text{ m/s}$	1	2	3
$0,1 \text{ m/s} \leq v < 1 \text{ m/s}$	4	5	6
$1 \text{ m/s} \leq v$	7	8	9



4. ábra. a) A vízmélység-vízsebesség kategóriák területi eloszlása a $Q = 3\,050\text{ m}^3/\text{s}$ vízhozammal meghajtott szimuláció eredményein
Megjegyzés: B: Baja, M: Mohács. Jobbra nagyobb felbontásban kiemelve b) Baja környéke és c) Béda-Karapanca.

Figure 4. a) Spatial distribution of the depth-velocity categories by the $3\,050\text{ m}^3/\text{s}$ flow regime simulation

Note: B: Baja, M: Mohács. b) The vicinity of Baja and c) Béda-Karapanca are displayed in higher resolution on the right.

A 4. ábrán bemutatjuk a 3. táblázat szerinti kategóriák helyszínrajzi eloszlását a $3\,050\text{ m}^3/\text{s}$ vízhozammal futtatott modelleredményen. Az 1-3 kategóriák az igen alacsony vízsebesség miatt megközelítőleg az állóvizeket foglalják magukban. Ez az alcsoport túlnyomórészt a hullámtérre esik, ezen belül a mélység szerint az 1-2 kategóriák között differenciáltak a víztestek. A 3-as kategória elenyésző mértékben van jelen (a 4. ábráról nem leolvasható, csak a kategóriák területösszegzéséből tűnik ki – 5. ábra) a főág és néhány mellékág legkülső, nagyon vékony partmenti sávjában, ahol a modellezett körülmények egyeznek a kritériummal.

A főágot a 7-9 alcsoport jellemzi, ahol a 9-es egyértelműen domináns, a 4. ábra b) és c) ábrarészein szépen kirajkolja a fő áramlási teret, a 8-as pedig még éppen észrevehető néhány helyen a főág partmenti sávjában. A 7-es kategóriához nem tartozik terület, ilyen körülmények nem alakultak ki ebben a vízjárési állapotban (egyikben sem – 5. ábra).

A főág fő áramlási sávon kívül eső részei, illetve a közelebbi mellékágak a 4-6 alcsoportba tartoznak. A 4-es kategória a 3-ashoz hasonlóan kevésbé észlelhető a 4. ábrán, annál azonban némileg nagyobb területet foglal magában. Az 5-6-os kategóriák a vízmélység szerint a közelebbi

mellékágakban és a főmeder partmenti sávjában (5), valamint a főmeder mélyebb, kisebb sodrású területein (6) vannak jelen.

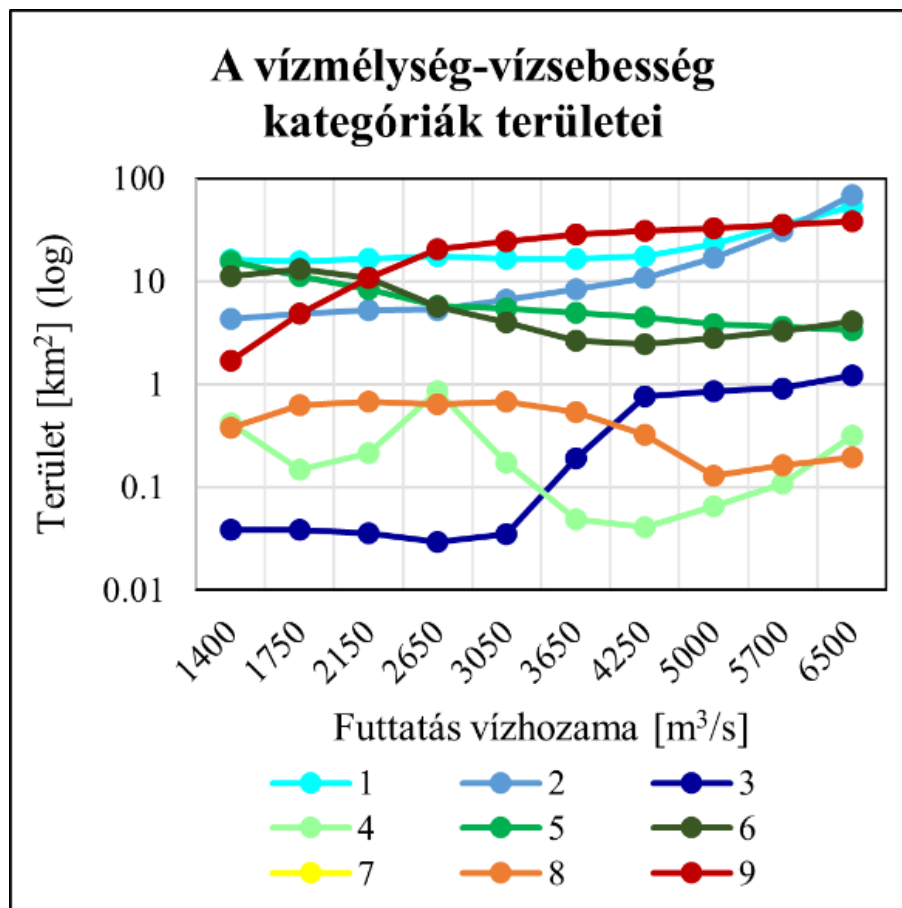
Az egyes kategóriák által lefedett terület számítható, ezek változása nyomon követhető az egyes vízjárési állapotok között az 5. ábrán. A kategóriákat a 3. táblázat és a 4. ábra színezésével egyezően ábrázoltuk, a terület tengelye a könnyebb elkülöníthetőség miatt logaritmikus. Az előző jellemzéssel összhangban, ezen ábra alapján 3 nagyobb klaszter különíthető el:

- Bármelyik vízjárési állapotban az 1-, 2-, 5-, 6- és 9-es kategóriák a legmeghatározóbbak (a helyszínrajzi ábrán is ezek észrevehetőek leginkább). A kisebbtől a nagyobb vízhozamú futtatások felé haladva megnövekszik a 9-es és csökken az 5-6-os kategóriák kiterjedése, ez közelítőleg a főágbeli körülmények változását képezi le. Az 1-2 kategóriák területe előbb lassabb, majd gyorsuló ütemben növekszik, ami pedig a hullámtéri vízborítás változásával mutat parallel vonásokat. Ezen öt kategória mögött a Duna-méretű folyamokat túlnyomórészt leíró áramlások

- vízmozgás (Froude-szám < 1) sejlík fel, a két alapváltozó viszonylag kiegyenlített és egyforma irányban változik a vizsgált körülmények között.
- A 3-, 4- és 8-as kategóriák jellemzően átmenetet képeznek, az előző klaszter kategóriáit övezik, területük törtrésze azoknak. Többnyire szűk sávokban, apró foltokban jelennek meg a térképen, bár megjegyezzük, hogy még nagyobb vízhozamok modellezése esetén a 3-as kategória területe várhatóan tovább nőtt

volna a hullámtéren, ennek a folyamatnak az eleje látszik is az ábrán.

- A 7-es kategóriába eső területek az összes futtatásból hiányoznak. Az ide tartozó kis vízmélység, nagy áramlási sebesség megadott körülmények között már rohanó vízmozgást képez (pl. töltésmeghágás). A Duna hazai szakaszán ennél békéesebb viszonyok uralkodnak, másrészt az egyensúlyi állapot beálltáig futtatott permanens szimulációk sem segítették elő a kategória megjelenését.



5. ábra. Az egyes vízmélység-vízsebesség kategóriák által lefedett területek alakulása a modellezett vízjárási állapotokban

Megjegyzés: A kis területű kategóriák jobb láttatásáért a függőleges tengely logaritmikus

Figure 5. Areas covered by the different depth-velocity categories throughout the modeled flow regimes.

Note: The logarithmic y axis

Összevetés a potamális osztályokkal

A potamális osztályozás egyik szubjektív vonása, hogy a kategóriák definíciójában a főággal való összeköttetés (vagy annak hiánya) általánosan megfogalmazott, jellemzően nincs vízjárási állapothoz kötve. A területtel foglalkozó diplomamunkában (Molnár 2021) a korábbi modellfuttatás alapján készült egy besorolás a nagyobb víztestekre, amellyel a 4. táblázatban összevetjük a jelen vízmélység-vízsebesség kategorizálás eredményeit. A víztestek kategóriája a 4. ábráról leolvasható; ahol több is jellemzi az adott vízfelületet, ott a nagyobb kiterjedésű kategória került a 4. táblázatba.

Két kivételtől (Cserta-Duna, Mocskos-Duna) eltekintve a többi víztestnél a potamális osztályhoz rendelhető egy-egy adott vízmélység-vízsebesség kategória. A parapotamon-A és -B osztályok ugyan mindkét esetben a 2-es kategóriának feleltek meg, ezek azonban definíció szerint csak a felvízi elzárás típusa szerint különböznek, ami nem indokol különbséget a medergeometriában, ezáltal közvetetten a vízmélységben és az áramlási sebességben sem. Ezzel szemben az eupotamon-A és -B osztályok (főág és folyamatos átfolyású mellékágak) esetében már logikus a külön kategóriák szerinti eltérés (1. táblázat).

4. táblázat. A vizsgált terület főbb víztestei potamális osztályainak összevetése a vízmélység-vízsebesség kategóriákkal a $Q = 3\,050\text{ m}^3/\text{s}$ vízhozamú futtatás esetén (Molnár 2021 alapján kiegészítve)

Table 4. A comparison of the potamal classes and the depth-velocity categories determined for the area's main water bodies drawn by the $Q = 3\,050\text{ m}^3/\text{s}$ simulation (based on Molnár 2021 with additions)

Víztest	Potamális osztály ($Q = 3\,050\text{ m}^3/\text{s}$)	h-v kategória ($Q = 3\,050\text{ m}^3/\text{s}$)
Duna főág	eupotamon-A	9
Grébec-Duna	parapotamon-B	2
Decsi-Nagy-Holt-Duna	plesiopotamon	1
Decsi-Kis-Holt-Duna	plesiopotamon	1
Rezéti-Holt-Duna	parapotamon-A	2
Vén-Duna	eupotamon-B	5
Cserta-Duna	plesiopotamon	2
Káposztás	plesiopotamon	1
Nyéki-Holt-Duna	plesiopotamon	1
Bátai-holtág	plesiopotamon	1
Sugovica	parapotamon-A	2
Szeremlei-Sugovica	plesiopotamon	1
Kádár-Duna	eupotamon-B	5
Bezerédi-Duna	parapotamon-B	2
Cigány-zátony	parapotamon-B	2
Mocskos-Duna	plesiopotamon	2
Külső-Béda	plesiopotamon	1

E besorolás robusztusságát gyengíti, hogy a vízjárás állapotok között megváltozott körülmények időnként kategóriaváltást okozhatnak egy-egy víztest esetében. A változásnak viszont vannak rendszerszintű sajátosságai, az 5. táblázatban két jellemző tendencia látszik: 1) változatlan sebességtartomány mellett nő a vízmélység, tehát a 3. táblázat mátrixának ugyanazon sorában maradunk; 2) mind a sebes-

ség, mind a vízmélység kategóriát vált, tehát a mátrix eggyel lentebbi sorába lépünk. Egy kivétellel (Cigány-zátony) az előbbi csoportba a parapotamon-A, -B és plesiopotamon osztályokat, utóbbi csoportba pedig az eupotamon-A és -B osztályokat sorolhatjuk. Meg kell vizsgálni annak lehetőségét, hogy mindezek alapján a kategóriaváltások körültekintő tervezéssel belefoglalhatóak-e a tizpálásba.

5. táblázat. Példák a vízmélység-vízsebesség kategóriák vízjárás állapotok közötti megváltozására
Table 5. Examples on the change of the depth-velocity category between different flow regimes

Víztest	h-v kategóriák három különböző futtatásban		
	1 400 m ³ /s	3 050 m ³ /s	5 700 m ³ /s
Duna főág	5	9	9
Grébec-Duna	1	2	2
Decsi-Nagy-Holt-Duna	1	1	2
Rezéti-Holt-Duna	2	2	3
Vén-Duna	2	5	6
Cserta-Duna	2	2	2
Nyéki-Holt-Duna	1	1	2
Kádár-Duna	1	5	6
Cigány-zátony	1	2	5
Külső-Béda	1	1	2

E kezdeti jó egyezések alapján ez a kategorizálás segíthet a víztestek jellegének változását több állapotváltozó mentén, számszerűsíthetően nyomon követni. Ezen felül a már említett ökológiai vonatkozás okán átgondolt előkészítés után akár a víztestek mint élőhelyek jellemzésére is alkalmazható. Ezzel lehetőség nyílna egyetlen aggregált, vegyes (hidrodinamikai és ökológiai) értelmezésű indikátort használni a hosszútávú vizsgálatokban.

ÖSSZEFOGLALÁS

A fenntarthatóság jegyében egyre többet hallunk a természetalapú megoldásokról (NBS, nature based solutions) (Albert és társai 2021) és a folyamatorientált tervezésről (Beechie és társai 2010). Ezek keretében tüztük ki hosszútávú célunkat: a Duna alsó-magyarországi szakaszán húzódó hullámtér (Gemenci-erdő és Béda-Karapancsa) hosszú idejű (nem-permanens) morfordinamikai szimulációkra alapozott komplex vizsgálatát, javaslatot egy ember és természet közötti kompromisszumos, önfenntartó állapotra (Erős és Bányai 2020). A hosszútáv jelen pontján visszapillantva a fentiekben bemutatott terület 2D hidrodinamikai modellezésének első eredményeit, ezen belül is a nyers eredményekből származtatható egyéb paramétereket. Célunk volt egy olyan eszköztár összeállítása, amely a hordaléktranszporttal kibővített modellezés során a hatásvizsgálat részeként hasznosítható.

Bemutattuk az eddig árvízi kockázatelemzésben alkalmazott vízmélység-vízsebesség alapú kategorizálás vonatkozó alkalmazását. Amellett, hogy ez a mutató szemléletesen elkülönítette a folyó-hullámtér rendszer különböző típusú víztesteit, jó egyezést mutatott a létező, ám viszonylag szubjektív potamális osztályozással. Megfontolva ezen felül a vízmélység és vízsebesség több kutatásban kimutatott élőhely szerepét, mind hidrodinamikai, mind élőhely-hidraulikai megközelítésben jó lehetőséget látunk ebben a tipizálásban. Bármely beavatkozás hatásvizsgálatában egyszerűen előállítható a két alapváltozó, akár igen nagy területen, mezőszerte is. Az elválasztó értékhatárok kijelölése a vizsgált tartomány vízmélységeinek és vízsebességeinek ismeretében megtehető úgy, hogy a létrehozott kategóriák megfelelően jellemezzék a terület víztesteit.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A közleményben bemutatott kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával, valamint a Széchenyi Terv Plusz program keretében az RRF-2.3.1-21-2022-00008 számú projekt támogatásával valósult meg. Köszönjük a BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszéknek az átadott számítási rácsalót, illetve az SMS és Tecplot szoftverekhez biztosított licenst. Köszönjük Tamás Enikő Annának, Kutassy Emesének és Mórocz Attilának a digitális terepmódel pontosságához nyújtott segítségüket, valamint köszönjük a kézirat bírálóinak észrevételeit, javaslatait.

IRODALOMJEGYZÉK

Albert, C., Brillinger, M., Guerrero, P., Gottwald, S., Henze, J., Schmidt, S., Ott, E., Schröter, B. (2021). Planning nature-based solutions: Principles, steps, and insights.

Ambio, 50. pp. 1446-1461.
<https://doi.org/10.1007/s13280-020-01365-1>

ADUVIZIG (Alsó-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság) 2022. évi dunai hajóút-kitűzési terve (2022).
<https://tinyurl.com/hajout> (Megtekintés: 2023. január 18.)

Amoros, C., Roux, A.L. (1988). Interaction between water bodies within the floodplains of large rivers: function and development of connectivity. *Münstersche Geographische Arbeiten*, 29. pp. 125-130.

Bakonyi P., Krámer T., Józsa J. (1999). Ártéri öblözetek töltésszakadást követő elöntési folyamatainak modellezése: I. A folyó és a szakadási szelvény modellje. *Hidrológiai Közöny* 79(4). pp. 227-233.

Baranya S., Muste, M., Abraham, D., Pratt, T.C. (2016). Acoustic Mapping Velocimetry (AMV) for in-situ bedload transport estimation. In: *River Flow*. CRC Press, pp. 1-7. ISBN 978-1-138-02913-2
<https://doi.org/10.1201/9781135644479-247>

Beechie, T.J., Sear, D.A., Olden, J.D., Pess, G.R., Buffington, J.M., Moir, H., Roni, P., Pollock, M.M. (2010). Process-based Principles for Restoring River Ecosystems. *BioScience*, 60(3). pp. 209-222.
<https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.3.7>

Berger, R.C., Tate, J. N., Brown, G. L., Savant, G. (2010). *Adaptive Hydraulics – Users’ Manual*. U.S. Army Engineer Research and Development Center (ERDC) Coastal and Hydraulics Laboratory.

Carrara, F., Altermatt, F., Rodriguez-Iturbe, I., Rinaldo, A. (2012). Dendritic connectivity controls biodiversity patterns in experimental metacommunities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(15). pp. 5761-5766.
<https://doi.org/10.1073/pnas.11196511109>

Chen, X., Chen, L., Zhao, J., Yu, Z. (2015). Modeling the hydrodynamic interactions between the main channel and the floodplain at McCarran Ranch in the lower Truckee River, Nevada. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15. pp. 2161-2172.
<https://doi.org/10.5194/nhess-15-2161-2015>

Chen, X., Chen, L., Stone, M. C., Acharya, K. (2020). Assessing connectivity between the river channel and floodplains during high flows using hydrodynamic modeling and particle tracking analysis. *Journal of Hydrology* 583: 124609.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124609>

Erős T., Bányai Zs. (2020). Sparing and sharing land for maintaining the multifunctionality of large floodplain rivers. *Science of the Total Environment*, 728: 138441.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138441>

Farkas-Iványi K., Trájer A. (2015). The Influence of the River Regulations on the Aquatic Habitats in River Danube, at the Bodak Branch-System, Hungary and Slovakia. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 10(3). pp. 235-245.

Freshwater Ecology adatbázis. <https://tinyurl.com/fweology> (Megtekintés: 2023. január 17.)

- Füstös V., Baranya S., Fleit G., Erős T., Szalóky Z., Tóth B., Józsa J. (2019). A felső-magyarországi Duna élőhelyszempontú hidrodinamikai vizsgálata. *Pisces Hungarici*, 13. pp. 81-90.
- Füstös V., Erős T., Józsa J. (2021). 2D vs. 3D Numerical Approaches for Fish Habitat Evaluation of a Large River-Is 2D Modeling Sufficient? *Periodica Polytechnica – Civil Engineering*, 65(4). pp. 1114-1125. <https://doi.org/10.3311/PPci.17788>
- Füstös V., Sály P., Szalóky Z., Tóth B., Vitál Z., Specziár A., Fleit G., Baranya S., Józsa J., Erős T. (2022). Effects of a nuclear power plant warmwater outflow on environmental conditions and fish assemblages in a very large river (the Danube, Hungary). *Ecohydrology*, e2512. <https://doi.org/10.1002/eco.2512>
- Gabriel, E., Fagg, G.E., Bosilca, G., Angskun, T., Dongarra, J.J., Squyres, J.M., Sahay, V., Kambadur, P., Barrett, B., Lumsdaine, A., Castain, R.H., Daniel, D. J., Graham, R.L., Woodall, T.S. (2004). Open MPI: Goals, Concept, and Design of a Next Generation MPI Implementation. In: *Proceedings, 11th European PVM/MPI Users' Group Meeting, Budapest, Hungary, September 2004*. https://doi.org/10.1007/978-3-540-30218-6_19
- Gilbert, J. T., Wilcox, A. C. (2020). Sediment routing and floodplain exchange (SeRFE): A spatially explicit model of sediment balance and connectivity through river networks. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 12: e2020MS002048. <https://doi.org/10.1029/2020MS002048>
- Goda L., Kalocsa B., Tamás E.A. (2007). River bed erosion on the Hungarian section of the Danube. *Journal of Environmental Science for Sustainable Society*, 1. pp. 47-54. <https://doi.org/10.3107/jesss.1.47>
- Guida, R.J., Swanson, T.L., Remo, J.W.F., Kiss T. (2015). Strategic floodplain reconnection for the Lower Tisza River, Hungary: Opportunities for flood-height reduction and floodplain-wetland reconnection. *Journal of Hydrology*, 521. pp. 274-285. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.11.080>
- Habersack, H., Hein, T., Stanica, A., Liska, I., Mair, R., Jäger, E., Hauer, C., Bradley, C. (2016). Challenges of river basin management: Current status of, and prospects for, the River Danube from a river engineering perspective. *Science of the Total Environment*, 543. pp. 828-845.
- Harka Á., Sallai Z. (2004). Magyarország halfaunája. Szarvas, Nimfea Természetvédelmi Egyesület.
- Hauer, C., Mandlbürger, G., Habersack, H. (2008). Hydraulically related hydro-morphological units: description based on a new conceptual Mesohabitat Evaluation Model (MEM) using LiDAR data as geometric input. *River Research and Applications*, 25. pp. 29-47. <https://doi.org/10.1002/rra.1083>
- Ijjas I., Kern K., Kovács Gy. (szerk.) (2010). Feasibility Study: The Rehabilitation of the Szigetköz Reach of the Danube. – Report, Ministry of Environment and Water, Budapest, pp. 184-189.
- Inskip P.D. (1982). Habitat suitability index models: northern pike. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, FWS/OBS-82/10.17.
- Junk, W.J., Bayley, P. B., Sparks, R.E. (1989). The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. In: Dodge, D. P. (ed.) *Proceedings of the International Large River Symposium (LARS)*. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 106. pp. 110-127.
- Kalocsa B., Zsuffa I. (1997). A Duna magyar szakaszának vízállásváltozásai. *Hidrológiai Közöny*, 77(4). pp. 183-192.
- Kalocsa B., Tamás E. A. (2002). A Duna-Dráva Nemzeti Park természetvédelmi kezelési terv tervezetének vizes fejezete.
- Kondolf, G.M., Boulton, A.J., O'Daniel, S., Poole, G. C., Rahel, F.J., Stanley, E.H., Wohl, E., Bång, A., Carlstrom, J., Cristoni, C., Huber, H., Koljonen, S., Louhi, P., Nakamura, K. (2006). Process-based ecological river restoration: visualizing three-dimensional connectivity and dynamic vectors to recover lost linkages. *Ecology and Society*, 11(2). p. 5. <https://doi.org/10.5751/ES-01747-110205>
- Krámer T., Józsa J., Bakonyi P. (1999). Ártéri öblözetek töltésszakadást követő elöntési folyamatainak modellezése: II. Az ártéri modell. *Hidrológiai Közöny* 79(4). pp. 234-239.
- Láng I. (2017). Teret a folyóknak! A nagyvízi mederkezelés szerepe a hazai árvízvédelemben. *Biztosítás és Kockázat*, IV(2). pp. 42-59. <https://doi.org/10.18530/BK.2017.2.42>
- Lasne, E., Lek, S., Laffaille, P. (2007). Patterns in fish assemblages in the Loire floodplain: The role of hydrological connectivity and implications for conservation. *Biological Conservation*, 139. pp. 258-268. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.07.002>
- Li, Y., Zhang, Q., Rui, Y., Yao, J., Tan, Z. (2018). 3D hydrodynamic investigation of thermal regime in a large river-lake-floodplain system (Poyang Lake, China). *Journal of Hydrology*, 567. pp. 86-101. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.10.007>
- Liang, D., Lu, J., Chen, X., Liu, C., Lin, J. (2020). An investigation of the hydrological influence on the distribution and transition of wetland cover in a complex lake-floodplain system using time-series remote sensing and hydrodynamic simulation. *Journal of Hydrology*, 587: 125038. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125038>
- Maaß, A.L., Schüttrumpf, H. (2019). Reactivation of Floodplains in River Restorations: Long-Term Implications on the Mobility of Floodplain Sediment Deposits. *Water Resources Research*, 55. pp. 8178-8196. <https://doi.org/10.1029/2019WR024983>
- Magyarország vízgyűjtő-gazdálkodási tervének második felülvizsgálata (2021). <https://vizeink.hu/vgt/> (Megtekintés: 2023. január 25.)
- McAlpin, T.O., Sharp, J.A., Scott, S.H., Savant, G. (2013). Habitat Restoration and Flood Control Protection in the Kissimmee River. *Wetlands*, 33. pp. 551-560. <https://doi.org/10.1007/s13157-013-0412-2>
- Molnár S. (2021). A magyarországi alsó-Duna élőhely szempontú helyreállításának modellvizsgálata. BSc diplomamunka. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék. p. 86.

Morales-Hernández, M., García-Navarro, P., Burguete, J., Brufau, P. (2013). A conservative strategy to couple 1D and 2D models for shallow water flow simulation. *Computers & Fluids*, 81. pp. 26-44. <https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2013.04.001>

Nagy J., Kiss T. (2016). Hydrological and morphological changes of the Lower Danube near Mohács, Hungary. *Journal of Environmental Geography*, 9(1-2). pp. 1-6. <https://doi.org/10.1515/jengeo-2016-0001>

Potyó I., Gutí G. (2011). Folyami élőhelyek várható változásainak elemzése 1D hidrológiai modell segítségével. *Halászatfejlesztés*, 33. pp. 69-76.

Pringle, C. (2003). What is hydrologic connectivity and why is it ecologically important? *Hydrological Processes*, 17. pp. 2685-2689. <https://doi.org/10.1002/hyp.5145>

Rättich, M., Martinis, S., Wieland, M. (2020). Automatic Flood Duration Estimation Based on Multi-Sensor Satellite Data. *Remote Sensing* 12(4). p. 643. <https://doi.org/10.3390/rs12040643>

Schöll K., Kiss A., Dinka M., Ágoston-Szabó E., Schmidt A., Fehér G., Berczik Á. (2009). A gemenci hullámter vízterének hidrobiológiai különbségei (Duna-Dráva Nemzeti Park). MHT XXVII. Országos Vándorgyűlés, 2009. július 1-3. Baja.

Shao X., Fang, Y., Jawitz, J.W., Yan, J., Cui, B. (2019). River network connectivity and fish diversity. *Science of the Total Environment*, 689. pp. 21-30. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.340>

Szalóky Z., Füstös V., Tóth B., Erős T. (2021) Environmental drivers of benthic fish assemblages and fish-habitat associations in offshore areas of a very large river. *River Research and Applications*, 37(5). pp. 712-721. <https://doi.org/10.1002/rra.3793>

Támás E.A., Buzetky Gy., Eichhardt G., Kalocsa B., Sziebert J., Szilávik L., Tornyai G., Varga A., Virágh L., Zellei L. (2010). Ártéri vizes élőhely-rendszerek rekonst-

rukciós tervezésének tapasztalatai Gemenc és Béda-Karapancsa példáján. MHT XXVIII. Országos Vándorgyűlés, 2010. július 7-9. Sopron.

Tena, A., Piégay, H., Seignemartin, G., Barra, A., Berger, J.F., Mourier, B., Winiarski, T. (2020). Cumulative effects of channel correction and regulation on floodplain terrestrialisation patterns and connectivity. *Geomorphology*, 354. 107034. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107034>

Teng, J., Vaze, J., Dutta, D., Marvanek, S. (2015). Rapid Inundation Modelling in Large Floodplains Using LiDAR DEM. *Water Resources Management*, 29. pp. 2619-2636. <https://doi.org/10.1007/s11269-015-0960-8>

Timbadiya, P.V., Krishnamraju, K.M. (2023). A 2D hydrodynamic model for river flood prediction in a coastal floodplain. *Natural Hazards*, 115. pp. 1143-1165. <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05587-2>

U.S. Fish and Wildlife Service (1985). Habitat suitability models and instream flow suitability curves: pink salmon. *Biological report*, 10.109.

UTIBER KFT. – VIZITERV CONSULT KFT. – BME Konzorcium (2021). Dunai Hajóút Fejlesztési Program. II. szakasz (Szob – déli országhatár). Stratégiai Környezeti Vizsgálat, Környezeti Értékelés.

VITUKI Hungary – BME Konzorcium (2013). A Duna mértékadó árvízszintjeinek felülvizsgálata. Kutatási jelentés.

VIZITERV Environ Kft. (2021). Az előzetes árvízi kockázatbecslés, veszély- és kockázati térképek, a kockázatkezelési tervek első felülvizsgálata. Alsó-Duna tervezési terület összefoglalója.

Ward, J.V., Stanford, J.A. (1995). Ecological Connectivity in Alluvial River Ecosystems and its Disruption by Flow Regulation. *Regulated Rivers: Research & Management*, 11. pp. 105-119. <https://doi.org/10.1002/rrr.3450110109>

Zsuffa I. (1993). A gemenci erdő revitalizációjának vízimérnöki munkái. *Hidrológiai Közlemények*, 73(1). pp. 53-56.

A SZERZŐK



FÜSTÖS VIVIEN okleveles infrastruktúra-építőmérnök, jelenleg PhD tanulmányait folytatja a Vásárhelyi Pál Építőmérnöki és Földtudományi Doktori Iskolában. Kutatási témája a folyami élőhelyek hidromorfológiai vizsgálata mikro- és mezoléptékben. 2017 óta a Magyar Hidrológiai Társaság tagja.



ERŐS TIBOR biológus, 2005-ben szerzett PhD fokozatot az Eötvös Loránd Tudományegyetemen. Jelenleg az ELKH Balatoni Limnológiai Kutatóintézet igazgatója. Kutatási területe: halegyütések szerveződése édesvizekben, biológiai sokféleség és a környezeti tényezők kapcsolata édesvizekben, mintavétel reprezentativitása, monitorozó rendszerek fejlesztése, természetvédelmi területek kijelölése édesvizek természeti értékei alapján. 1999 óta a Magyar Hidrológiai Társaság tagja.



JÓZSA JÁNOS okleveles építőmérnök, professzor, a BME rektor emeritusa, az MTA rendes tagja, az MTA Műszaki Tudományok Osztályának elnöke. Kutatási területe a sekély felszíni vizek hidrodinamikája: határfelületi folyamatok, szél keltette tavi víz- és üledékmozgás mérése és numerikus modellezése, hullámterter vízfolyások áramlási, elkeveredési és hordalékvándorlási folyamatainak mérése és modellezése, ártéri elöntések modellezése. A Hidrológiai Közlemények szerkesztőbizottságának tagja.

A Balaton üledék-víz határfelületén zajló hőcsere jellemzése és hatása

Török Sebestyén Dániel*, Torma Péter**, Weidinger Tamás***

* Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, Budapest (e-mail: toroks@edu.bme.hu)

** Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, Budapest (e-mail: torma.peter@emk.bme.hu)

*** Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológia Tanszék, Budapest (e-mail: weidi@caesar.elte.hu)

[DOI:10.59258/HK.12337](https://doi.org/10.59258/HK.12337)



Kivonat

A tavi ökoszisztémák egyik legfontosabb fizikai paramétere a vízhőmérséklet, ami közvetlen hatással van a biológiai és a kémiai folyamatok dinamikájára. Az olyan sekély tavak esetében, mint például a Balaton, az üledék hőmérséklete szoros kapcsolatban áll a vízhőmérséklettel, ám ennek ellenére a vonatkozó irodalom túlnyomó részében mégis elhanyagolhatónak tekinti a két térrész közti hőcserét. Ez azonban nem minden esetben tehető meg, mivel bizonyos sekély tavak esetében az energiamérleg több, mint 30%-át is kiteheti az üledékekkel való hőcsere. Ezért kutatásunkban a Balaton üledék-víz határfelületén zajló hőcserét vizsgáltuk hosszú idejű mérési adatsorokra alapozva. A mérési program során nemcsak a víz- és üledék hőmérsékleteket monitoroztuk nagy időbeli felbontással, hanem hőárammérő korongok segítségével közvetlenül mértük az üledék felső rétegében a hőáramot is. A vizsgálatok során azt kaptuk, hogy a Balaton üledékének hővezetése olyan esetekben, mikor az üledéket nem zavarja meg a vízmozgás, illetve amikor stabil hőmérsékleti rétegződés jellemzi a határfelületet, jól jellemezhető egy konstans hővezetési együtthatóval, illetve, hogy a felületi hőcsere számottevően kihat az üledék feletti alsó víztér rétegződésére, amelynek jelentős hatása lehet a hidrobiológiai folyamatokra, mint például az oldott oxigénszint alakulására az üledék felszínén. Rámutatunk továbbá, hogy a mederhőáram elhanyagolásával a vízhőmérséklet jól modellezhető, azonban hatását a légkör-víz határfelületen zajló hőcserevel tudjuk kompenzálni. Ezzel elsősorban a szenzibilis, másodsorban pedig a párolgási hőcsere számításánál követünk el kismértékű hibát.

Kulcsszavak

Üledék-víz határfelület, hőcsere, hővezetés, mederhőáram, sekély tavak, Balaton.

Characterization and impact of heat exchange at the sediment-water interface in Lake Balaton

Abstract

Water temperature is one of the most important physical parameters in lake ecosystems that directly impacts the dynamics of ecological processes. In the case of shallow lakes, such as Lake Balaton, sediment temperature is closely related to water temperature, and thus, they can significantly influence each other. For this reason, we investigated the heat exchange at the sediment-water interface of Lake Balaton based on long-term measurements. During the measurement program, we monitored water and sediment temperatures and directly measured the sediment heat flux in the upper layer of the sediment using heat flux plates with high temporal resolution. In addition – based on the data series – energy balance calculations were performed for the upper layer of the sediment and for the entire water column. By our investigation, we found that: i) the heat conduction in Lake Balaton's sediment can be well characterized by a constant heat conduction coefficient when the sediment is not disturbed by water movements, and a stable temperature stratification occurs at the interface; ii) the molecular diffusion-type heat exchange at the interface and in the sediment can be significantly disturbed by water movements and density-driven pore water flows; iii) the surface heat exchange can have a significant impact on the stratification of the deep water layer above the sediment, so that it can have a significant impact on hydrobiological processes too, like dissolved oxygen levels on the sediment surface. In addition, we showed that by neglecting the sediment heat flux, the average water temperature could be modeled well; however, its effect must be compensated by the heat exchanges at the air-water interface. Consequently, we will make an error primarily in the sensible, and secondly in the evaporative heat exchange estimations.

Keywords

Sediment-water interface, heat exchange, heat conduction, sediment heat flux, shallow lakes, Lake Balaton.

BEVEZETÉS

A tavi ökoszisztémák egyik legfontosabb fizikai paramétere a vízhőmérséklet, ami közvetlen hatással van a biológiai és a kémiai folyamatok dinamikájára. Sekély tavak esetében, mint például a Balaton, a vízhőmérséklet időben és térben is meglehetősen változékony, mivel a meteorológiai folyamatok gyorsan képesek hatni a nagy vízfelületnek és a viszonylag kis vízmélységnek köszönhetően. Ennek eredményeképp a Balaton vízhőmérsékletét napi ciklusú ingadozás jellemzi a melegebb hónapokban – gyenge függőleges napközbeni rétegződéssel és éjszakai átkeveredéssel – amely javarészt a teljes vízoszlopra kiterjed és eléri a mederüledéket is (Lükő és társai 2022).

Az üledék-víz határfelület kiemelt fontosságú egy tó ökoszisztémájában, hiszen ezen a határfelületen intenzív tápanyag-, oxigén- és hőtranszport játszódik le. Az üledék szerepét jól példázza a 2019. évi balatoni algavirágzás, amelyet az üledékből visszaoldódó foszfor indított be. A foszfor felszabadulásához vezető biológiai és kémiai folyamatok szintén az üledék-víz határfelületén játszódtak le, amelyek közül kiemelt szerepe volt a vízoszlop hőmérsékleti rétegződésének (Istvánovics és társai 2022). A Balaton sekély tulajdonságának köszönhetően az üledék hőmérséklete szorosabb kapcsolatban áll a vízhőmérséklettel, mint mély tavak esetében, ahol a mederfenék feletti vízrétegek lassabban cserélődnek és azokat a meteoroló-

giai folyamatok hatásai is lassabban érik el (Wetzel 2001). A Balaton esetében modellvizsgálatokkal is kimutatták, hogy a közvetlen mederfenék feletti rétegződést érdemben befolyásolja az üledék-víz határfelületen zajló hőcsere (Torma és Krámer 2017).

Az üledék-víz határfelületen történő hőcsere jellemzően diffúziós folyamat, amelynek intenzitása és iránya alapvetően attól függ, hogy milyen előjelű és mértékű a hőmérséklet-különbség a víz és az üledék között. Emellett szerepet játszanak az üledék feletti vízréteg turbulencia viszonyai, illetve az üledékre jellemző molekuláris diffúzió, amely az üledék összetételétől és a víztartalmától függ (Fuente 2014). Az üledékrétegben a transzport-folyamatokat a molekuláris diffúzió dominálja, mely intenzitása felkeveredés, bioturbáció vagy gázok felszabadulása során növekszik (Bernhardt és társai 2014). Végezetül pedig, ha az üledékben lévő víz hőmérséklete nagyobb lesz, mint a felette elhelyezkedő vízoszlopé akkor a hőmérséklet keltette sűrűségkülönbség labilis környezetet hoz létre, ami a molekuláris diffúzióval jelentősen erőteljesebb konvekcióhoz vezet.

Korábbi tanulmányok megmutatták, hogy az üledék és víz közötti hőcsere különböző folyami és tavi környezetekben más és más nagyságrendben és időskálákon zajlik le, az órától akár az éves nagyságrendig (Prats és társai 2011, Cyr 2012, Zdorovenova és társai 2021). Tavak hőmérsékleti modellezésével kapcsolatban fellelhető néhány tanulmány, melyeknél az üledékekkel való hőcsere részletes számításokkal vették figyelembe (Tsay és társai 1992, Fang és Stefan 1996, Golosov és Kirillin 2010, Torma és Wu 2019, Tasnim és társai 2021), azonban a közlemények túlnyomó többségében ezt elhanyagolhatónak tekintik. Ez azonban nem minden esetben tehető meg, mint ahogy arra már Wetzel (2001) is felhívta a figyelmet, miszerint bizonyos sekély tavak esetében az energiamérleg több, mint 30%-át is kiteheti az üledékekkel való hőcsere.

Jelen tanulmányunk célja az, hogy a Balatonra feltárjuk az üledék-víz határfelületen zajló hőcsere mértékét és jellemzőit a tavasz végétől ősze elejéig tartó időszakra, valamint, hogy meghatározzuk a szerepét a szezonális hőháztartásban és a hőmérsékleti rétegződésben. Közleményünk tisztán terepi mérések eredményein alapul. Az eddig általunk megismert tanulmányokban az üledék-víz határfelületen zajló hőáramot és az üledék hővezetési jellemzőit minden esetben csak hőmérsékletmérések alapján vezették le, figyelembe véve természetesen az üledék összetételét és a pórusvíz tartalmát. Ezen túlmutatva, a víz- és üledék-hőmérsékletek mellett közvetlenül mértük az üledék felső rétegében a függőleges irányú hőfluxust is.

MÓDSZERTAN ÉS ANYAG

Mérési helyszín és adatok

A Balaton energia-háztartását feltáró mérések – beleértve az üledék-víz hőcserejét is – 2019-ben történtek a Keszthelyi-medence közepén (46°43'60" É, 17°16'35" K) felállított hidrometeorológiai mérőállomáson (1. ábra), amelyet a BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszéke működtetett az ELTE Meteorológiai Tanszék és a Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság közreműködésével. A mérési kampány 2019. május 18-tól október 7-ig tartott. Az állomás műszerezését az 1. ábra mutatja, míg az összes

mért állapotváltozót Lükő és társai (2022), illetve Istvánovics és társai (2022) tanulmányok ismertetik. Jelen vizsgálat alapját az üledékben és a víztérben elhelyezett hőmérők, illetve hőárammérő korongok szolgáltatja hőmérséklet és hőfluxus idősorok képezik. Ezeket 20 másodpercenként mértük, amelyekből 5 perces átlagokat számítottunk és rögzítettünk. Jelen vizsgálatban az ezekből származtatott 1 órás átlagértékekkel számoltunk.

A víztér és az üledék hőmérsékleti rétegződését kilenc darab T107 hőmérővel (Campbell Sci.) mértük, melyek közül hat 0,5 m-es kiosztással a vízoszlop mentén (T4-T9, letről felfelé), egy a víz és üledék határfelületén (T3), kettő pedig az üledékben volt elhelyezve (T1-T2, letről felfelé) (1. ábra). A hőáramot két darab, egymás mellett elhelyezett HFPO1 hőárammérő koronggal (Hukseflux) rögzítettük az üledék 8 cm-es mélységében. Az esetleges inhomogenitások és megzavarások hatásának felderítése és minimalizálása érdekében a hőárammérők esetében két műszert telepítettünk azonos szinten. Az üledékben elhelyezett szenzorok kiosztását külön mutatjuk a 2. ábrán. A műszerek üledékbe való telepítése az iszap megbolygatásával járt, ezért az üledék megzavarásának minimalizálása érdekében az iszapba egy PVC cső darabot nyomtunk be óvatosan, amelyen előre lyukakat és nyílásokat vágtunk és ezeken keresztül toltuk ki a műszereket a cső belsejéből a zavartalan üledéktérbe. A cső belsejét ezután visszatemetjük. A telepítés bűvármunkával történt.

Határfelületi hőáram meghatározása

A víz és üledék határfelületen a hőmérséklet-különbség hatására létrejövő függőleges irányú hőáram mérése közvetlenül nem megoldható, mert a hőárammérő korong felső felülete a vízzel érintkezne, ahol a vízmozgásnak köszönhetően turbulens és konvekciós hőcsere is zajlik. Ezek mérése a hőárammérő korong nem alkalmas, ezért a szárazföldi mikrometeorológiának a talajhőáram meghatározására kidolgozott eljárását adaptáltuk. A határfelületi hőáram kiszámításához az üledék felső rétegére írjuk fel az energiamérleget (Massman 1992, Liebenthal és Foken 2007). A réteg felső határa az üledék-víz határfelület, az alsó határa pedig az a szint, ahol a hőáramot mérjük. Az üledékben a vízszintes hőcsere (H_{horiz}) elhanyagolva a mérlegegyenlet az alábbi:

$$H_{hf} = \Delta S_{\bar{u}} + H_{mért} \quad (1)$$

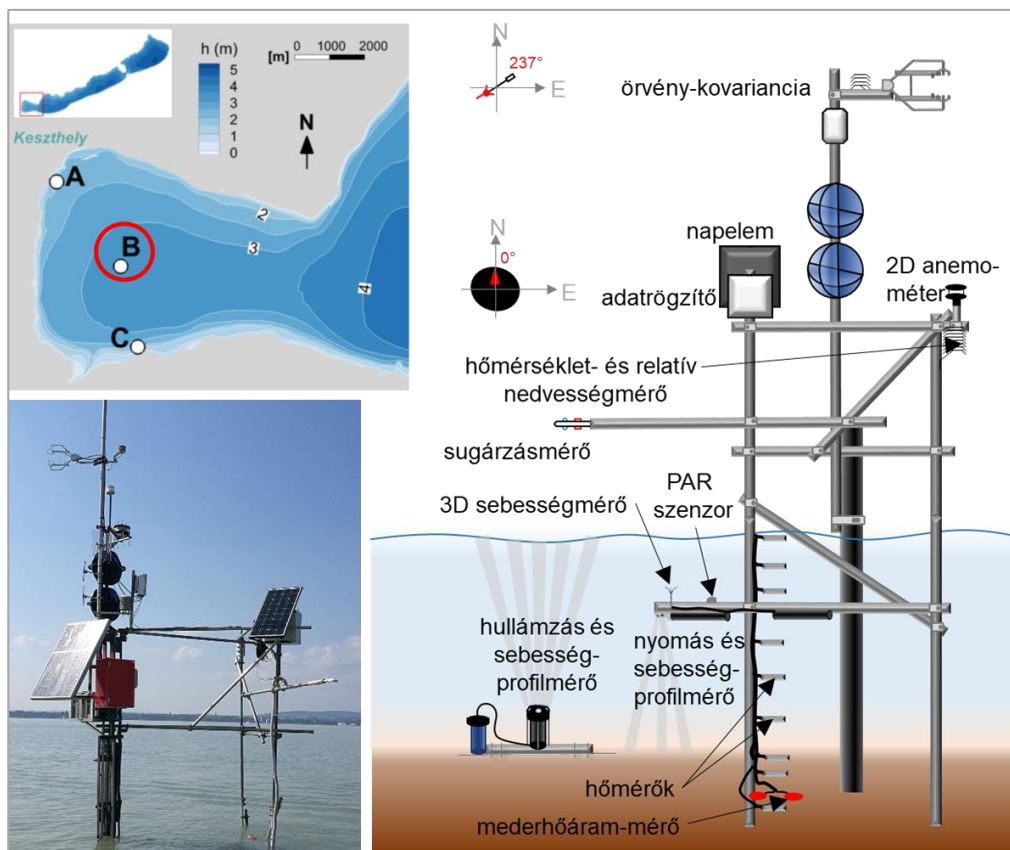
ahol H_{hf} a határfelületi hőfluxus, $H_{mért}$ a 8 cm mélyen mért hőfluxus, $\Delta S_{\bar{u}}$ pedig az üledékben tárolt energia.

Ez utóbbi az üledék időbeli hőmérséklet-változásából számítható (Fuente 2014):

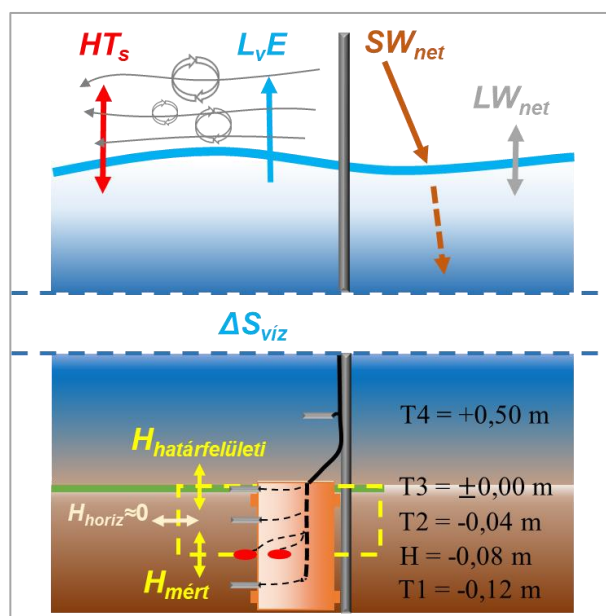
$$\Delta S_{\bar{u}} = \rho \cdot c_v \cdot h \frac{\partial T_{\bar{u}}}{\partial t} \quad (2)$$

ahol $T_{\bar{u}}$ a vizsgált üledékréteg átlaghőmérséklete, ρ az üledékréteg átlagos sűrűsége, illetve c_v annak állandó térfogaton vett fajhője, h a vizsgált üledék vastagsága, t pedig az idő.

A ρ és c_v tényezők meghatározásánál figyelembe kellett veyük az üledék víztartalmát, melyet a mérések alapján határoztunk meg. Ezeket jelen tanulmányban, első közelítésként függély mentén konstansnak tekintjük. A vizsgált üledékréteg átlaghőmérsékletét a három mélységben rögzített hőmérsékletek függély menti átlagolásával kaptuk. A 2. ábrán sárga szaggatott vonallal lehatároltuk a vizsgált üledékréteget.



1. ábra. Mérési helyszín és a hidrometeorológiai mérőállomás felépítése (Lükő és társai 2022)
 Figure 1. Measurement location and the setup of the hydrometeorological station (Lükő et al. 2022)



2. ábra. Tó és az üledék felső rétegének energiamérleg elemei, valamint a hőmérők (T) és hőárammérő korongok (H) telepítési elrendezése

Megjegyzés: Az üledék energiamérlegét a sárga szaggatott vonallal jelölt térrészre írtuk fel, határain a hőcserék jelölésével. Az egyes változókat „A tó energiamérlege (0D modell)” fejezetben ismertetjük

Figure 2. Energy balance components of the lake (above) and the upper layer of the sediment (below) as well as the installation arrangement of thermometers (T) and heat flux plates (H)

Note: The energy balance of the sediment was determined for the area marked with a yellow dashed line and by heat exchanges marked at its borders. The variables are described in the “Energy balance of the lake (0D model)” chapter

Hővezetési együttható

Bár a határfelületi mederhóáram számításához szükséges a hóáramokat is mérni egy adott mélységben, de egy az üledékre felállított hővezetési modell segítségével később kiküszöbölhetővé válhatna azok meghatározása. A hővezetési modell felállításához szükséges egy hővezetési együttható (α), melynek értékét az alábbi egyenlettel számítottuk (Smith 2002):

$$H_{mért} = \alpha \cdot \left. \frac{\partial T_{\bar{u}}}{\partial Z} \right|_{-z} \quad (3)$$

ahol z a mérés szintje.

A fenti egyenletben az egyetlen ismeretlen az α , amely meghatározása innen már közvetlenül megtehető. A $\partial T_{\bar{u}}$ a T_2 és T_1 hőmérők különbségéből számítható, amely időnként kiugró értéket mutat. A hirtelen nagy hőmérsékletváltozások nem magyarázhatók a hővezetés folyamatával, mérési hibára vagy esetleg hőfejlődéssel járó biológiai folyamatokra utalnak. Ezeket a kiugró értékeket kiszűrtük a vizsgálatok előtt az alábbi két feltétellel: i) egymást követő hőmérséklet között maximum ± 2 °C eltérés lehet; ii) az adat az 5 órás időszak átlagától annak szórásának háromszorosánál nem térhet el jobban. A kiszűrt adatokat lineáris interpolációval pótoltuk.

A tó energiamérlege (0D modell)

A víz-üledék közötti hőcsere szerepét a tó hőháztartásában egy nulldimenziós (0D) energiamérleg modellel vizsgáltuk. Egyrészt vizsgáljuk, hogy hogyan alakul a vízhőmérséklet, másrészt pedig a párolgás, illetve a szenibilis hóáram a mederhóáram figyelembevételével, illetve a nélkül. A tó egységnyi felületű vízoszlopára az energiamérleg egyenlete a következő (Lükő és társai 2022):

$$R_{sug} + HT_s + L_v E + \Delta S_{viz} + H_{hf} = 0 \quad (4)$$

ahol R_{sug} a nettó sugárzási hóáram, HT_s a szenibilis hóáram, ΔS_{viz} a vízoszlopban tárolt energia, $L_v E$ pedig a látens (párolgási) hóáram.

A nettó sugárzási hóáram a bejövő és kimenő rövid- (SW), illetve hosszuhullámú (LW) sugárzás komponensek összege (2. ábra). A vízben tárolt energia meghatározása – ΔS_{viz} és a $\Delta S_{\bar{u}}$ -hez hasonlóan – a mért vízhőmérsékletek alapján történt.

A turbulens hóáramokat (HT_s , $L_v E$) a modellben átviteli függvények segítségével határoztuk meg az alábbi képletekkel (Lükő és társai 2022):

$$HT_s = \rho_l \cdot c_l \cdot C_H \cdot u \cdot (\Delta T) \quad (5)$$

$$L_v E = \rho_l \cdot \lambda \cdot C_E \cdot u \cdot (\Delta q) \quad (6)$$

ahol ρ_l a levegő sűrűsége, c_l a levegő állandó nyomáson vett fajhője, u a szélesség, ΔT a vízfelszín és a légkör hőmérséklet különbsége, Δq pedig a specifikus nedvességtartalom-különbség a vízfelszín és a légköri mérési magasság között.

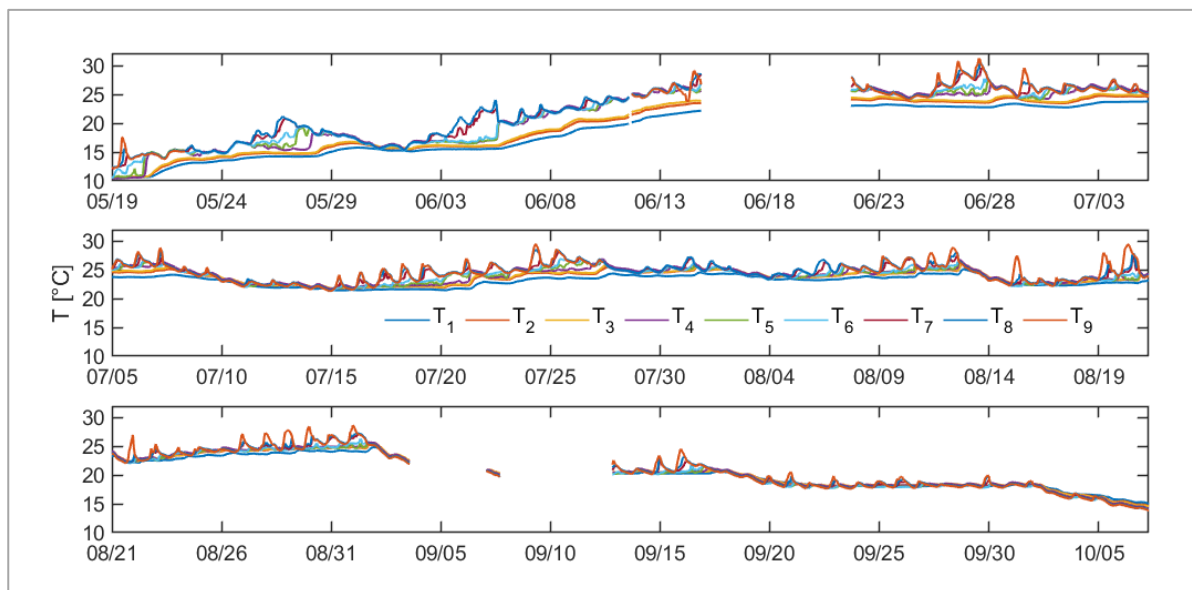
A λ párolgáshő a vízfelszín hőmérséklete alapján számítottuk, a szükséges meteorológiai állapotváltozókat a nyíltvízi állomás (1. ábra) rögzítette, míg a C_H és C_E átviteli tényezők kalibrálandó paraméterek voltak. Ez utóbbiak értékeit egymással egyezőnek vettük fel (Nordbo és társai 2011), ezzel csökkentve az energiamérleg modell kalibrálandó szabad paramétereit. A modell kalibrálása során a mért és modellezett függvényátlagolt vízhőmérsékletek egyezésére törekedtünk.

EREDMÉNYEK ÉS DISZKUZZIÓ

A víz- és üledék hőmérsékletek alakulása

A 3. ábrán a különböző mélységben elhelyezett hőmérők által rögzített víz és üledék hőmérsékletek idősorai láthatók óras felbontással május közepétől szeptember elejéig. Az időszak első felét egy intenzív melegedés jellemezte június közepéig, amely során a vízhőmérséklet közel monoton módon több mint 15 °C-ot emelkedett. A napi ciklusú hőmérsékleti rétegződés ebben az időszakban még gyenge volt. Két alkalommal (05/24-26 és 06/03-05) a felszíni vízhőmérséklet erőteljesebben megnövekedett a melegebb levegő hatására. Mindkét időszakot egy erőteljes szél keltette átkeveredés követte, aminek eredményeképp a mélyebb rétegek hőmérséklete, valamint ezzel az üledék-víz közötti hőmérséklet-különbség ugrásszerűen megnőtt (3. és 4. ábra). Ennek oka az üledék és a víz fajhőjének eltérése. Az időszak további részében (június végétől) erőteljes és igazán tartós hőmérséklet-változások nem voltak, a meleg évszakra jellemző napi ciklusú hőmérséklet-ingadozás és rétegződés figyelhető meg (6/a ábra), amelyeket a viharokkal együtt járó kisebb lehűlések és átkeveredések szakítottak meg. A június 15-20. és a szeptember 3-12. közötti időszakokban energiaellátási problémákból adódóan a víz- és üledék-hőmérsékleteket nem, vagy csak időszakosan tudta rögzíteni a mérőállomás.

A 3. ábrán a T1-T9 által mért hőmérsékletek láthatók. Jól megfigyelhető a víztest felmelegedése a tavaszi időszakban, és a kezdődő hűlési időszak a nyár végi és az ősz eleji időszakban. A tó átlagos hőmérséklete 22,9 °C volt a nyár során, ami jól illeszkedik a léghőmérséklet esetében mérthez. A teljes vízoszlopra átlagolt értékekből a legmagasabb hőmérséklet 27,4 °C, a legkisebb pedig 11,2 °C volt. Az ábrán látványosan megmutatkozik, hogy a mederben mért hőmérsékletek sokkal lassabban változtak, mint a víztér esetében, illetve a napi ingadozásuk is számottevően kisebb volt.



3. ábra. Víz- és üledék-hőmérsékletek alakulása

Megjegyzés: (T1-T2)- az üledék hőmérséklet, (T3)- az üledék víz határfelület hőmérséklet, (T4-T9)-a vízoszlop hőmérséklet

Figure 3. Evolution of water and sediment temperatures

Note: (T1-T2)-sediment temperatures, (T3)-sediment-water interface temperature, (T4-T9)-water column temperatures

A 4. ábra a víztér és az üledék közti hőmérséklet-különbséget mutatja a határfelület felett 0,5 m-re és az iszapban 4 cm mélyen telepített műszerek rögzített adatai alapján. Egyrészt megfigyelhető, hogy az üledéknek a hőmérséklet-változással szembeni tehetetlensége – fajhőjének köszönhetően – jóval nagyobb, mint a víznek. Ennek köszönhetően a napi ciklusú hőingások az üledékben nem voltak érzékelhetők, illetve legfeljebb pár tized Celsius-fokosak voltak, ellentétben a vízoszlopot jellemző markáns több fokos napon belüli változásokkal. Másrészt jól látszik, hogy a melegedési periódus során jelentős, akár 5 °C-os különbség alakult ki az alsó vízréteg és az üledék között, amely tartósan fennmaradt. Ez egy folyamatos stabilis rétegződést eredményezett az üledék felszíne felett, ami alapján feltételezhető, hogy a függőleges irányú turbulens keveredés ebben a rétegben visszafogottabb volt. Egy ilyen erősségű stabil rétegződésnek az üledék biokémiai folyamataira is számottevő kihatása lehet, mivel csökkenti a függőleges irányú cserefolyamatokat, többek közt a tápanyag- és oldott oxigén fluxusokat. Ez a tartós hőmérséklet-különbség a második időszak (július 3-5.) során csökkent vissza nullára. Július közepétől kezdve az üledék és a meder közeli víztér hőmérséklete már csak rövidebb időszakokra mutatott különbségeket, és azok mértéke is kisebb volt. Végezetül felhívjuk a figyelmet, hogy a vízhőmérsékletben megjelenő ugrásszerű hőmérséklet-változásokat július végétől az üledék hőmérséklete is lekövette. Ez a jelenség a következő fejezetekben ismertetett mederhóáramok, illetve a számított hővezetési együttható idősorain is megmutatkozott és arra enged következtetni, hogy megváltoztak az üledék hővezetési tulajdonságai.

A mederhóáram időbeli alakulása

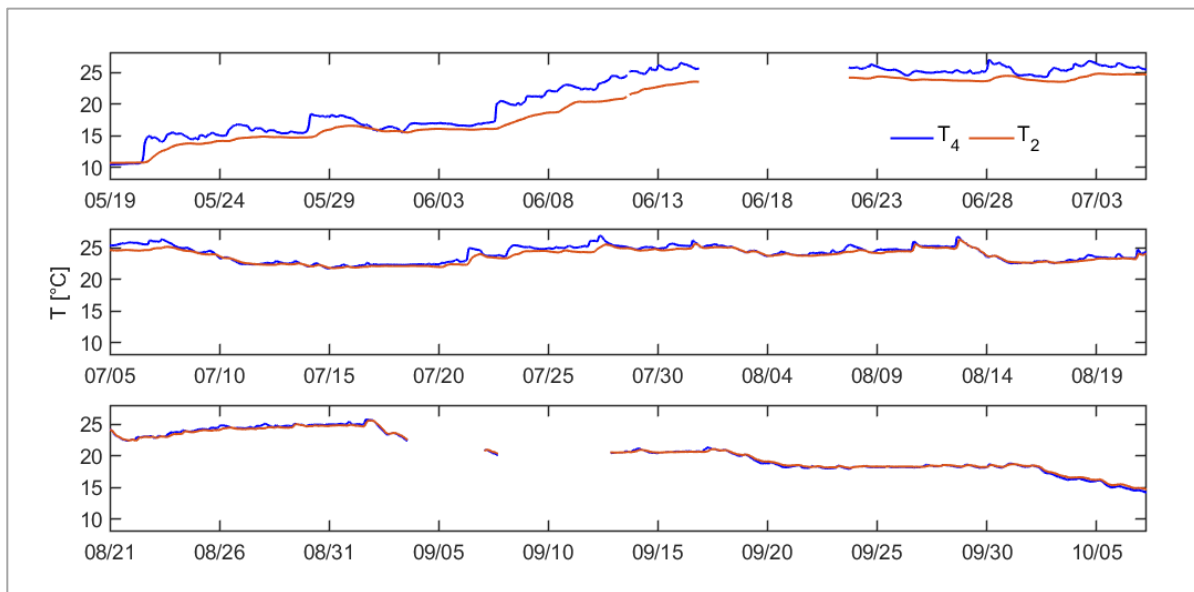
A mederhóáram idő menti alakulását az 5. ábra mutatja, amely alapján elmondható, hogy az üledék és a víztér közötti hőcsere tavasz végén és ősz elején irányt vált. A május közepén kezdődő mérés első két napjában negatív mederhóáram értékek voltak, ami azt jelenti, hogy akkor,

még ha kis mértékben is, de a meder hőt adott le a víztérnek (negatív előjelű). Ez a vízhőmérséklet növekedésével gyorsan megváltozott, és onnantól kezdve a hőáram iránya ellentétes lett, vagyis a nyári időszakban augusztus közepéig – pár rövid időszaktól eltekintve – az üledék mindvégig hőt vont el a víztérből (pozitív előjelű hőáram). A pár kivételes időszak a jelentős lehűléssel járó időjárási események hatására állt elő. Az ősz eleji időszak hasonló a tavasz végéhez, vagyis kis intenzitással ugyan, de ekkor már a meder adott át hőt a víztérnek. A vízhőmérséklet további csökkenésével ez a folyamat aztán erősebbé és tartóssá vált. A szezonális ciklust látva feltételezhető, hogy az üledék hőleadása mindaddig fennmarad, amíg a két közeg hőmérséklete közel kiegyenlítődik. Ennek időpontjára a jelenlegi mérésekből következtetést nem tudunk levonni, mert a mérések szerint a meder hőleadása még növekedett október első harmadában.

Az üledék-víz határfelületén kialakuló hőáram az, amely közvetlenül hatással van a víztér hőmérsékletére és rétegződésére. A határfelületi hőáramot és kapcsolatát az üledék 8 cm-es mélységében mért hőárammal az üledék felső rétegére felírt energiamérleg alapján vizsgáltuk (2. ábra). Az ábráról egyrészt jól kivehető, hogy a felületi hőáram jelentősen nagyobb a 8 cm-es mélységben rögzített képest, sokszor annak kétszeresét is meghaladja. Másrészt a felületi hőáram napi ciklusú ingadozása is számottevően nagyobb. Ez különösen igaz a melegedési periódust követő nyári hónapok során (július-augusztus), amikor az üledék hőmérséklete megközelítette a vízhőmérsékletet és a két közeg hőmérséklet-különbsége mindössze 1-2 °C. Ebben a periódusban a felületi és 8 cm mélyen észlelt hőáram napi átlagértéke kismértékben tér el, a kettő közti különbség a napi ingadozás során jelenik meg. A felületi hőáram a délelőtti órákban a besugárzás dominálta vízhőmérséklet-növekedéssel párhuzamosan megemelkedik, majd pedig az éjszakai lehűléssel a mélységi hőáram értéke alá csökken. Egy ilyen tipikus pár napos

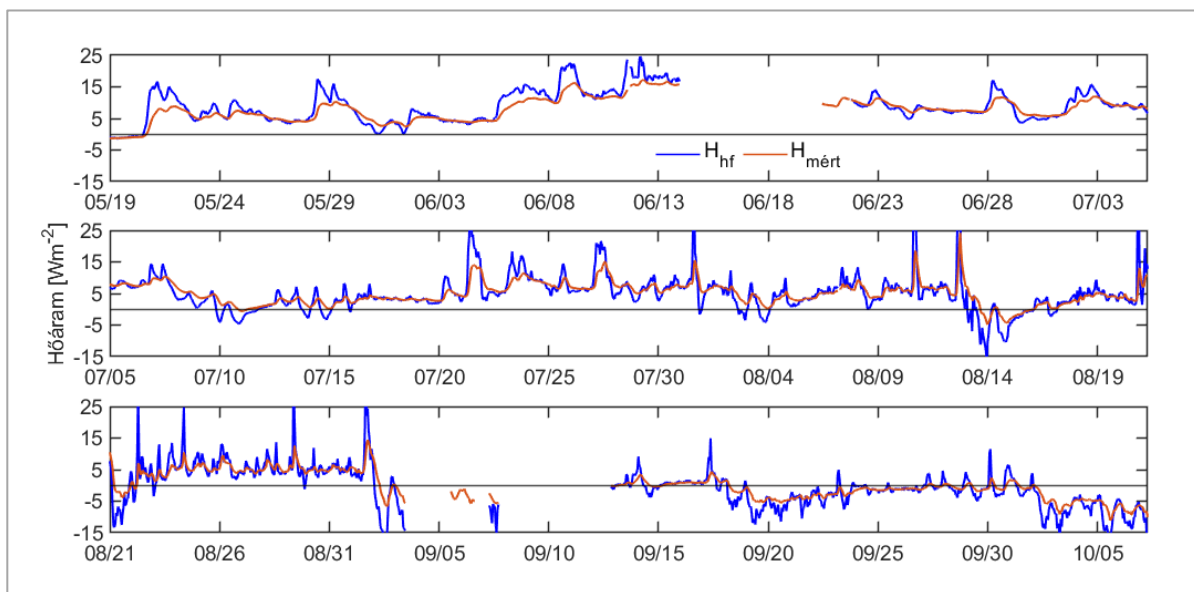
menetre mutat példát a 6. ábra. Ez azt jelenti, hogy az üledék felső (pár centiméteres) rétegében számottevően vál-

tozik a hőmennyiség, amely 8 cm-es mélységbe diffúzióval már részben jut csak le.



4. ábra. Az üledék (T_2) és az alsó vízréteg (T_4) hőmérsékletének alakulása

Figure 4. Evolution of sediment temperature (T_2) and water temperature (T_4) in the bottom layer



5. ábra. Felületre számított és az üledékben mért hőáramok idősorai

Megjegyzés: H_{hf} felületi hőáram, $H_{mért}$ üledék hőárama

Figure 5. Time series of heat fluxes calculated for the surface and measured in the sediment

Note: H_{hf} surface heat flux, H_{hf} sediment heat flux

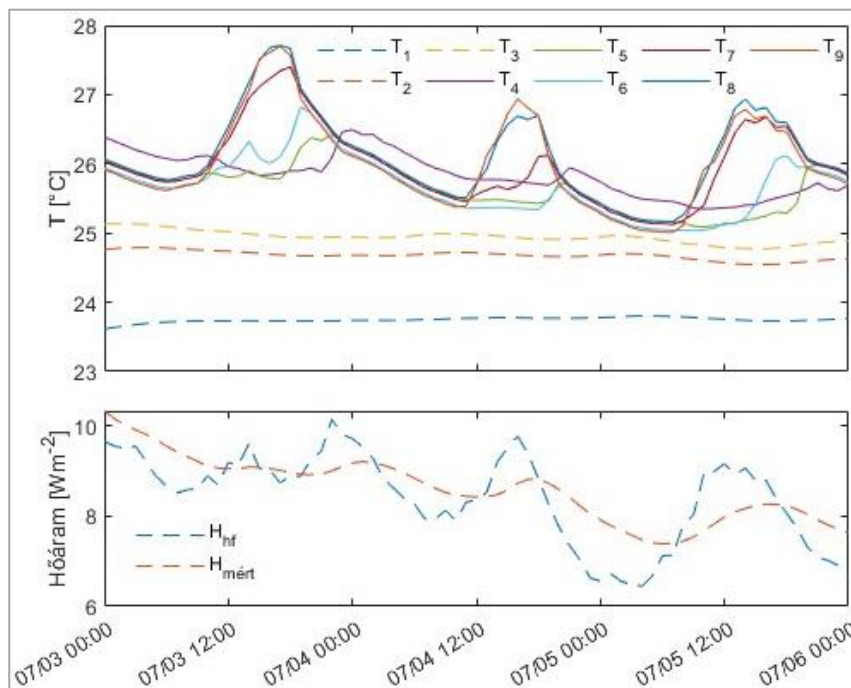
Ezek alapján elmondható, hogy a melegedési időszakban, amikor a víztér és az üledék hőmérséklete jelentősen eltér, a felületi hőcsere szignifikánsan meghaladja az üledék 8 cm-es mélységében mért értéket, annak akár kétszeresét is elérheti. Előbbi 2019 júniusában napokon át $10\text{--}25\text{ Wm}^{-2}$ között változott, vagyis ugyanolyan nagyságrendű volt, mint a levegő-víz határfelületen zajló szenzibilis hőcsere (Lükő és társai 2022). Ezzel szemben a nyári felmelegedést követő időszakban az üledékben mért hőáram jó közelítést ad az üledék-víz határfelületen zajló hőcséről napi skálán, azonban annak napi ciklusú intenzív ingadozását már nem képes megmutatni. A délutáni órákban az üledék hőfelvétele megnövekedett, majd az éjszakai és

hajnali órákban lecsökkent a kiegyenlítő üledék- és víz-hőmérsékleteknek köszönhetően.

A hőcsere napon belüli változása nem elhanyagolható, mivel fontos ökológiai szerepe lehet azáltal, hogy elősegíti az üledékréteg feletti víztér stabil rétegződését, csökkentve ezzel az ottani függőleges irányú keveredést. A stabil rétegzettség pedig csökkenti az oldott oxigén üledékhez való lejutását, amely – mint 2019-ben megtapasztaltuk – foszfor felszabaduláshoz és algavirágzáshoz vezetett (Istvánovics és társai 2022). A 7. ábra jól szemlélteti, hogy a víztér alsó 0,5 m-es mélységében kialakuló stabil hőmérsékleti rétegződés szoros összefüggésben van az üledék-víz határ-

felületen zajló hőcserével. Az ábrán jelölt hőmérséklet-különbségeket a határfelületen (T_3) és attól 0,5 m-re elhelyezett (T_4) hőmérők adataiból számítottuk. Ez az erős lineáris kapcsolat – eltávolodva a medertől – gyorsan megszűnik, ugyanis a mederfenéktől 0,5 m-en és 1 m-en mért hőmérséklet-különbséggel a kapcsolat már elenyésző. Ez azt mutatja, hogy a vízoszlop felszíni rétegzettségéből nem lehet feltétlenül következtetni a mederfenék feletti rétegzettségére.

Két gyakran előforduló példát találtunk, amikor a mederhőáram képes fenntartani közvetlenül az üledék felett a rétegzettséget. Egyrészt az éjszakai órákban a napsugárzás hiányában a felszín hőmérséklete csökkenni kezd, ami megnöveli ott a víz sűrűségét. A megnövekedett sűrűség hatására a felszíni víz elkezd alábukni és ezzel átkeveri a vízoszlop egy részét. Másrészt enyhe szél (2-3 m/s) esetén a felszín szintén képes átkeveredni, de a teljes vízoszlop nem.

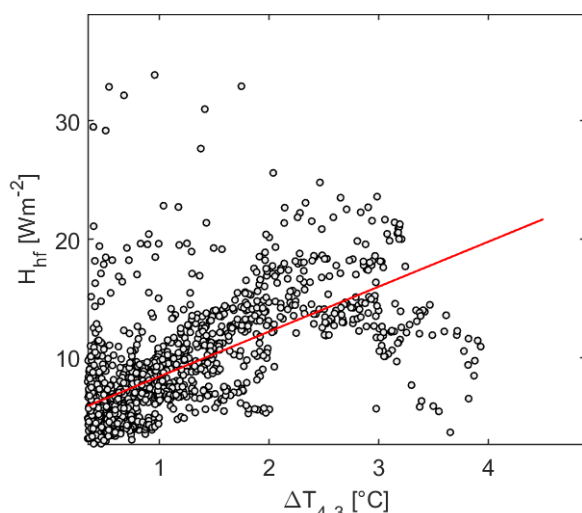


6. ábra. Víz- és üledék-hőmérsékletek (6/a), illetve a felületre számított és az üledékben mért hőáramok (6/b) napon belüli alakulása 2019/07/03 – 2019/07/06. között

Megjegyzés: (T_1 - T_2)-üledék hőmérséklet, (T_3)-üledék víz határfelület hőmérséklet, (T_4 - T_9)-vízoszlop hőmérséklet, H_{hf} felületi hőáram, $H_{mért}$ üledék hőárama

Figure 6. Intra-daily development of water and sediment temperatures (6/a), and heat fluxes calculated for the surface and measured in the sediment (6/b) between 03/07/2019 - 06/07/2019

Note: (T_1 - T_2)-sediment temperatures, (T_3)-sediment-water interface temperature, (T_4 - T_9)-water column temperatures, H_{hf} surface heat flux, $H_{mért}$ sediment heat flux



7. ábra. A mederfenék feletti hőmérséklet-különbség kapcsolata a felületi mederhőárammal. A hőmérséklet-különbség mértékegysége [$^{\circ}\text{C}$]

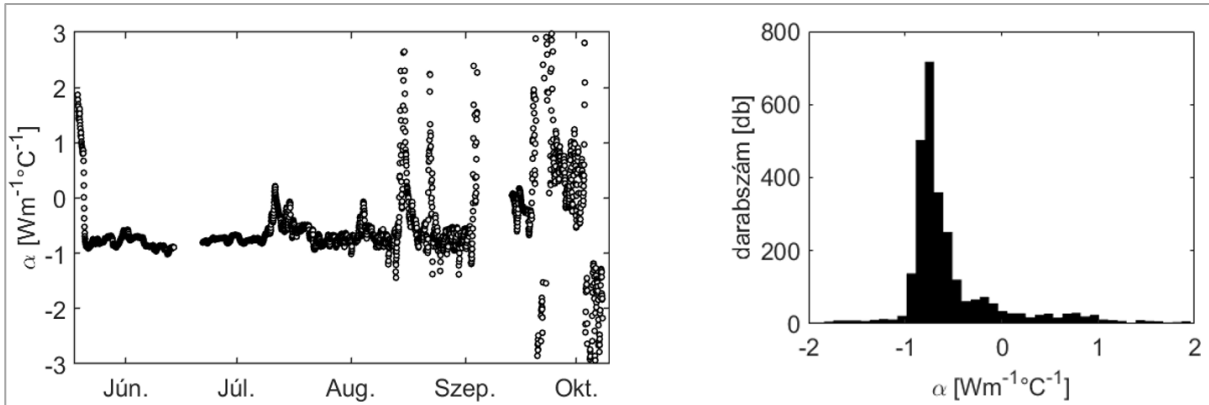
Figure 7. The relationship between the temperature difference above the lakebed and the heat flux at the sediment-water interface. The unit of the temperature difference is [$^{\circ}\text{C}$]

A felszíni üledék hővezetési jellemzői

Az üledék 8 cm-es mélységére vonatkozó hővezetési együtthatót a (3) összefüggés segítségével határoztuk meg. Mivel az üledék hőelnyelését tekintettük pozitívnak, így a jellemzően pozitív hőmérséklet-különbség esetében negatív előjelű, de abszolút értékében értelmezendő hővezetési együtthatót kaptunk. Ennek idősorát és statisztikai kiértékeléssel kapott eloszlását a 8. ábra mutatja. Május végétől augusztus közepéig pár rendkívül szeles időszaktól eltekintve a hővezetési együttható kis szórást mutat, értéke átlagosan $0,8 \text{ Wm}^{-1}\text{C}^{-1}$. Ezt követően elsőként a júliusi, majd az augusztusi szélviharoknak köszönhetően az üledék többször erősen felkeveredett és ezzel megváltozott a szerkezete, beleértve annak víztartalmát. Az üledék a viharok között valamelyest konszolidálódott, visszaállt az eredeti, átlagosnak mondható állapotára és ezzel a hővezetési együttható is újra megközelítette eredeti, jellemző értékét. A hővezetési együttható rövid idejű, de erőteljes ingadozásából arra következtethetünk, hogy az intenzív vízmozgás (áramlás és hullámozás) során a hőcsere nemcsak egy tisztán molekuláris diffúziós folyamat, hanem turbulens keveredés is történik.

A hővezetési együttható ingadozása szeptember közepétől tovább erősödött. Ellenben ekkor a nyári időszakhoz képest már nemcsak a szélesemények változtathatták meg a hőcserefolyamat jellegét, hanem az üledék rétegzettsége is. Amikor az üledék felszínének hőmérséklete a mélyebb réteg hőmérséklete alá csökkent, akkor instabil rétegzettség alakult ki. Ekkor a felszíni rétegben található pórusvíz

nagyobb sűrűségű lett, mint az alatta elhelyezkedő és sűrűségkülönbség keltette vízmozgás tudott megindulni. Ez azt eredményezi, hogy ekkor sem tisztán molekuláris diffúzió határozta meg a hőcsere nagyságát. Összeségében tehát mind a vízmozgás keltette turbulencia, mind pedig a sűrűségi áramlások összetett hőáramviszonyokat tudnak kialakítani.



8. ábra. Az üledék hővezetési együtthatójának időszora (balra) és statisztikai eloszlása (jobbra)

Az együttható medián értéke $-0,8$; átlaga $-0,3$; szórása $1,79 \text{ Wm}^{-1}\text{C}^{-1}$

Figure 8. Time series (left) and statistical distribution of the thermal conductivity coefficient (right) of the sediment
The coefficient has a median value of -0.8 , an average of -0.3 , and a standard deviation of $1.79 \text{ Wm}^{-1}\text{C}^{-1}$

Ezek vizsgálatát a hővezetési együttható és a hőárammérő korongok két oldalán mért hőmérséklet-különbségek alapján végeztük (9. ábra). A (3) egyenlet szerint négyféle eset fordulhat elő, miszerint dT és α négy különböző kombinációban fordulhat elő előjelüket ($dT < 0$ és $\alpha < 0$) tekintve. A négy eset az alábbi:

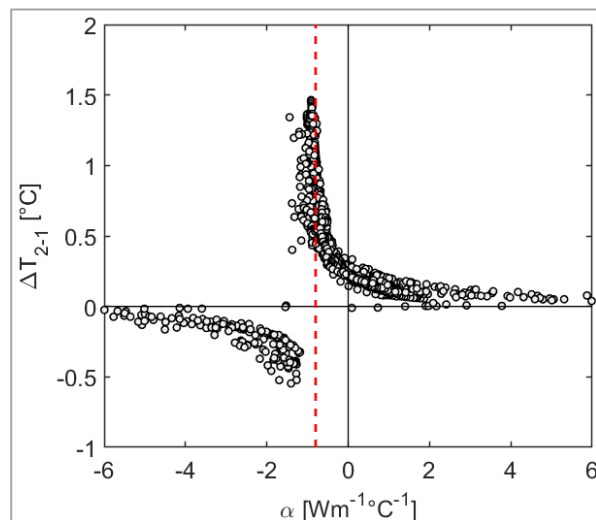
- I. $dT > 0$ és $\alpha < 0 \rightarrow H_{\text{mért}} > 0$;
- II. $dT > 0$ és $\alpha > 0 \rightarrow H_{\text{mért}} < 0$;
- III. $dT < 0$ és $\alpha < 0 \rightarrow H_{\text{mért}} < 0$;
- IV. $dT < 0$ és $\alpha > 0 \rightarrow H_{\text{mért}} > 0$.

Az I. eset az, amikor stabil a hőmérsékleti rétegzettség az üledékben és a hőáram iránya lefelé mutat, vagyis a víztértől az üledék felé. Ez teszi ki az esetek legnagyobb hányadát és ekkor zajlik tisztán molekuláris diffúzió, amely jól jellemezhető a kapott hővezetési együttható medián értékével ($\alpha = 0,8 \text{ Wm}^{-1}\text{C}^{-1}$). Látható, hogy dT növekedésével sem változik α értéke.

A II. esethez tartozó pontok olyan időszakokat mutatnak, amikor a dT pozitív, de a hőáram azzal ellentétes irányú, mivel α is pozitív. Vagyis annak ellenére, hogy stabil a hőmérsékleti rétegződés az üledékben, a hőáram iránya felfelé, a víztér felé mutat. Ez olyan tranziens esetet jelenthetne, amikor a 8 cm mélységben lévő hőárammérő korongot közrefogó 4 és 12 cm mélyen mért hőmérsékleti profil nem monoton változik, hanem feltehetően inverzió alakult ki. Ilyenkor a hőmérséklet kis mértékben változhat csak, amit megerősít az ábra, mert ebben a II. esetben dT nem éri el a $0,5^\circ\text{C}$ -ot sem. Összevetve azonban a 8. ábrával látható, hogy ezek a szélviharok keltette erős vízmozgással járó rövidebb időszakok, vagyis amikor a felkeveredett, il-

letve fellazult üledékben a turbulens keveredés dominálta a hőcsere.

A III. esetben instabil a hőmérsékleti rétegződés az üledékben – az üledék felszíne hidegebb, mint a mélyebb része – és a hőáram iránya ellentétesre vált, a víztér felé mutat. Ilyen instabil rétegzettség mellett alakulhat ki a pórusvíz sűrűségi áramlása, ami a hőcsere megnövekedésével jár. Ezt megerősíti, hogy α értéke ebben a III. esetben abszolút értékben jelentősen nagyobb, mint $0,8 \text{ Wm}^{-1}\text{C}^{-1}$. Ilyen esetek – ahogy azt korábban írtuk – szeptember közepétől fordultak elő, ahogy az a 8. ábrán is látható. A IV. eset nem fordult elő.

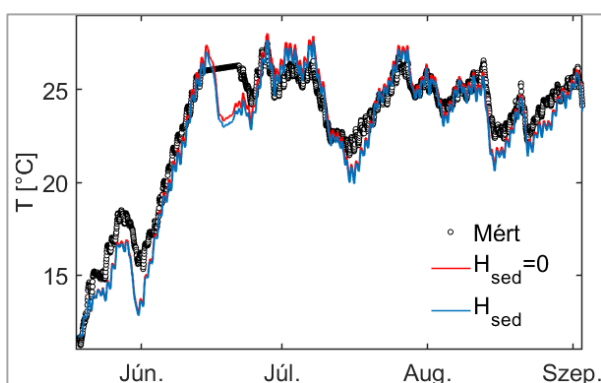


9. ábra. Hővezetési együttható (α) és az üledékben mért hőmérséklet-különbség (ΔT) kapcsolata

Figure 9. Relationship between the thermal conductivity coefficient (α) and the measured temperature difference (ΔT) in the sediment

A mederhóáram hatása a tó energiamérlegére

Végezetül azt vizsgáltuk, hogy a mederhóáram milyen hatással van a tó energia-háztartására. Ehhez a már előzőleg ismertetett egyszerű energia-háztartási modellt használtuk. Ez egy 0D-s modell, amivel a vízoszlopban tárolt teljes hőmennyiséget és az abból levezethető, függélymenti átlaghőmérsékletet határoztuk meg. Két változatot szimuláltunk: az első esetben elhanyagoltuk, míg a második esetben figyelembe vettük a meder-víz határfelületen zajló hőcsereét. Utóbbi esetben a határfelületre számított idősort írtuk elő a modellnek. A két szimulációval kapott vízhőmérsékleteket a 10. ábrán vetjük össze a mért értékekkel. Az energiamérleg modell mindkét esetben nagyon jó egyezést mutat a mértékekkel. A modell vízhőmérséklet számítására vonatkozó képességét a Nash-Sutcliffe hatékonysági mutató megerősítette. A mederhóáram figyelembevételével a hatékonysági mutató értéke 0,9, míg anélkül 0,89. Tökéletes egyezés esetén az értéke 1,0 lenne. A hatékonysági mutatóban jelentkező elhanyagolható különbség azt jelenthetné, hogy a mederhóáram szerepe elenyésző, azonban ez félrevezető. Ennek oka, hogy modellünk a légkör-víz határfelületen számított látens és szenzibilis hőcsereét a vízhőmérséklettől függően dinamikusan számítja. A víz és a légkör között egy ilyen sekély tó esetében, mint a Balaton, közel egyensúlyi állapot áll fenn. Ez azt jelenti, hogy ha a vízhőmérséklet csökken – például a mederhóáram hatására –, akkor a légkör-víz határfelületen zajló hőcsere is csökkenni fog és fordítva. Ez az (5) és (6) egyenletekből egyértelműen látszik. A szenzibilis hőcsere a hőmérséklet-gradienstől közvetlenül függ (5. egyenlet). A látens hőcsere esetében egyrésztől a párolgáshő függ a hőmérséklettől, másrésztől pedig a vízfelszín feletti telítődési nedvességtartalom értéke a specifikus nedvességtartalom-gradienstől (6. egyenlet). Mindkét hőcsere-folyamatot dinamikusan számította modellünk. Röviden tehát a mederhóáram a megváltozó vízhőmérsékleten keresztül kihat a légkör-víz felületi hőcserekre.

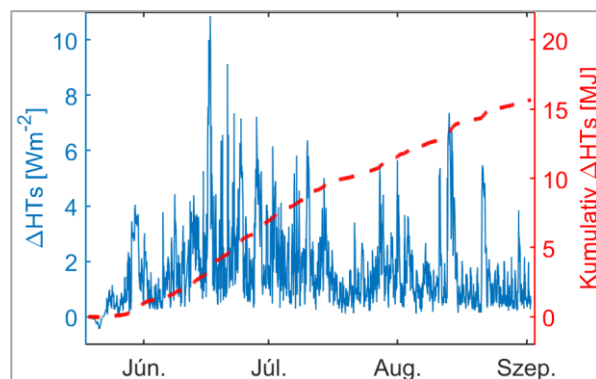


10. ábra. A mért vízhőmérséklet (Mért) és a modellezett átlagos vízhőmérsékletek alakulása a mederhóáram figyelembevételével (H_{sed}) és anélkül ($H_{sed}=0$)

Figure 10. Evolution of measured water temperature (Mért), and modeled average water temperatures with consideration of sediment heat flux (H_{sed}) and without consideration of sediment heat flux ($H_{sed}=0$)

A látens hőáramot időben összegezve majd elosztva a párolgáshővel és a vízsűrűséggel megkapjuk a teljes időszak

alatt elpárolgott vízmennyiséget ($E = \frac{\sum L_v E}{\rho_v \lambda}$). A három hónap (június-augusztus) során a tó párolgás értéke a mederhóáram elhanyagolásával 60 cm-re adódott, míg annak figyelembevételével 58 cm-re. A nyári időszakban mind a párolgás, mind a mederhóáram hűti a vízoszlopot és ezzel csökkenti a párolgáshoz rendelkezésre álló hőmennyiséget. A dinamikus egyensúlynak köszönhetően a mederhóáram elhanyagolásával valamelyest túlbecsültük a látens hőáramot és ezzel a tó párolgást is. A téli és/vagy átmeneti hónapokban várhatóan ez fordítva történik, mert ekkor az üledék hőt ad le a víztérnek, ellentétben a párolgással, amely mindvégig hőt von el. A nyári hónapokra kapott 3-4%-os eltérés így várható, hogy éves léptékben tovább csökken. Végezetül előbbihez hasonlóan vizsgáltuk az üledék-víz közötti hőcsere hatását a szenzibilis hőáram alakulására (11. ábra). A mederhóáram elhanyagolása a vizsgált tagok közül itt fejt ki legjobban hatását. A 11. ábrán a szenzibilis hőáramok különbségét ábrázoljuk a két vizsgált esetre, vagyis a mederhóáram nélküli idősből kivontuk a mederhóáram figyelembevételével kapott idősort. Ennek a különbségnek az átlaga $1,7 \text{ Wm}^{-2}$ -re adódott, ami a szenzibilis hőcsere átlagos értékéhez (22 Wm^{-2}) képest átlagosan 7-8%-os eltérést jelent. Ez a különbség már számottevő. A teljes időszakra összegezve a teljes szenzibilis hőcsere a két modellváltozat között meghaladta a 15 MJ-t. Összességében ez azt jelenti, hogy a mederhóáram elhanyagolásával bár képesek vagyunk jól becsülni a vízhőmérsékletet, de annak kárára, hogy közben hibát vétünk a légkör-víz határfelületen zajló hőcserekrében. Ennek a hibának nagyobb része a szenzibilis, míg kisebb hányada a látens hőcsere terhelé.



11. ábra. A szenzibilis hőáramok különbségének időszora a mederhóáram figyelembevételével és anélkül, illetve ennek kumulatív összege

Figure 11. The time series of the difference in sensible heat fluxes with and without consideration of the sediment heat flux, and its cumulative sum

KONKLÚZIÓK

Kutatásunkban a Balaton üledék-víz határfelületén zajló hőcsereét vizsgáltuk hosszú idejű mérési adatsorokra alapozva. A mérési program során nemcsak a víz- és üledék-hőmérsékleteket monitoroztuk nagy időbeli felbontással, hanem hőárammérő korongok segítségével közvetlenül mértük az üledék felső rétegében a hőáramot is. Az irodalomkutatás során hasonló mérésre nem találtunk példát, más kutatók ezidáig csak hőmérséklet mérésre alapozva jellemezték a mederhóáram mértékét. Vizsgálataink eredménye alapján következtetéseink az alábbiak:

- A mederhóáram mértéke a nyári hónapok túlnyomó részében jól számítható egy hődiffúziós egyenlettel, de csak olyan esetekben, amikor az üledéket nem zavarja meg a vízmozgás, illetve amikor stabil hőmérsékleti rétegződés jellemzi a határfelületet, vagyis a víztér hőmérséklete meghaladja az üledékét.
- A vizsgálatok során azt kaptuk, hogy ekkor a Balaton üledékének hővezetése jól jellemezhető egy konstans hővezetési együtthatóval, aminek értéke $0,8 \text{ Wm}^{-1}\text{°C}^{-1}$. Ez az üledékben fellépő (ΔT_{2-1}) $0,5-1,5 \text{ °C}$ közötti hőmérséklet-különbség tartományra érvényes a Keszthelyi-medence nyílt vizére. Ekkor a víztér-üledék közötti hőmérsékleti eltérés (ΔT_{4-3}) $0-4 \text{ °C}$ között változik.

A hővezetéssel kapcsolatban az alábbi további következtetéseket tudjuk megfogalmazni:

- A szél keltette vízmozgás (áramlás és hullámzás) könnyen meg tudja zavarni a hőcsere folyamatát. Ekkor az üledék szerkezete megváltozik és a hőcserében komoly szerepet játszik a turbulens keveredés is.
- Instabil hőmérsékleti rétegződés szintén kialakulhat az üledékben tavasszal és ősszel. Ekkor a pórusvíz áramlása megindulhat, amelyet a sűrűségkülönbség hajt meg. Ekkor a hővezetési együttható értéke jelentősen megnövekszik, illetve az üledékben a hőmérséklet-gradiens számottevően kisebb, mint stabil rétegzettség esetén. Ilyen esetekben a hőmérséklet-gradiens értéke $-0,5 \text{ °C}$ és $0,5 \text{ °C}$ között alakul, mikor is az általunk levezetett hővezetési együttható elveszíti érvényességét.
- Az üledék-víz határfelületen zajló hőcsere számottevően nagyobb, mint az üledék 8 cm-es mélységében és a nyári meleg időszakban erőteljes napi ingadozást mutatott.
- Emellett a felületi hőcsere számottevően kihat az üledék feletti alsó víztér rétegződésére, amelynek jelentős hatása lehet a hidrobiológiai folyamatokra, például az oldott oxigénszint alakulására az üledék felszínén.

Fentiek mellett energiamérleg alapú modellezést végeztünk, hogy meghatározzuk a mederhóáram szerepét a függélyátlagolt vízhőmérséklet modellezésében. Ezzel kapcsolatban a fő következtetésünk, hogy a mederhóáram elhanyagolásával a vízhőmérséklet jól modellezhető, azonban a légkör-víz határfelületen zajló hőcserével ezt kompenzálni kell. Ezzel elsősorban a szenzibilis, másodsorban pedig a párolgási hőcsere számításánál követünk el kismértékű hibát.

Végezetül felmerül a kérdés, hogy az üledék és víz közötti hőcsere hogyan változik meg a hűvösebb évszakok során. Kérdés, hogy mikorra következik be az üledék és a víztér hőmérsékleti kiegyenlítődése? Ez a kérdés jelenleg csak modellezés segítségével válaszolható meg, ráadásul a mélyebb üledékrétegek hőmérsékletének feltételezése mellett. A téli hónapok során az üledékből hőleadást feltételezünk, ami elősegítheti, hogy az üledék felszíne felett a legnagyobb sűrűséggel járó 4 °C körüli vízhőmérséklet fennmaradjon, de ennek mértéke és időtartama szintén ismeretlen. Ez utóbbi kérdések miatt egy teljes évre kiterjedő mérési program végrehajtását látjuk célszerűnek elvégezni.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A közleményben bemutatott kutatás a Széchenyi Terv Plusz program keretében az RRF-2.3.1-21-2022-00008 számú projekt támogatásával, illetve a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal által finanszírozott K134559 számú OTKA kutatás keretében valósult meg. Továbbá az első szerző esetében a kutatás a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-22-3-I-BME-17 kód-számú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

IRODALOMJEGYZÉK

Bernhardt, J., Kirillin, G., Hupfer, M. (2014). Periodic convection within littoral lake sediments on the background of seiche-driven oxygen fluctuations. *Limnology and Oceanography: Fluids and Environments*, 4(1). pp. 17-33. <https://doi.org/10.1215/21573689-2683238>

Cyr, H. (2012). Temperature variability in shallow littoral sediments of Lake Opeongo (Canada). *Freshwater Science*, 31/3 pp. 895-907.

Fang, X., Stefan, H. G. (1996). Dynamics of heat exchange between sediment and water. *Water Resources Research*, 32(6). pp. 1719-1727. <https://doi.org/10.1029/96WR00274>

Fuente, A. de la (2014). Heat and dissolved oxygen exchanges between the sediment and water column in a shallow salty lagoon. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 119(4). pp. 596-613. <https://doi.org/10.1002/2013JG002413>

Golosov, S., Kirillin, G. (2010). A parameterized model of heat storage by lake sediments. *Environmental Modelling & Software*, 25(6). pp. 793-801. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.01.002>

Istvánovics V., Honti M., Torma P., Kousal, J. (2022). Record-setting algal bloom in polymictic Lake Balaton (Hungary): A synergistic impact of climate change and (mis)management. *Freshwater Biology*, 67(6). pp. 1091-1106. <https://doi.org/10.1111/fwb.13903>

Liebethal, C., Foken, T. (2007). Evaluation of six parameterization approaches for the ground heat flux. *Theoretical and Applied Climatology*, 88(1-2). pp. 43-56. <https://doi.org/10.1007/s00704-005-0234-0>

Lükő G., Torma P., Weidinger T., Krámer, T. (2022). Air-Lake Momentum and Heat Exchange in Very Young Waves Using Energy and Water Budget Closure. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 127(12). <https://doi.org/10.1029/2021JD036099>

Massman, W. J. (1992). Correcting errors associated with soil heat flux measurements and estimating soil thermal properties from soil temperature and heat flux plate data. *Agricultural and Forest Meteorology*, 59(3-4). pp. 249-266. [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(92\)90096-M](https://doi.org/10.1016/0168-1923(92)90096-M)

Nordbo, A., Launiainen, S., Mammarella, I., Leppäranta, M., Huotari, J., Ojala, A., Vesala, T. (2011). Long-term energy flux measurements and energy balance over a small boreal lake using eddy covariance technique. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 116(2). pp.

1-17. <https://doi.org/10.1029/2010JD014542>

Prats, J., Ramos, A., Armengol, J., Dolz, J. (2011). Comparison of Models for Calculation of Diel Sediment-Water Heat Flux from Water Temperatures. *Journal of Hydraulic Engineering*, 137(10). pp. 1135-1147. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0000434](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000434)

Smith, N. P. (2002). Observations and simulations of water-sediment heat exchange in a shallow coastal lagoon. *Estuaries*, 25(3). pp. 483-487. <https://doi.org/10.1007/BF02695989>

Tasnim, B., Jamily, J. A., Fang, X., Zhou, Y., Hayworth, J. S. (2021). Simulating Diurnal Variations of Water Temperature and Dissolved Oxygen in Shallow Minnesota Lakes. *Water*, 13(14). 1980. <https://doi.org/10.3390/w13141980>

Torma P., Krámer T. (2017). Modeling the Effect of Waves on the Diurnal Temperature Stratification of a Shallow Lake. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 61(2). pp. 165-175. <https://doi.org/10.3311/PPci.8883>

Torma P., Wu, C. (2019). Temperature and Circulation Dynamics in a Small and Shallow Lake: Effects of Weak Stratification and Littoral Submerged Macrophytes. *Water*, 11(1), 128. <https://doi.org/10.3390/w11010128>

Tsay, T., Ruggaber, G. J., Effler, S. W., Driscoll, C. T. (1992). Thermal Stratification Modeling of Lakes with Sediment Heat Flux. *Journal of Hydraulic Engineering*, 118(3). pp. 407-419. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(1992\)118:3\(407\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(1992)118:3(407))

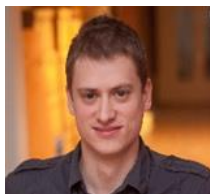
Wetzel, R. G. (2001). *Limnology, Lake and River Ecosystems (Third)*. London: Elsevier Academic Press.

Zdorovennova, G., Terzhevik, A., Palshin, N., Efremova, T., Bogdanov, S., Zdorovennov, R. (2021). Seasonal change in heat flux at the water-bottom sediment boundary in a small lake. *Journal of Physics: Conference Series*, 2131(3), 032080. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2131/3/032080>

A SZERZŐK



TÖRÖK SEBESTYÉN DÁNIEL 1996-ban született Budapesten. Első (BSc) diplomáját 2019-ben szerezte a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Építőmérnöki Karán, ahol aztán 2021-ben MSc államvizsgát tett. PhD képzését 2022-től kezdődően a BME Vésztóhelyi Pál Építőmérnöki és Földtudományi Doktori Iskolában végzi.



TORMA PÉTER 2011-ben szerzett építőmérnök MSc oklevelet, majd 2016-ban PhD fokozatot. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszékén dolgozik 2011 óta, 2019-től, mint egyetemi docens. Fulbright ösztöndíjasként a UW-Madison (USA) vendégkutatója volt a 2017/18-as tanévben. Kutatási területe a fizikai limnológia, a hidrometeorológia, különös tekintettel a víz-levegő határfelület turbulens cserefolyamatainak örvény-kovariancia elvű mérésére, a tavak hőháztartása, valamint a numerikus hidrodinamikai modellezésére.



WEIDINGER TAMÁS 1983-ban szerzett meteorológus oklevelet, majd 1992-ben PhD fokozatot. Az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológia Tanszékén dolgozik 1983-tól. 2013-ban habilitált. Fő oktatási területe a meteorológia, a mikrometeorológia és a dinamikus meteorológia. Fő kutatási területei a határreteg-meteorológia, a felszíni energiamérleg komponensek, valamint különböző gáz-áramok (különösen az ozon és az ammónia) mérése és modellezése. A nemzetközi *Theoretical and Applied Climatology* folyóirat szerkesztője, valamint az Országos Meteorológiai Szolgálat Időjárás folyóiratának szerkesztőbizottsági tagja.

Esemény alapú csapadék-lefolyás modellezés különböző típusú csapadékatatok használatával

Négyesi Klaudia*, Nagy Eszter Dóra**

* Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, doktorandusz
(e-mail: negyesiklaudia@edu.bme.hu)

** Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, tanársegéd
(e-mail: nagy.eszter@emk.bme.hu)

[DOI:10.59258/HK.12339](https://doi.org/10.59258/HK.12339)



Kivonat

Csapadék-lefolyás modellezés esetén elengedhetetlen, hogy a felhasznált bemenő adatok minősége megfelelő legyen, beleértve a csapadék adatokat is. Napjainkban számos forrásból érhetőek el adatok, azonban ezek minősége és kezelhetősége eltérő lehet. Jelen kutatás két céllal készült: elsődleges cél a különböző forrásokból származó, eltérő típusú csapadékatatok használatának vizsgálata csapadék-lefolyás modellezés során, közepes méretű vízgyűjtők esetén. A kutatás további célja egy ingyenesen elérhető talajfizikai paramétereket tartalmazó adatbázis alkalmazása és annak alkalmazhatóságának minősítése. A vízgyűjtő modellt ArcGIS és HEC-GeoHMS programok, míg a csapadék-lefolyás modellt a HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System*) szoftver segítségével állítottuk elő, mely determinisztikus, esemény alapú és összevont paraméterű. A modellezett események a vizsgált területen 2009 és 2016 között bekövetkezett árhullámok, vízgyűjtőnként kilenc darab. A modellbe bekerülő csapadékatatok felszíni csapadékmérő állomásokról, reanalízis adatbázisból, illetve a NASA által szolgáltatott ingyenesen elérhető műholdas adatbázisból származnak. A modell kalibrálása és igazolása a lefolyási mennyiségekre, illetve az árhullámok alakjára és a tetőzések időpontjaira is megtörtént. A modelleredmények alapján részletesen összehasonlításra kerültek a vizsgált adatforrások. A kezelhetőség, a felbontás, a lefolyási hányadok szórása és a kalibrálhatósági szempontok alapján értékeltük a különböző csapadékatatok alkalmazhatóságát. Az eredmények összesítését követően látható, hogy a vizsgált szempontok súlyozása nélkül a NASA műholdas adatok bizonyulnak a legmegfelelőbbnek. Ugyancsak megállapítható, hogy a talajfizikai adatbázisból származó értékeket kalibrálni szükséges.

Kulcsszavak

Csapadékatatok, csapadék-lefolyás modellezés, esemény alapú, összevont paraméterű, talajfizikai paraméter, Sorok-Perint, reanalízis, műhold.

Event-based rainfall-runoff modelling using precipitation data from various sources

Abstract

In the case of rainfall-runoff modelling, the quality of the applied input data is an essential factor, especially concerning the precipitation time series. Nowadays, many databases are available, but their quality and applicability might differ significantly. The research has two main aims: to examine the suitability of different precipitation data sources in the case of rainfall-runoff modelling of medium-sized watersheds and to examine the applicability of physical parameters of the soil using a free online map stock. The catchment delineation was performed using ArcGIS and HEC-GeoHMS while the rainfall-runoff models were built in HEC-HMS software. These models are deterministic, event-based and lumped. The modelled events – nine for each watershed – occurred between 2009 and 2016 in the study area. Gauging station, reanalysis and satellite data were used in the model. The model was calibrated and validated for runoff quantities, the shape of the hydrograph and the time of the peak discharge. Based on the results, the different data sources were compared in detail based on the aspects of manageability, resolution, the standard deviation of runoff rates, and the difficulty of calibration. After summarizing the results, it can be seen that without weighting the examined aspects the satellite data proved to be the most suitable. It can also be stated that the applied soil data can be used for modelling, however, the parameters require calibration.

Keywords

Rainfall data, rainfall-runoff modelling, event-based, lumped parameters, soil parameters, Sorok-Perint, reanalysis, satellite.

BEVEZETÉS

Napjainkban az informatika rohamos fejlődése lehetővé tette a részletesebb és pontosabb modellek felépítését, így a hidrológia területén is egyre több számítógépes modellt alkalmaznak. Mindezeket már nemcsak kutatási célokra használják, hanem tervezési feladatok, hatástanulmányok során is alkalmazhatók a mérnöki gyakorlatban. A hidrológiai modellek legfontosabb eleme a csapadék (*McMillan és társai 2011*). A csapadékatatok közül a legpontosabbnak a felszíni állomásokon mért adatokat tekinthetjük. Azonban ezen adatok sok esetben korlátozott mennyiségben érhetőek el kutatási célra, illetve számos vízhozam

adattal rendelkező vízgyűjtőre nem áll rendelkezésünkre felszíni csapadékmérő állomás. Amennyiben több vízgyűjtőre vonatkozóan végzünk el vizsgálatokat, fontos szempont, hogy a fellelhető adatok beszerzése jár-e költségekkel. Mivel manapság számos ingyenesen elérhető csapadéktermék található, nem mindig egyértelmű, melyik adattípus a legmegfelelőbb adott esetben. A döntést segíthetik az olyan összehasonlító tanulmányok, mint a jelen kutatás. Munkánk elsődleges célja a különböző forrásból származó csapadékatatok jellemzése, illetve azok alkalmazhatóságának vizsgálata eseményalapú csapadék-lefolyás modellezés esetén. A csapadékatatok minősége kulcsfon-

tosságú, ugyanis megfelelő adatok nélkül a csapadék-lefolyás modellek nem adhatnak megbízhatóan pontos eredményeket. A csapadék-lefolyás modellezés egyik legalapvetőbb adatforrása napjainkig is a felszíni mérőállomásokról származó csapadékat. Azonban ezen adatokat is számos forrásból származó hiba terhelheti: a műszerek lehetséges hibáin felül a szél tulajdonságai is befolyásolhatják a mérések értékeit, illetve a csapadékontenzitás növekedésével párhuzamosan bizonyos hibák értékei is növekedhetnek. Mindemellett a csapadék mennyisége és intenzitása is változhat térben és időben is, emiatt a felszíni állomások pontbeli méréseit szükséges lehet interpolálni a vízgyűjtők területén (Beven 2012). Alternatív csapadékat források lehetnek a radar, műhold, illetve reanalízis alapú adatbázisok, melyeknek szintén mérlegelendőek az előnyeik és a hátrányaik. Utóbbi adattípus lényege, hogy a különböző forrású mért adatokat (például a felszíni állomások adatait, illetve a műholdas adatokat), valamint a modellfuttatások eredményeit együttesen alkalmazzák az idősorok előállításához. Habár főleg az elmúlt években egyre több olyan nemzetközi tanulmány jelent meg, amelyek összehasonlítanak egy-egy csapadékat típust akár hidrológiai modellek segítségével (Biggs és Atkinson 2011, Price és társai 2014, Niemi és társai 2017, Dybro Thomassen és társai 2022, Moges és társai 2022, Reis és társai 2022), a szerzők legjobb tudomása szerint mégsem jelent meg olyan tanulmány, amely többféle forrásból származó adatok széleskörű összehasonlítását tartalmazná csapadék-lefolyás modellezés szempontjából, ez igaz a magyarországi vízgyűjtőkre is.

A csapadék-lefolyás modellezés sikerességének kulcsa a lefolyásképző csapadék számítása, melynek fontos eleme a már említett csapadékat minősége, mindemellett pedig az alkalmazott modell típusa, illetve a modell számítási lépései. A modelleket osztályozhatjuk az eredmények jellege, a folyamatok leírása, az időbeliség és a térbeli felbontás szerint is, mindez befolyásolhatja a modell eredményeit. Azonban az egyik leglényegesebb tényező a lefolyásképző csapadék számítása esetén a veszteség módszerek paraméterei, melyek a talaj jellemzőitől, nedvességi állapotától függenek, ugyanis ezek jelentősen befolyásolják a szimulációs eredményeket (Hegedüs és társai 2013). A kutatás ugyancsak hangsúlyos eleme az ingyenesen elérhető talajfizikai paraméterek MTA ATK EU Soil Hydro Grid adatbázisának alkalmazása (Tóth és társai 2017). Külföldön, illetve hazánkban is az adatbázis több kutatásban is alkalmazásra került (Kozma és társai 2019, Yang és társai 2019, Fraga és társai 2020, Yang és társai 2020), azonban célzottan csapadék-lefolyás modellekben történő alkalmazhatóságának minősítése nem történt meg, amely jelen tanulmányban elkészült. Az adatbázisban a paraméterek összesen hét mélységben érhetőek el egészen két méter mélységig. A térképek legjobb felbontása 250 méteres, adataik az Európai Hidrológiai Adatbázisból származnak feldolgozás és kalibrálás után, amelyet 18 európai ország 18 000 talajmintája alapján készítettek el.

A vizsgálatok elsődleges célja a felderített csapadék-adat források összehasonlítása, illetve ezen adatforrások közül a felszíni csapadékmérő állomások, műholdas és re-

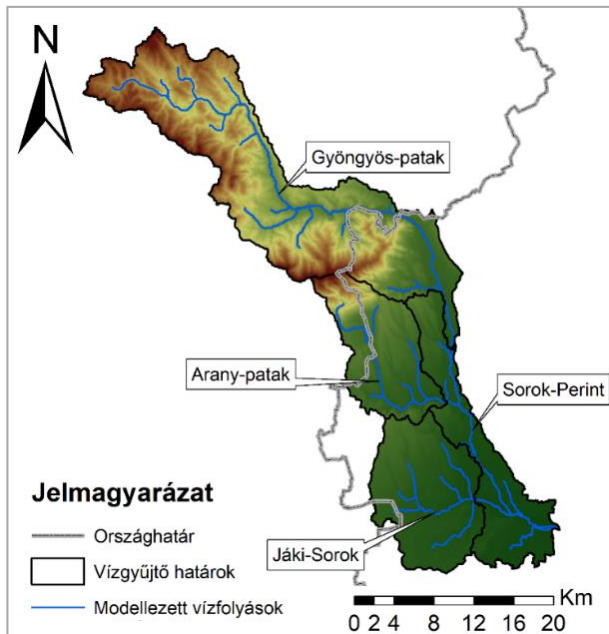
analízis adatok segítségével történő modellfuttatások vizsgálata kettő hazai, közepes méretű vízgyűjtő esetén a HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System*) szoftvert alkalmazva. A HEC-HMS egy amerikai fejlesztésű, ingyenesen letölthető program, amelynek segítségével teljes hidrológiai folyamatokat lehet szimulálni. A szoftver rendelkezik a hagyományos hidrológiai analízis eljárásokkal, mindemellett pedig grid alapú adatok felhasználását is lehetővé teszi. A vizsgálatok eredményeként megállapítható, hogy az alkalmazott csapadékat források milyen előnyökkel és hátrányokkal rendelkeznek a különböző szempontok szerint. A vizsgálatok másodlagos célja az MTA ATK EU Soil Hydro Grid adatbázis talajfizikai paramétereinek alkalmazása és minősítése.

VIZSGÁLT TERÜLET BEMUTATÁSA

A modellezésre kiválasztott vízgyűjtők a Jáki-Sorok, Arany-patak és a Sorok-Perint. Fontos megjegyezni, hogy a Szombathely térségében található Gyöngyös-patak mesterséges vízkormányzásából származó vízhozama jelentősen befolyásolja a Sorok-Perint esetén a modell eredményeket. Gencsapáti községnél a Gyöngyös-patak vizei megosztásra kerülnek, melynek során zsilipen keresztül szabályozva a kisvizek (maximum $5 \text{ m}^3/\text{s}$ vízhozammal) a Gyöngyös-műcsatornába kerülnek, a nagyvizek pedig oldalbukón keresztül a régi természetes mederbe jutva Sorok-Perintként tovább folyva Zsennye községnél a Rábába csatlakoznak. Az említett okokból kifolyólag a Gyöngyös-patak nem képezi a modell részét, csupán vízhozamát vetjük figyelembe. A Sorok-Perint, a Jáki-Sorok és az Arany-patak vízgyűjtői összesen körülbelül 350 km^2 -t tesznek ki. A Gyöngyös-patak vízgyűjtőjének területe 341 km^2 , míg a Jáki-Sorok 132 km^2 , a Sorok-Perint 114 km^2 , illetve az Arany-patak 106 km^2 vízgyűjtő területtel rendelkezik. A modellezéshez hazai viszonylatban közepes méretűnek tekinthető vízgyűjtő terület kiválasztása volt a cél, amely feltételnek megfelelnek az említett vízgyűjtő területek. A kiválasztásnál szempont volt, hogy a vízgyűjtő terület nem lehet túl kicsi, hogy a rásztercs csapadékforrások esetén ne egy cellába essen a vízgyűjtőterület, illetve nem lehetett túl nagy, elkerülendő a modell bonyolultságát és a túl változékony csapadékat a vízgyűjtőn belül. A vízgyűjtők az 1. ábrán láthatóak.

Elhelyezkedésüket tekintve, a modellezett területek az ország nyugati részén találhatóak. A vizsgált részvízgyűjtők közül egyedül a Sorok-Perint található meg teljes mértékben az ország határain belül. A magyarországi vízgyűjtő területek a Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatósághoz tartoznak.

A modellezett vízgyűjtők országhatáron belüli területeire jellemző az összefüggő és nem összefüggő városi településszerkezet és az ipari vagy kereskedelmi területek előfordulása, különösen Szombathely környékén. Szombathely területén kívül a vízgyűjtőkön a nem öntözött szántóföldek a dominánsak. Az országhatárhoz közelítve találhatóak lomblevelű és tűlevelű erdők, emellett kis mértékben szőlősök és gyümölcsösök, illetve komplex művelési területek (CORINE 2019).



1. ábra. A vizsgált vízgyűjtő területek
Figure 1. The examined catchments

Az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet agropográfiai térképsorozat „fizikai féleség” térképéről megállapítható, hogy szinte majdnem a teljes terület vályogos, a Gyöngyös-patak vízgyűjtőjének déli részén találhatóak nagyobb területen nem, vagy részben mállott durva vázrészek. Elhanyagolhatóan kis területen mindemellett homokos vályog is fellelhető. Megállapítható, hogy a vízgyűjtő területeken a közepes víznyelésű és vízvezető-képességű, nagy vízraktározó-képességű, jó víztartó talajok a legjellemzőbbek (AGROTOPO 2019).

FELHASZNÁLT ADATOK

A tanulmányhoz rendelkezésre álltak az Arany-patak, Gyöngyös-patak, Jáki-Sorok és Sorok-Perint változó időközönkénti (átlagosan 15 perces) vízhozam idősorai 2001. január 1-től 2017. december 31-ig, Szombathely-Olad, Kőszeg, Kisunymos és Sorkifalud állomásokról (NYUDUVIZIG 2020). Mindemellett feltérképezésre került összesen hat különböző csapadékadat forrás, melyek közül összesen három adattípust vizsgáltunk szimulációk segítségével. A vizsgálatok részét képezték a felszíni csapadékmérő állomások adatai, mely a magyarországi állomások esetén az Országos Meteorológiai Szolgálat adatbázisából származtak. Ezen adatokat az állomásokat kezelő Nyugat-Dunántúli Vízügyi Igazgatóságtól igényeltük (NYUDUVIZIG 2018). Emellett a vizsgálat kiterjedt az ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) reanalízis (C3S 2019) és a NASA műholdas adatbázisára (NASA Global Precipitation Measurement 2020). A kutatás további elérhető adatforrásai lehetnének a H-SAF műhold, az OMSZ radar és az OMSZ immáron ellenőrzött, nyilvánosan elérhető felszíni csapadékmérő állomások produktumai. Utóbbi adatbázis esetén fontos kiemelni, hogy habár az elsődleges adatellenőrzésen átesetek, nem mentesek a mérési körülmények változásából (állomás áthelyezése, műszercsere, mérési időpont változása stb.) fakadó inhomogenitásoktól. Az említett további adatforrások részletes vizsgálata nem képezi jelen kutatás részét, az

alkalmazhatóságuk későbbiekben bemutatott jellegzetességei miatt.

Felszíni csapadékmérő állomások adatai

Az első adatforrást a felszíni csapadékmérő állomásokon rögzített idősorok jelentették. A terület kellő lefedéséhez hat állomás adata állt rendelkezésre, név szerint a Górhely, Répcevis, Szombathely és Felsőcsatár magyarországi NYUDUVIZIG által kezelt állomások (NYUDUVIZIG 2018), illetve Hirschenstein és Dürnbach im Burgenland osztrák állomások adatai (Hydrographischer Dienst Burgenland 2019). Az állomások adatai eltérő időintervallumokban és mérési időpontokban álltak rendelkezésre. Az adatok feldolgozása során elvégeztük az állomásokon mért csapadékok területi átlagolását. Ehhez a medián módszert (más néven Thiessen poligon módszert) alkalmaztuk. Az adatok kezelése MATLAB szoftver segítségével történt. Az adattípus előnye a könnyű feldolgozhatóság, azonban jelen vizsgálatban a magyarországi állomások ellenőrzetlen adatai álltak a rendelkezésünkre. Habár az adatok legjobb tudomásunk szerint nem estek át minőségellenőrzésen, a kutatás során az adatsorokat vizsgáltuk, így az elemzésekhez olyan események kerültek kiválasztásra, amelyek nem rendelkeztek látható mérési hibával.

ECMWF adatbázis

Az ECMWF egy független, számos európai ország által támogatott szervezet, amely úgynevezett reanalízis adatokat is szolgáltat, tehát a különböző forrású adatokat (például a felszíni állomások adatait, illetve a műholdas adatokat) interpolálják egy egységes rácsálózatra. Az adatok időbeli felbontása órás, térbeli felbontása 0.1° (~ 9 km), illetve 1950-től napjainkig érhető el az adatok. A vizsgálatban felhasznált produktum a C3S ERA5 (C3S 2019). Az ECMWF háló rácsai lefedik a vizsgált vízgyűjtő területet, amelyeket így több alrészre bontanak. A HEC-HMS szoftver lehetőséget nyújt olyan meteorológiai modell létrehozására, amelyben területarányosan súlyozhatjuk a vizsgált vízgyűjtőinkhez tartozó adatokat. Az ECMWF hálórácsából származó részterületek értékeivel súlyoztuk a hálórács csapadék adatait, így ezek összege teszi ki a vízgyűjtő területen belül a modellbe bekerülő csapadék adatokat. Az adatbázis előnye, hogy homogén és teljes, azaz nincsenek adathiányos helyek vagy időszakok, így olyan vízgyűjtők esetén is alkalmazható, ahol nincsenek felszíni csapadékmérő állomások. Mindemellett az adatok ingyenesen elérhetőek és letölthetőek közvetlenül az adatbázisból. Az ECMWF adatok hátránya, hogy az interpoláció során a térben változó adatok simításra kerülhetnek, azaz például az extrém csapadékkéntzítések csökkenhetnek a valósághoz képest. A kis térbeli kiterjedésű csapadékeseményeket szintén nem feltétlenül tudja visszaadni az adatbázis a mérések hiánya vagy a durva rácsfelbontás miatt.

NASA műholdas adatbázis

A NASA egy olyan algoritmust használ, melynek célja interkalibrálni, azaz egybevonni és interpolálni minden műholdas mikrohullámú csapadék becslést a mikrohullám-kalibrált infravörös műholdas becslésekkel, a csapadékmérő állomások elemzéseivel és a potenciális egyéb csapadékbecslésekkel. Az algoritmus segítségével több számítás is elvégezhető minden megfigyelési időszakra,

először egy gyors becslést adva (*IMERG early run*), majd több beérkező adat után pontosított eredményeket (*IMERG late run*) kinyerve ameddig nem ér el az utolsó pontosításig (*IMERG final run*), amit már felhasználnak kutatásokhoz is. A vizsgálatokban használt csapadékatok az utóbbi pontosított, úgynevezett „*final run*” adatbázisból származnak (*NASA Global Precipitation Measurement 2020*). Az adatok térbeli felbontása ez esetben is $0,1^\circ$ -os (~9 km-es), míg az időbeli felbontása 30 perces. Az adatok 2000 júniusától napjainkig érhetőek el a teljes glóbuszra, így a modellhez az események időintervallumaira tölthetjük le a vízgyűjtő területek csapadékatadatait az általunk kívánt térbeli kivágatra. Mivel az adatok térbeli felbontása megegyezik az ECMWF adatbázis térbeli felbontásával, így az ECMWF adatok rács-hálója szintén alkalmazható volt ezen adattípus esetén is, avagy az adatok feldolgozása és bevitel a modellbe ugyanazon elven történt. Az ECMWF adatokhoz hasonlóan a NASA adatbázis hátránya lehet a térben változókéony adatok elsimítása az interpolációs eljárás során, illetve a műholdas mérések hibája lehet, hogy a hidegebb időszakokban alulbecslik a csapadék mennyiségét (*AghaKouchak és társai 2011*). Azonban az adatállomány nagy előnye, hogy az adatokat ellenőrzik, illetve ingyenesen elérhetőek a NASA hon-

lapjáról, kiválasztva a kívánt formátumot, paramétereket, időintervallumokat, illetve területet.

Adatok összegzése

Az 1. táblázatban látható az adatok jellemzőinek összegzése a fájlok típusairól, lekérdezéséről, kezelhetőségi nehézségéről és feldolgozási lehetőségeiről. Ahogyan az a táblázatban is látható, a legkönnyebb kezelésű adatok a vízhozam, illetve felszíni csapadékatok, melyeket bármely átlagos felhasználó akár Excelben is fel tud dolgozni, amíg a H-SAF műhold és az OMSZ radar adatokat nehezen kezelhetőnek ítéltük. Ezeknek az adatoknak az esetén kiemelendő probléma a különböző fájlformátumok közötti átjárás, illetve, hogy a kezelésük egészen magas szintű programozási és szoftver ismereteket igényelnek. Mivel az elérhető adatok nagyon változatos képet mutatnak, mindenféleképpen érdemes vizsgálni a használhatóságukat. Fontos kiemelni, hogy a legmegfelelőbb, felszíni adatok helyettesítésére alkalmas adatforrás kiválasztásához elengedhetetlen a modell célok ismerete, a kezelhetőség és a felbontás nem elég szempont ennek eldöntésére. Az 1. táblázatban a szürkével jelölt adatok a jelenlegi kutatás során a modellezéshez fel nem használt, de a jövőben a további, lehetséges adatforrásokat jelölik.

1. táblázat. A vízrajzi adatok kezelési nehézségének megítélése
Table 1. Rating the usage difficulty of the hydrographical data

Adat	Fájl típus	Lekérdezhetőség			Kezelhetőség nehézsége	Használt szoftver	Feldolgozás feladatai
		Idő	Tér	Ideje			
Vízhozam VIZIG	xls	igen	igen	~ 1 hét	nagyon könnyű	Excel, MATLAB	adatok ellenőrzése kiugró v. negatív értékek miatt, óras időintervallumok létrehozása
OMSZ felszíni (ellenőrizetlen)	xls	igen	igen	~ 1 hét	könnyű	Excel, MATLAB	adatok ellenőrzése, óras időintervallumok létrehozása, medián módszer alkalmazása
ECMWF reanalízis	netcdf, grib	igen	igen	pár óra	közepes	ArcGIS, MATLAB	hálórács létrehozása, adatok kiolvasása, területi súlyozás
NASA műhold	netcdf	igen	igen	azonnal letölthető	közepes	Wget, ArcGIS, MATLAB	adatok letöltése Wget segítségével, hálórács létrehozása, adatok kiolvasása, területi súlyozás
H-SAF műhold	grib	igen	nem	~ 1.5 hét	nehéz	ArcGIS, MATLAB	adatok konvertálása, hálórács létrehozása, adatok kiolvasása, területi súlyozás
OMSZ radar	broo	igen	nem	~ 1 hónap	nehéz	ArcGIS, MATLAB/C prog.	programozás fájlok beolvasására, területi súlyozás
OMSZ felszíni (ellenőrzött)	xls	igen	igen	azonnal letölthető	könnyű	Excel, MATLAB	adatok ellenőrzése, óras időintervallumok létrehozása, medián módszer alkalmazása

AZ ALKALMAZOTT MODELL FELÉPÍTÉSE

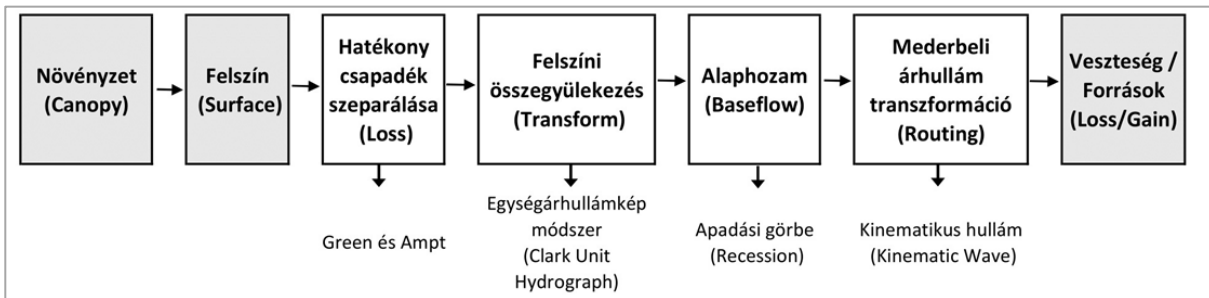
A kutatásban alkalmazott csapadék-lefolyás modell összevont paraméterű, determinisztikus és eseményalapú. Kiemelendő tulajdonság az eseményalapú modellfuttatások alkalmazása, ugyanis a hosszú idejű futtatással ellentétben ekkor nem szükséges az olyan folyamatok modellezése, melyek hosszú távon mutatkoznak meg a mért értékekben, ezzel elkerülhető számos további paraméter bekerülése a modellbe, melyek kalibrálást igényelnének. Fontos azonban, hogy eseményalapú modellezés során meg kell adnunk a kezdeti víztartalmat és az alaphozamot (mért értékekből), mint kezdeti feltételt. A modell felépítése a HEC-HMS szoftverben a már említett bemeneti adatokból és paraméterekből, a vízgyűjtő modellből és a meteorológiai

modellből áll. A vízgyűjtő modellt az ArcGIS szoftver HEC-GeoHMS eszköztárával hoztuk létre. A lehatároláshoz az EU-DEM terepmodellt használtuk, melynek cellamérete 25x25 méteres (*Négyesi 2020*).

A meteorológiai modellben megadhatóak a mért csapadékatok idősorok, melyek az ECMWF és NASA adatok esetén cellánként, a felszíni mérések esetén állomásonként kerültek a modellbe. Mindhárom esetben szükség volt a súlyozott átlag számítására, a felszíni állomások esetén a medián módszert alkalmaztuk, míg a másik két adattípus esetén a cellák által fedett vízgyűjtő területet számítottuk. A modellezett pár napos időszakok esetén a lefolyás mértékéhez képest elhanyagolhatónak tekintettük a párolgást,

mely eseményalapú modellezés esetén nem vezet számottevő hibához. Az események fagymentes időszakból (áprilistól októberig) kerültek kiválasztásra, így a hóolvadás számítására sem volt szükség. A 2. ábra fehér színnel ismerteti az alkalmazott számítási lépéseket a HEC-HMS

megfelelő moduljainak segítségével, illetve bemutatja, milyen módszerek kerültek kiválasztásra az adott lépés számításához. A szürkével jelölt lépéseket jelen HEC-HMS modell esetén nem számoltuk, ezen veszteségek értékét a hatékony csapadék szeparálásánál vettük figyelembe.



2. ábra. A HEC-HMS számítási moduljai
Figure 2. The calculation modules of HEC-HMS

A hatékony csapadék szeparálási módszerek közül az úgynevezett Green and Ampt módszert használtuk, mivel ez a módszer alkalmazza az általunk vizsgálni kívánt talajfizikai paramétereket. A Green and Ampt módszer lényegében az egyszerűsítése a Richards egyenletnek, ami egy nedvesség-transzport egyenlet a telítetlen porózus közegben zajló folyadékmozgás leírására (Freeze és Cherry 1979). A Green and Ampt módszer azt feltételezi, hogy a talaj kezdetben egységes nedvességtartalommal rendelkezik és a beszivárgás az úgynevezett csappantyú elmozdulással jön létre (Donovál és Lédai 2013). A HEC-HMS szoftverben a Green and Ampt módszerhez szükséges paraméterek a kezdeti víztartalom, a veszteség nélküli területek (avagy burkolt felületek) aránya, a maximális vízkapacitás, a levegő belépési szívás és a szivárgási tényező értéke. A kezdeti víztartalom eseményenként változott, míg a veszteség nélküli területek aránya 0 értéket kapott a modellben, ugyanis ennek értéke szintén figyelembevételre került a hatékony csapadék meghatározás esetén. A maximális vízkapacitás, a levegő belépési szívás és a szivárgási tényező értéke a már említett EU Soil Hydro Grid adatbázis segítségével került megadásra.

Az EU Soil Hydro Grid adatbázisból letöltött paraméterek a maximális vízkapacitás és a szivárgási té-

nyező. Az egyes részvízgyűjtőkhöz tartozó értékeket területi átlagolással határoztuk meg minden mélységre. Az adott cellákra számolt talajhidrológiai paraméterek pontosságát két tényező határozza meg. Egyrészt a számításához bemeneti információként használt Soil Grids adatbázis pontossága, másrészt az, hogy az adatbázis elkészítéséhez alkalmazott becslő algoritmus az adott input paraméter kombinációt milyen jó közelítéssel tudja leírni. Mivel valószínűleg a felszín közeli értékek a legpontosabbak, emiatt is indokolt, hogy jelen esetben a lefolyás modellezéséhez a legvalóságosabb értékeket a legfelső, 0 centiméteres avagy felszíni értékei adják. A kapott paraméter értékek azt mutatják, hogy a vizsgált területek iszapos vályoggal vagy homokos agyagos vályoggal borítottak, amely megegyezik a terület talajairól szerzett információkkal, így reálisnak tekinthetőek a paraméter értékek. Mindezek után a Green and Ampt módszerhez az egyetlen hiányzó talajfizikai paraméter a levegő belépési szívás, amelynek értékét a HEC-HMS Technical Reference Manual (Műszaki kézikönyv) 5. fejezete alapján a szivárgási tényező értékének függvényében határoztuk meg (Feldman 2000). A 2. táblázatban találhatóak a vízgyűjtőkre kapott paraméterek pontos értékei.

2. táblázat. Az adatbázisból származó talajfizikai paraméterek vízgyűjtőnként
Table 2. The soil properties of the catchments from the database

Vízgyűjtő	Levegő belépési szívás [mm]	Szivárgási tényező [mm/óra]	Maximális vízkapacitás [cm ³ /cm ³]
Jáki-Sorok	407	6,601	0,512
Arany-patak	427	5,175	0,521
Sorok-Perint	403	6,901	0,509

A modell kalibrálása és validálása során célunk a mért és modellezett lefolyási mennyiség, illetve mért és modellezett árhullám alakjának lehető legpontosabb közelítése volt. A kalibrálás során összesen öt paraméter értékét állítottuk: a három talajfizikai paraméter értékeit, a talaj kezdeti víztartalmát és a vízgyűjtők válaszüdejét jellemző paramétert. A paraméterek állítása a lehető legjobb szimulációs eredmények eléréséig történt, ugyanis a kiindulási ér-

tékként alkalmazott adatbázisból származó talajfizikai paraméter értékek, illetve a Wisnovszky formulával (Wisnovszky 1958) számított összegyűlekezési idő nem adott megfelelő szimulációs eredményeket. A kalibrálás során a talajfizikai paraméterek értékei, illetve az összegyűlekezési idő értéke meghatározásra került minden vízgyűjtőre, értékeik eseményenként állandók. Mivel jelen kutatásban eseményalapú modellfuttatásokat végeztünk el, a kezdeti

víz tartalom eseményenként változó kezdeti feltétel, a vízgyűjtő megelőző állapotát mutatja. Az alaphozam mért érték alapján került felvételre. A validálás során a kalibrált talajfizikai paraméter és összegyülekezési idő értékeket alkalmaztuk, a kezdeti víztartalom és az alaphozam értéke szintén eseményfüggő.

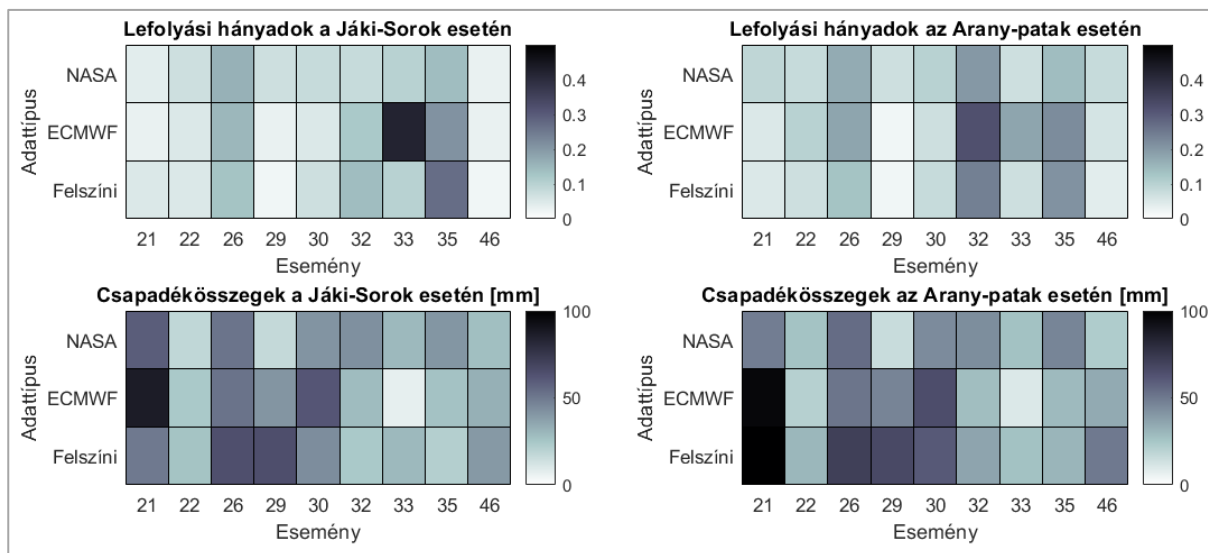
A modell hatékonyságának minősítése a Nash-Sutcliffe hatékonyság mutatószám segítségével történt. A Nash-Sutcliffe hatékonyság mutatószám (NSE) értéke $-\infty$ és 1,0 között változhat. Ha $NSE < 0$ a modell rosszul közelít és jobb közelítést ad a megfigyelt idősor átlagával való számítás, ha pedig $0,5 < NSE < 1,0$ akkor a modell már kielégítő eredményt ad. A tökéletes illeszkedés azonban $NSE = 1$ esetén teljesül, így minél nagyobb az értéke, annál jobb az illeszkedés (Nash és Sutcliffe 1970).

EREDMÉNYEK

A lefolyás mennyiségi kalibrációja és igazolása a három adattípus esetén

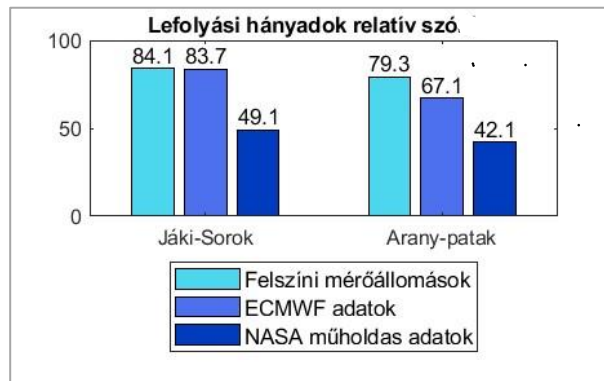
A 3. ábra szemlélteti a felszíni, az ECMWF és a NASA műholdas csapadékatatokból számított lefolyási hányadok és csapadékösszegek egymáshoz való vi-

szonyát a két vízgyűjtő terület esetén, amely előzetes információt szolgáltat a nyers csapadékatatok minőségéről. A csapadékatatok területi eloszlásuk, változékonyságuk miatt pontatlanabbnak tekintjük, mint a vízhozam adatokat, melyek értéke ugyan származtatott és pontossága a Q-H görbe pontosságától függ, azonban pontszerűek és jól mérhetőek egy adott vízgyűjtőre vonatkozóan. Mindezek alapján a csapadékatatok feltehetően jobban közelítik a valóságot a reálisabb lefolyási hányadok esetén. A 3. ábra lefolyási hányadain megfigyelhető, hogy az ECMWF adatok esetén két kiugró érték szerepel a lefolyási hányadok között. A 32-es (Arany-patak) és 33-as (Jáki-Sorok) esemény is 2014 augusztusának elején történt, mindkét esetben nagyok a lefolyási hányadok értékei. Ennek oka lehet egy-egy intenzív, lokális zivatar, ami a reanalízis adatokból hiányzik, ezért a 4. ábrán látható relatív szórások számításához ezt a két értéket nem vettük figyelembe az ECMWF adatok esetén. Az ábra második sorában láthatóak a csapadékösszegek a három adattípus esetén. Ez esetben is megfigyelhető, hogy a legkisebb eltérések a NASA műholdas adatbázis esetén láthatóak.



3. ábra. A modellek lefolyási hányadai és csapadékösszegei
Figure 3. The runoff rates and total depth of precipitation in case of the models

A lefolyási hányadokat vizsgálva a NASA műholdas adatokból származó modell esetén a lefolyási hányadok szórása, illetve a minimum és maximum értékei közötti különbség kisebb, mint a felszíni vagy az ECMWF csapadékatatok esetén. A 4. ábrán látható relatív szórásokat vizsgálva is azt láthatjuk, hogy a NASA műholdas adatok esetén a legkisebb ez az érték, ezután az ECMWF adatokból adódó lefolyási hányadok kisebbek, végül pedig a felszíni csapadékmérő állomások adataiból származó hányadok relatív szórása a legnagyobb. A lefolyási hányadokra történő kalibrálás eredményei azt mutatják, hogy a modell legmegfelelőbbben a NASA műholdas adatokkal, ezután az ECMWF adatokkal és végül a felszíni csapadékmérő állomások adataival kalibrálható.



4. ábra. Lefolyási hányadok relatív szórásai
Figure 4. Relative standard deviation of the runoff rates

A validálási események esetén az adatok hasonló eredményeket hoztak, mindhárom adattípusnál két-három esetben nem felelt meg a modell eredménye a megfigyelt értékhez képest. A felszíni adatok esetén a modellezett lefolyás maximális kezdeti víztartalom esetén sem érte el teljesen a megfigyelt értéket, míg az ECMWF és NASA műholdas adatok esetén is előfordult kettő olyan eset, amelynél a modell egyáltalán nem mutatott felszíni lefolyást, így valószínűleg ezekben az esetekben hibásak az adatok.

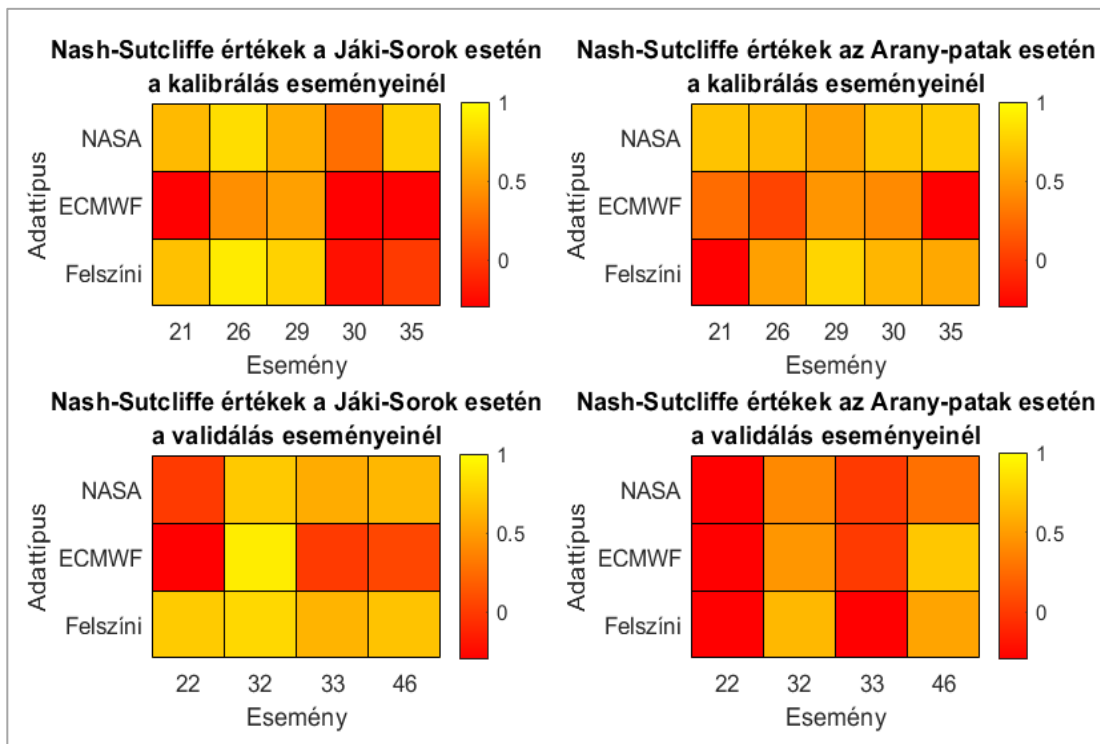
Az árhullám alaki kalibrációja és igazolása a három adattípus esetén

Az alaki kalibráció során a legkönnyebben használható adattípus szintén a NASA műholdas adatbázisa volt, illetve a felszíni csapadékmérő állomások adatai is könnyen kalibrálhatóak voltak. A csúcosságot illetően a két adattípus hasonlóan volt kalibrálható. A tetőzés időpontjára azonban a felszíni csapadékmérő állomások adatai voltak jobban kalibrálhatóak, míg a NASA műholdas adatokból származó árhullámok több esetben adták vissza a megfigyelt árhullám alakját.

Mind a három vizsgált adattípus esetén jellemző volt, hogy a modell hol alul, hol felülbecsülte a megfigyelt árhullám csúcosságát. Ennek oka lehet az eseményenként azonos paraméterek alkalmazása. Amennyiben nem feltételez-

zük, hogy az összegyülekezési idő és tározási együttható is megegyező minden eseménynél, jobb illeszkedés lehetne elérhető külön-külön az események esetén, hiszen bizonyított, hogy a vízgyűjtők válaszeje, avagy többek között az összegyülekezési idő eseményenként változhat (Szilágyi 2007), ami már a HEC-HMS szoftverben is eredményesen kezelhető összegyülekezési idő és csapadékintenzitás függvényekkel (Négyesi és Nagy 2022). Jelen esetben azonban a kalibráció során a cél azon középértékű paraméterértékek megkeresése volt, amelyeknél minden esemény esetén hasonló a megfelelése az illeszkedésnek.

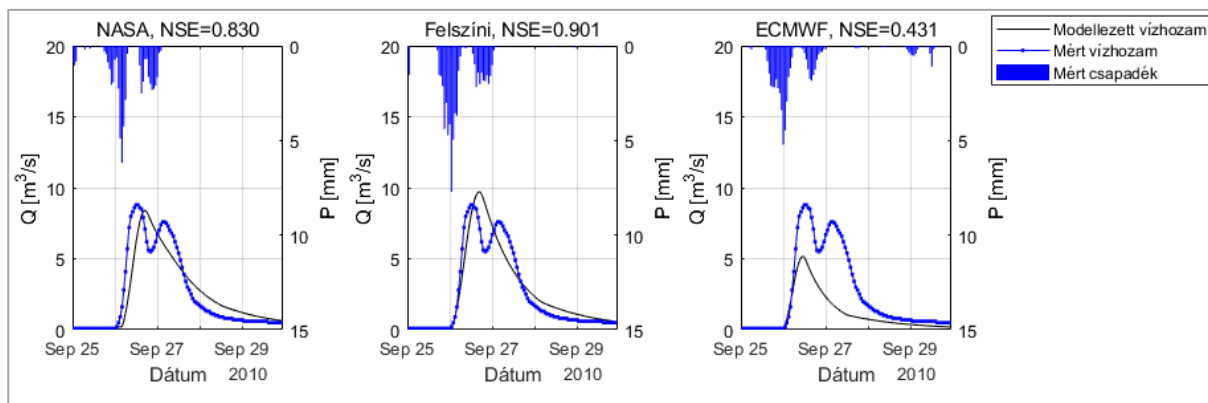
Az ECMWF adatok esetén a modell jóval kevesebb esetben tudta visszaadni a megfigyelt árhullám alakját és csúcosságát. A tetőzés időpontja is változóan felelt meg a megfigyelt tetőzési időpontnak, a modellezett és megfigyelt tetőzési időpont között előfordult csupán egy órás eltérés, de akár 48 órás eltérés is. Ezzel szemben a másik két adattípus órás eltérései kisebb mértékű szórást mutatnak. Az 5. ábra szemlélteti az adattípusonként adódó Nash-Sutcliffe hatékonysági mutató (NSE) értékeit. A piros szín jelzi a negatív értékeket, azaz ahol a modell illeszkedése nem megfelelő. Minél világosabb egy cella, annál jobb az NSE értéke. Látható, hogy a legrosszabb illeszkedés az ECMWF adatok esetén fordult elő, míg a legjobb a NASA műholdas adatok használatakor adódott.



5. ábra. A Nash-Sutcliffe hatékonysági mutató értékei a különböző adattípusok esetén
Figure 5. The Nash-Sutcliffe efficiency coefficient values in case of the different data types

Az igazolás eredményei mindhárom adattípusnál a kalibrálás során tapasztaltakat mutatták, azonban az ECMWF adatok esetén a validáláshoz használt eseményeknél két esetben is meglehetősen pontosan illeszkedett a megfigyelt árhullámhoz a modellezett árhullám. Ezzel szemben a másik két adattípus esetén az igazoláshoz használt események már

nem hoztak olyan jó illeszkedést, mint ahogyan az a kalibráláshoz használt események esetén volt látható. Mindemelllett az 5. ábra szemlélteti, hogy a 22. és a 33. eseménynél egyik adattípus esetén sem illeszkedett megfelelően a modell. A 6. ábra példát szemléltet egy modellezett eseményre a három csapadékatípus esetén.



6. ábra. Példa egy szimulációra a különböző csapadékadat típusokkal (Jáki-Sorok, 26. esemény)
 Figure 6. An example for a simulation with the different precipitation data (Jáki-Sorok, event 26.)

A talajfizikai paraméterek vizsgálata

Az EU Soil Hydro Grids térképek használhatóságáról megállapítható, hogy az értékek nem használhatók fel közvetlenül a modellezés során, csak nagyságrendi becslésre alkalmasak. Így a modellben kiindulási értékek megfeleltek a kalibráláshoz, de mindhárom adattípus esetén el kellett térni az eredeti talajfizikai értékektől. A térképekből

származó szivárgási tényező segítségével megállapítható volt a levegő belépési szívás értéke és a talaj típusa is. Mivel a talaj típusa, illetve annak változása a legérdekesebb információ, így a kalibrált paraméterek közül a 3. táblázatban láthatóak a vízgyűjtőkre állandó értéként felvett kiindulási, valamint a kalibrálás utáni levegő belépési szívás értékek és az ahhoz tartozó talajtípusok.

3. táblázat. Levegő belépési szívás értékei és az ehhez tartozó talajtípusok a kalibrálás előtt és után
 Table 3. Values of suction and the belonging soil types before and after calibration

Jáki-Sorok		
	Levegő belépési szívás [mm]	Talajtípus
Kiindulási érték	407	iszapos vályog
Felszíni csapadékmérő állomások	581	iszapos agyagos vályog
ECMWF adatbázis	647	iszapos agyag
NASA műholdas adatbázis	550	agyagos vályog
Arany-patak		
	Levegő belépési szívás [mm]	Talajtípus
Kiindulási érték	427	homokos agyagos vályog
Felszíni csapadékmérő állomások	446	agyagos vályog
ECMWF adatbázis	660	iszapos agyag
NASA műholdas adatbázis	550	agyagos vályog

Az elvártaknak megfelelően megfigyelhető, hogy a talajtípusokban egyik csapadékadat típus alkalmazása során sincs nagymértékű változás a kiindulási talajtípushoz képest, illetve az, hogy szinte majdnem a teljes terület vályogos. A paraméterek vizsgálatánál fontos kiemelni, hogy a csapadék lefolyás egyik legnagyobb nehézsége, hogy számos paraméter együttes kalibrálására van szükség. Az ekvifinalitás elvének megfelelően előfordulhat, hogy a különböző paraméterkombinációk esetén is hasonlóan jó eredményt ad a modell. Ebből kifolyólag jelen vizsgálat esetén sem állapítható meg egyértelműen, hogy más paraméter változtatásával elérhető lett volna-e hasonlóan a jó eredmény. A bemutatott eredmények tehát jó kiindulási alapot szolgáltatnak, hiszen látható, hogy nagyságrendileg megfelelőek a paraméterek, azonban több állandó paraméter felvételére lenne szükség ahhoz, hogy pontosabban meghatározható legyen az adatok alkalmazhatósága.

ÖSSZEFOGLALÁS

Összefoglalva a leírtakat, a vizsgálat során összehasonlításra kerültek a különböző típusú csapadékadatok, tekintettel a felszíni csapadékmérő állomások, az ECMWF adatbázis és a NASA műholdas adataira, emellett pedig az ingyenesen elérhető EU Soil Hydro Grids térképek adatainak alkalmazhatósága is értékelésre került.

A három adattípust különböző szempontok alapján elemeztük a kutatás során. Mindhárom adattípus esetén vizsgáltuk az események lefolyási hányadait, elvégeztük és elemeztük a különböző adatokkal történő mennyiségi és alakú kalibrálást, illetve az igazolást, mindemellett pedig megvizsgáltuk a kalibrálás után adódó talajfizikai paramétereket. A 4. táblázatban látható az adatok összegzése az említett elemzési szempontokkal, illetve a fontosabb jellemzőkkel együtt. Mindegyik adattípus 1-től 3-ig terjedő besorolást kapott a szempontok szerint, ahol 1 a legjobb, 3 pedig a legkedvezőtlenebb értékelés.

4. táblázat. Az adattípusok összegző elemzése
Table 4. The summary of the examined datatypes

Típus	Adat kezelése	Felbontás		Lefolyási hányadok szórása	Kalibrálhatóság			Talajfizikai paraméter eltérés*	Átlag
		Időbeli	Térbeli		Mennyiségi	Alaki			
						Alak, csúcsosság	Tetőzés időpont		
Felszíni adatok	1	2	2	3	3	2	1	1	1,9
ECMWF adatok	2	2	1	2	2	3	3	3	2,3
NASA műhold	2	1	1	1	1	1	2	2	1,4

* A kiindulási és a kalibrált talajfizikai paraméterek közötti eltérés mértéke.

A 4. táblázatban látható értékelések segítséget nyújthatnak a jövőben csapadék-lefolyás modellezést végző szakembereknek. A táblázat segítségével megállapítható, hogy melyik adattípus a legmegfelelőbb, hiszen a fontos és szükséges szempontok értékelésének súlyozásával akár személyre szabottan is kijelölhető a legalkalmasabb adattípus. A táblázat átlag oszlopában látható az értékelések súlyozás nélküli átlaga, ami alapján megállapítható, hogy az összes szempontot ugyanolyan mértékben figyelembe véve a NASA műholdas adatok bizonyulnak a legjobbnak. A második helyen a felszíni, a harmadik helyen pedig az ECMWF adatok állnak.

Az eredmények okai eltérőek a különböző adattípusok esetén. Az ECMWF adatbázissal történő modellfuttatások minőségét befolyásolta, hogy az ECMWF által alkalmazott interpolációs adatfeldolgozás valóban kisimítja a térben változó adatokat, ezáltal az extrém csapadékin-tenzitások is csökkennek a valósághoz képest. A felszíni adatok jelen esetben az elvárttal ellentétben a legrosszabb eredményeket adták a három adatbázis közül, ennek okai mérési hibák lehetnek. A NASA műholdas adatok eredményei azt mutatják, hogy az adatok feldolgozása és korrigálása ebben az esetben a legmegfelelőbb.

Az EU Soil Hydro Grids térképek használhatóságát alátámasztják a kutatás készítése során kapott eredmények, azonban az értékek nem használhatók fel közvetlenül a modellezés során, csak nagyságrendi becslésre alkalmasak. A modellezés folyamata előtt fontos lépés a több mélység menti értékkel rendelkező adatbázisból kiválasztani az optimális mélységi értéket vagy mélységi értékek átlagát, ami jelen esetben az alkalmazott modell felépítése című fejezetben ismertetett okokból a 0 cm mélységhez tartozó paraméterérték volt.

Mindezek mellett a kutatás témakörében még számtalan kutatási lehetőség van. A jövőben vizsgálhatók lehetnének az OMSZ ellenőrzött felszíni és radar csapadék adatai, illetve a H-SAF műholdas adatállományok is. A modell felépítését illetően az osztott paraméteres megoldás is nyitott kérdés. Mindemellett fontos vizsgálat lehetne a különböző adattípusok csapadékeloszlásainak vizsgálata, illetve a hálórácsos adatok esetén a szomszédos rácsok adatainak korreláció vizsgálata. Jövőbeli célunk a vizsgálataink kiterjesztése ezen kérdéskörökre is és ezzel teljes körűvé tenni a különböző típusú csapadékadatok használatának elemzését.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnénk megköszönni dr. Bene Katalin konzulensi segítségét és munkáját, mely nélkül jelen tanulmány nem szülehetett volna meg. Köszönjük Rehák András Miklós

segítségét a helyszíni bejárás megvalósításában. Hálával tartozunk az Országos Meteorológiai Szolgálat adatszolgáltatás terén nyújtott segítségéért. Mindemellett köszönjük a Kék Bolygó Klímavédelmi Alapítványának az ösztöndíj pályázati támogatását.

IRODALOMJEGYZÉK

AghaKouchak, A., Behrangi, A., Sorooshian, S., Hsu, K., Amitai, E. (2011). Evaluation of Satellite-Retrieved Extreme Precipitation Rates Across the Central United States. *Journal of Geophysical Research*. p. 116. <https://doi.org/10.1029/2010JD014741>

AGROTOPO, <https://www.mta-taki.hu/hu/osztalyok/kornyezetiinformatikai-osztaly/agrotopo>

Beven, K. (2012). *Rainfall-Runoff Modelling*. The Primer. Second Edition. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119951001>

Biggs, E., Atkinson, P. (2011). A comparison of gauge and radar precipitation data for simulating an extreme hydrological event in the Severn Uplands, UK. *Hydrological Processes*. 25. pp. 795-810. <https://doi.org/10.1002/hyp.7869>

CORINE Land Cover-Copernicus (2019). <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover> (Letöltve: 2019.10.25.)

C3S (2019). Copernicus Climate Change Service. C3S ERA5-Land reanalysis. Copernicus Climate Change Service, 15/09/2019. <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!home> (Letöltve: 2019.09.18.)

Donovál K., Lévai D. (2013). Telítetlen talajparaméterek pontos meghatározása. TDK dolgozat. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.

Dybro Thomassen, E., Thorndahl, S., Andersen, C., Gregersen, I., Arnbjerg-Nielsen, K., Sørup, H. (2022). Comparing spatial metrics of extreme precipitation between data from rain gauges, weather radar and high-resolution climate model re-analyses. *Journal of Hydrology*. 610. 127915. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127915>

Feldman, A. D. (2000). *Hydrologic Modeling System HEC-HMS Technical Reference Manual*, Washington. pp. 39-40.

Fraga, H., Pinto, J.G., Santos, J.A. (2020). Olive tree irrigation as a climate change adaptation measure in Alentejo, Portugal, *Agricultural Water Management*. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106193>

Freeze, R.A., Cherry, J.A., (1979). *Groundwater* Prentice-Hall, New Jersey.

Hegedüs P., Czigány Sz., Balatonyi L., Pirkhoffer E. (2013). Analysis of soil boundary conditions of flash floods in a small basin in SW Hungary. *Central European Journal of Geosciences*, 5. <https://doi.org/10.2478/s13533-012-0119-6>

Hydrographischer Dienst Burgenland, csapadékmérő állomás adatok. (Igénylés dátuma: 2019.03.01.)

Kozma Zs., Decsi B., Manninger M., Móricz N., Makó A., Szabó B. (2019). Becsült talajhidrológiai paraméterek szimulációs vizsgálata a NAIK Erdészeti Tudományos Intézet két mintaterületén, *Agrokémia és Talajtan* 68. pp. 13-36. <https://doi.org/10.1556/0088.2019.00031>

McMillan, H., Jackson, B., Clark, M., Kavetski, D., Woods, R. (2011). Rainfall uncertainty in hydrological modelling: An evaluation of multiplicative error models. *Journal of Hydrology*, 400(1-2). pp. 83-94. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.01.026>

Moges, D.M., Kmoch, A., Uemaa, E. (2022). Application of satellite and reanalysis precipitation products for hydrological modeling in the data-scarce Porijõgi catchment, Estonia. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 41. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101070>

NASA Global Precipitation Measurement, Data Downloads (2020). https://gpm.nasa.gov/data-access/downloads/gpm?fbclid=IwAR0oOOb-Dto-xfAX1iz9obpKq9mgTW5_L8dIfZu-la7GsRqZ1a9I700T20Go (Letöltve: 2020.05.20.)

Nash, J.E., Sutcliffe, J.V. (1970). River flow forecasting through conceptual models part I – A discussion of principles, *Journey of Hydrology*. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(70\)90255-6](https://doi.org/10.1016/0022-1694(70)90255-6)

Négyesi K. (2020). Különböző típusú csapadékatok használatának összehasonlító elemzése. BSc diplomamunka. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.

Négyesi K., Nagy E. D. (2022). Analyzing the connection between rainfall intensities and times of concentration using rainfall-runoff modeling. *Hydro-Carpath-2022, Hydrology Of The Carpathian Basin: Synthesis Of Data, Driving Factors And Processes Across Scales: Abstracts and Posters of the Conference*. <https://doi.org/10.35511/978-963-334-452-1>

Niemi, T., Warsta, L., Taka, M., Hickman, B., Pulkkinen, S., Krebs, G., Moisseev, D., Koivusalo, H., Kokkonen, T. (2017). Applicability of open rainfall data to event-scale urban rainfall-runoff modelling. *Journal of Hydrology*, 547. pp. 143-155. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.01.056>

NYUDUVIZIG (2020). Vízrajzi adatok. (Igénylés dátuma: 2020.10.08.)

NYUDUVIZIG (2018). Csapadékatok. (Igénylés dátuma: 2018.08.06.)

Price, K., Purucker, S., Kraemer, S., Babendreier, J., Knightes, C. (2014). Comparison of radar and gauge precipitation data in watershed models across varying spatial and temporal scales. *Hydrological Processes*, 28. <https://doi.org/10.1002/hyp.9890>

Reis, A., Weerts, A., Ramos, M., Wetterhall, F., Fernandes, W. (2022). Hydrological data and modeling to combine and validate precipitation datasets relevant to hydrological applications. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 44. 101200. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101200>

Szilagy J. (2007). Analysis of the nonlinearity in the hillslope runoff response to precipitation through numerical modeling. *Journal of Hydrology*, 337(3-4), pp. 391-401. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.02.005>

Tóth, B., Weynants, M., Pásztor, L., Hengl, T. (2017). 3D Soil Hydraulic Database of Europe at 250 m resolution, *Hydrol. Process.*, <https://doi.org/10.1002/hyp.11203>

Yang, C., Fraga, H., van Ieperen, W., Trindade, H. (2019). Effects of climate change and adaptation options on winter wheat yield under rainfed Mediterranean conditions in southern Portugal, *Climatic Change* 154. pp. 159-178. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02419-4>

Yang, C., Fraga, H., van Ieperen, W., Santos J. A. (2020). Assessing the impacts of recent-past climatic constraints on potential wheat yield and adaptation options under Mediterranean climate in southern Portugal, *Agricultural Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102844>

Wisnovszky I. (1958). Az összegyülekezési idő számítása. *Hidrológiai Közöny*, 38. évf. 3. szám. pp. 195-200.

SZERZŐK



NÉGYESI KLAUDIA 2022-ben szerzett okleveles infrastruktúra-építőmérnök diplomát a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Karán, jelenleg a Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék elsőéves doktorandusz hallgatója. Doktori témájának címe „Kisvízgyűjtők csapadék-lefolyás kapcsolatának modellezése”.



NAGY ESZTER DÓRA 2018-ban szerzett okleveles infrastruktúra-építőmérnök diplomát a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Karán. Jelenleg ugyanitt a Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszéken tanársegéd. Kutatási témája kisvízgyűjtők csapadék-lefolyás kapcsolatának modellezése. 2016 óta a Magyar Hidrológiai Társaság tagja.

Két alföldi kisvízgyűjtő éves vízmérlegének meghatározása mért és modellezett adatok alapján

Tran Quang Hop

Országos Vízügyi Főigazgatóság, Vízgyűjtő-gazdálkodási Osztály. 1012 Budapest, Márvány utca 1/D.
(e-mail: tran.quang.hop@ovf.hu)

[DOI:10.59258/HK.12340](https://doi.org/10.59258/HK.12340)



Kivonat

Vízgazdálkodásunk fontos stratégiai kérdése a területi vízmérlegek jobb megismerése. Ehhez azonban nem rendelkezünk megfelelő részletességű adatokkal, így jobbára hidrológiai modellezéssel próbáljuk ismereteinket kiegészíteni. Mivel azonban ezeket a modelleket nem a magyarországi viszonyokra dolgozták ki, ezért kétirányú kutatást kell elvégeznünk. Egyrészt meg kell határozni, hogy a rendelkezésünkre álló (nem egységes területi felbontású, és nem feltétlenül kielégítő gyakorisággal megfigyelt) adatok hogyan használhatók fel az összetett visszacsatolásokkal terhelt környezeti kapcsolattrendszerek modellezésében. Másrészt adódik a kérdés, hogy milyen biztonsággal alkalmazhatjuk hazai körülmények között a nemzetközi gyakorlatban széles körben elterjedt modelleket. Ennek érdekében havi adatok felhasználásával két alföldi kisvízgyűjtőn végeztünk kutatásokat. Ennek során összehasonlítottuk a ténylegesen mért adatokból statisztikai és hidrológiai számítással készült hagyományos (vízkészlet-gazdálkodási mérleg modellel számított) vízmérleget a csapadék-lefolyás (MIKE NAM) és a hidrodinamikai (MIKE Hydro River) modellek eredményeivel. A két vizsgált vízgyűjtő (a Dong-ér és a Berettyó) alapadatok tekintetében nagyon különbözött. A Berettyó részvízgyűjtőben számos felszíni víz mérőállomás van. Ezen rendelkezésre álló adatok statisztikai módon kiszámolt tényleges vízhozama lehet egy referencia érték, amelyhez a hidrodinamikai modell kalibrálása elvégezhető. A Dong-ér vízgyűjtő esetében a területi adatok szignifikáns hiánya miatt azokat előbb egy referencia vízgyűjtő segítségével kellett kalibrálni, hogy megbízható modellt alkothassunk. A vizsgálataim rámutattak, hogy a MIKE NAM csapadék-lefolyás és a MIKE Hydro River hidrodinamikai modellek kombinációjával megbízható kalibráció és szimuláció végezhető. A mért adatokból számított statisztikai eredmények alapján kimutatható egyfelől a modellek alkalmazhatósága, sőt megfordítva a modell szimulációs eljárás is alkalmas arra, hogy kiegészíthessük az adathiányos vízgyűjtőkön a felszíni vízkészletek statisztikai értékelését. Bizonyítottuk, hogy a referencia vízgyűjtő kiválasztása – a hidrológiai analógia típusú megközelítés alapján – lényeges mértékben befolyásolja az eredményeket. Eredményeink szerint a hidrológiai analógia alapján paraméterezett modell – tényleges megfigyelések hiányában – a vízhasználatok engedélyezési döntéstámogatásában és alternatív vízkészlet-gazdálkodási javaslatok tesztelésében nagy hatékonysággal alkalmazható.

Kulcsszavak

Vízkészlet-gazdálkodás, vízmérleg, MIKE NAM, MIKE Hydro River.

Determination of the annual water balance of the two Hungarian lowland watersheds based on measured and modelled data

Abstract

The better knowledge of regional water balances is an important strategic issue of our water management. However, we have not got sufficiently detailed data, so we could try to work with hydrological modelling. The models were not developed for Hungarian conditions, we have to carry out two-way research. On the one hand, we need to determine how the data at our disposal (poor spatial resolution) can be used, and on the other hand, how safely we can use the models of international practice in our country. We conducted research on two small watersheds in the Hungarian Great Plain using monthly data. By doing so, we compared the traditional water balance made from the actual measured data with statistical and hydrological calculations with the model results of the rainfall-runoff (MIKE NAM) and hydrodynamic (MIKE Hydro River) models. The two analyzed small catchments (the Dong-ér and the Berettyó) were very different in terms of basic data. There are many surface water measuring stations in the Berettyó sub-catchment, the actual water yield calculated statistically based on the available data can be a reference value to which the hydrodynamic model can be calibrated. In addition, the hydrodynamic model can be calibrated to the measured data. In the case of the Dong-ér watershed, due to the very incomplete territorial data, they first had to be calibrated with the help of a reference watershed. A reliable calibration and simulation can be performed using the combination of rainfall-runoff and hydrodynamic models. Based on the statistical results calculated from the measured data, the suitability of the models can be evaluated, and conversely, the model simulation procedure can complement the statistical calculation of the surface water resources of catchments with inadequate data. It was shown how the selection of the reference watershed – based on the hydrological analogy procedure – influences the results. The results of this study can support decision-makers regarding the issuance of water use permits and the testing of water resources management proposals.

Keywords

Water resource management, water balance, MIKE NAM, MIKE Hydro River.

BEVEZETÉS

Az Európai Bizottság 2015. évi technikai beszámolója szerint a vízmérleg nem kapott fontos szerepet a vízgyűjtő-gazdálkodásban. Ennek több oka is volt, ezek: 1) 2015-ig Európában alig volt vízkonfliktus vagy vízhiány; 2) A meglévő monitoring rendszer nem volt képes egy vízmér-

leg keretébe integrálni a vízforgalmi összetevőket; 3) Víz-háztartás számításához szükséges bemeneti adatok és informatikai eszközök hiánya; 4) A vízmérleg a helyi hagyományok alapján került meghatározásra (Európai Bizottság 2015). A klímaváltozás következményeként egyre szélsőségesebben változnak a hidrometeorológiai viszonyok

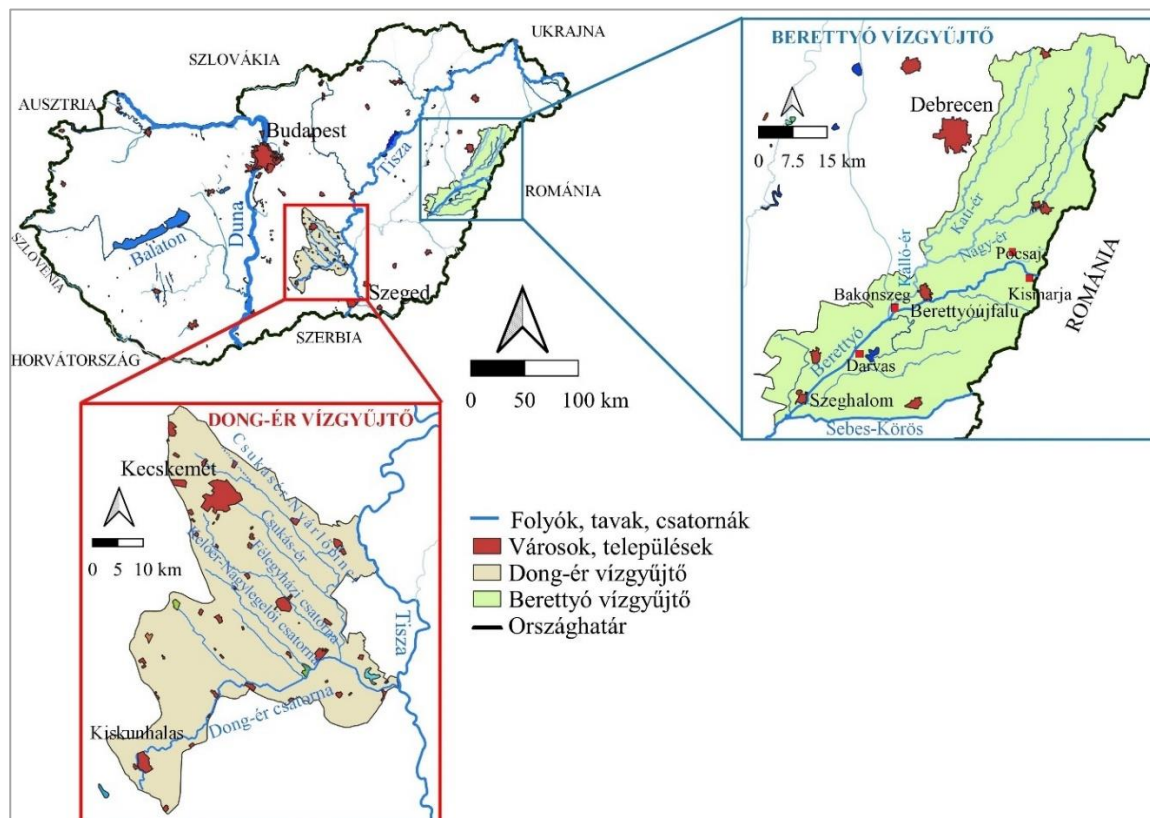
(NÉS-2 2018, IPCC 2021, EEA 2022), a talajvíz készletek (Fehér és Rakonczai 2019, Szalai és Nagy 2020, Rakonczai 2021), a vegetáció, és ezáltal az evapotranszspiráció. Tehát a klímaváltozás közvetlenül vagy közvetve érinti a vízkészleteket. Az éghajlatváltozás mellett az antropogén hatások is fokozhatják és/vagy ronthatják az egyes kisvízgyűjtőkön a vízmérleg egyensúlyát.

2000. október 23-án hatályba lépett az „Európai Parlament és Tanács 2000/60/EK irányelve a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek létrehozásáról”, vagy röviden az EU Víz Keretirányelve (VKI). A 2014. évi frissített verziójában a felszíni vizek, és azon belül az 1.4. A terhelések meghatározása pontjában célul tűzte ki a VKI „a jelentős vízkormányzási szabályozások, beleértve a vízátervezéseket és eltereléseket, az általános áramlási jellemzőkre és a vízmérlegekre gyakorolt hatásának becslését és meghatározását” (VKI 2014). Ezek alapján elmondható, hogy az Európai Unió már szükségesnek és fontosnak tartja a vízmérleg számítását. A vízgyűjtő-gazdálkodás stratégiai döntéseinek támogatásában feltétlenül szükséges a vízmérleg modellek előállítását a vízháztartási helyzet megismeréséhez (Láng 2016), illetve bármilyen vízkormányzással kapcsolatos intézkedésnél figyelembe kell venni a vízmérlegre gyakorolt hatásokat (Európai Bizottság 2015). A vízkészlet-gazdálkodással kapcsolatos stratégiai döntések támogatása során a felszíni vízkészlet és a vízigények közötti egyensúly vizsgálata szükséges az adott vízgyűjtő vízmérlegének meghatározásához.

A hazai vízkészlet-gazdálkodás hagyományosan csak a kisvízi vízhozamok értékeinek figyelembevételével történik, nem pedig a teljes vízgyűjtőre vonatkozó összesített vízkészlet alapján. Ennek az az oka, hogy hazai viszonylatban jellemzően nem állnak rendelkezésre olyan tározási lehetőségek, amelyek hasznosítható vízkészlete megközelítené a sokéves középvízhozamot. A sokéves vízhozamnak körülbelül a felét-ötödét teszi ki a vízhasználatok számára elegendő biztonsággal rendelkezésre álló vízkészlet (VIZITERV Environ Kft. 2022). Ez képezi azt a mértékadó felszíni vízkészletet is, amely a jelenlegi vízhasználatok engedélyezésének alapja. A technológiai és informatikai fejlődésnek köszönhetően a különféle matematikai és fizikai alapú modellekkel a természetben lezajló vízforgalmat a valósághoz közelítően tudjuk szimulálni. A jelen tanulmányban alkalmazott MIKE NAM csapadék-lefolyás-, és MIKE Hydro River hidrodinamikai modellek segítségével meghatároztuk a hasznosítható vízkészletet. A modellek eredményeit ezt követően összehasonlítottuk a Dong-ér vízgyűjtő és a Berettyó vízgyűjtő mérlegegyenletek alapján a gyakorlatban jelenleg szabványosított statisztikai módszerek alapján számított vízhozamokkal.

A KUTATÁSI TERÜLETEK BEMUTATÁSA

Ebben a kutatásban az Alföld két területét vizsgáltuk meg. Az egyik a Duna-Tisza közén található Dong-ér vízgyűjtő, a másik az Alföld keleti részén fekvő Berettyó vízgyűjtő hazai része (1. ábra).



1. ábra. Dong-ér vízgyűjtő és Berettyó részvízgyűjtő
Figure 1. Dong-ér and Berettyó catchments

A Dong-ér vízgyűjtő

A Dong-éri főcsatorna belvízrendszere a Duna-Tisza közti hátság középső részén, kelet felé, a Tisza irányába lejtő tájon, Magyarország déli határától körülbelül 50 km-

re található. Legnagyobb részét az Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság (ATIVIZIG) kezeli. A vízgyűjtő teljes területe 2 127 km². A vízgyűjtő nyugati része a Bugaci-homokhát keleti részéhez tartozik, ahol az enyhén hullámos

síkságon északnyugat–délkeleti irányú buckasorok, szélbarázdák, helyenként vízenyős területek jellemzik a felszínt. Az itteni átlagos relatív relief értéke $3,5 \text{ m/km}^2$. A terület felszín közeli üledékében futóhomok dominanciát figyelhetünk meg, melynek vastagsága néhány métertől 50–60 m-ig terjedhet. A térség vizeinek nagyobb része a Dong-éri-főcsatornába folyik. A Dong-ér kezdeti szakaszán – a Duna–Tisza közti hátság vízválasztója közelében – minimális a felszíni vízállítás, az időnként ki is száradó medret inkább csak a vizes élőhelyek növényzete mutatja. Következésképpen itt vízkészlete hasznosításra nem alkalmas, inkább a felszín alatti vízkészletek használata kerül előtérbe (Kozák 2020). A Bugaci-homokhat talajvíze korábban 2–4 m mélységben volt elérhető, de az utóbbi időszakban jelentős süllyedés tapasztalható. A Dong-ér vízgyűjtő délnyugati része a Dorozsma–Majsai-homokháthoz tartozik. A Dong-ér vízgyűjtő nagyobb része a Kiskunsági löszös háthoz tartozik, ahol lösszel és homokkal borított hordalékkúp síkság (Dövényi 2010) jellemző. Az itteni relatív relief értéke 5 m/km^2 . A vízgyűjtőn az egymással közel párhuzamosan futó – ÉNy–DK-i irányú – csatornák rendszere összegyűjti és a Dong-éri-főcsatornába szállítja a többletvizet, majd ez Baks település közelében ömlik a Tiszába. Az uralkodó szélirány északnyugati, az átlagos szélesebesség 2–3 m/s körül alakul. A szél tevékenysége alakította a helyi domborzatot. A terület domborzata alapvetően meghatározza a vízhálózatot. A Dong-ér-főcsatorna folyásiránya nagyjából nyugat–keleti, míg a mellécsatornák folyásiránya északnyugat–délkeleti, jellemzően a természetes deflációs mélyedéseket követik. Csapadékos időszakokban a talajvíz megjelenhet a deflációs mélyedésekben, ezáltal átmenetileg előtört területeket képezve (Sipos és Právecz 2014).

Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) két regionális klímamoddellel és két forgatókönyvvel készített vizsgálatai alapján Magyarország átlaghőmérséklete az évszázad végére 3–4 °C-kal emelkedhet és így a 2 °C küszöböt várhatóan hamarabb fogja elérni. A mintaterület az ország legmelegebb, legszárazabb vidékei közé tartozik, ennek megfelelően a térség aszályhajlama igen nagy (Sipos és Právecz 2014). A terület éghajlata mérsékelt, illetve meleg-száraz. Az OMSZ adatbázisa szerint a térségben az átlagos éves csapadékösszeg 534 mm körül alakult. Szélsőséges értékek jellemezték a 2014-es évet (842 mm), illetve a 2000-es évet (203 mm) (OMSZ 2023). A 2000–2018 közötti időszakban a havi középhőmérséklet legalacsonyabb értéke $-5,2 \text{ °C}$ (2012 februárjában és 2017 januárjában), a legmagasabb $+24,5 \text{ °C}$ volt (2018 augusztusában). Az átlagos havi középhőmérséklet $+12,5 \text{ °C}$ körül ingadozik. A hótakaró vastagsága télen átlagosan 18–22 cm.

A területhasználatban az öntözetlen szántóterület dominál (a vízgyűjtő 41%-a), ezt követik a legelők 13%-kal, a lombos erdők 10%-kal, valamint a fennmaradó kisebb területhasználatok, mint időszakos erdős-cserjés, különböző művelési tevékenység, nem folytonos települések. A rendelkezésre álló genetikai talajterkép (MTA TAKI 2009) alapján a terület talajadottságai rendkívül heterogének, a legjellemzőbb talajtípusok a futóhomok jellegű homokos talajok, a humuszos homoktalaj, a csernozjom és a mélyedésekben előforduló szikes talajok. A Duna–Tisza közti

térségben igen intenzív talajvíz változás volt a múlt század utolsó évtizedeiben (Pálfai 1994). A talajvíz csökkenés átlagosan 2 méter körül alakult, de a magasabb helyeken ennek többszöröse is lehet (Fehér 2019, Tran és társai 2022). Megfigyelhető azonban, hogy egy-egy tartósan csapadékos időszakban a homokhátság alacsonyabb részein nemcsak helyreállt, hanem annyira felemelkedett a talajvízszint, hogy időnként már káros felszíni elöntéseket is okozott (Kozák 2011, Szatmári és van Leeuwen 2013).

A Berettyó részvízgyűjtő a Kálló-ér vízgyűjtőjével együtt

A Berettyó Románia területén ered és a Körösladányi duzzasztó közelében ömlik a Sebes-Körösbe. A teljes vizsgált magyarországi hossza közel 75 km. A vízkészlet-gazdálkodási mérleg modelljében a Berettyó hazai vízgyűjtője két részvízgyűjtőre lett felosztva: egyrészt az északi, felső részén elhelyezkedő Kálló-ér vízgyűjtőre, másrészt a Berettyó közvetlen vízgyűjtőjére. A MIKE SHE integrált hidrológiai modellben a Kálló-ér és a Berettyó részvízgyűjtőjét együtt kezeltük. Az így összevont vízgyűjtő (a továbbiakban Berettyó részvízgyűjtő) területe $2\,748,44 \text{ km}^2$, amely az Alföld keleti részén a Tisza vízrendszerének része (1. ábra). A Berettyó részvízgyűjtő határa északon megközelítőleg azonos Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegye déli határával, keleten az országhatár (Románia), délen a Sebes-Körös, nyugaton a vízgyűjtő nyugati oldala határolja. A Berettyó részvízgyűjtőt a domborzata alapján két részre oszthatjuk. Az északkeleti harmada szélhordta homokformákkal fedett síkság, itt a felszínt homok, homokosvályog talajok borítják. A vizsgált terület magassága 104–159 mBf között változik. A Berettyó részvízgyűjtő délnyugati része a Nagy-Sárréthez tartozik, ahol a Sebes-Körös által feltöltött hordalékkúp nyugati oldalán található. Itt a területet kis relatív relief ($\sim 1,5 \text{ m/km}^2$) jellemzi, nyáron ezen a szakaszon a vízfolyások vízsebessége 0,13–0,14 m/s. A Nagy-Sárrét domborzata 86–101 mBf közötti és délnyugati irányba lejt, ahol nagy arányban fordulnak elő a jó vízzáró tulajdonságú iszapos-agyagos üledékek és csak néhány helyen – változatos vastagságban – iszapos, agyagos tőzeg. Tehát a vízgyűjtőn a felszín beszívargás viszonyait kettősség jellemzi: az északkeleti rész jellemzően homokos, így jó vízvezető képességű, míg délnyugati felén a rossz vízvezető agyagos, finom kőzetliszt dominál. A vízgyűjtő e területén a talajvíz 2–3 m mélységben található.

A Berettyó-folyó jobb parti része a Berettyó–Kálló köze. Az itteni domborzat 88,6–133,6 mBf magasságú hordalékkúp síkság, ahol gyakoriak a morotvák és a meder maradványok és a magasabb részei löszös homokkal borítottak. Berettyóújfalú térsége enyhén hullámos síkság. A Berettyó–Kálló közének közel háromnegyedét holocén ártéri, mocsári iszap- és agyagtalaj borítja, míg a maradék területek mozaikosan elhelyezkedő, pleisztocén ártéri infúziós lösszel, iszappal fedett részek (Dövényi 2010). A Berettyó árveizeit általában a tavaszi hóolvadás, illetve a kora nyári csapadékok váltják ki, ősszel pedig általában a kisvizek jellemzik. Az itteni talajvíz mélysége 2–4 m között változik. A Berettyó bal parti része a Bihari-síkon helyezkedik el, ahol a Sebes-Körös hordalékkúpja határozza meg a domborzatot. A terület tengerszint feletti magassága

86 m és 106,5 m közötti és enyhén délnyugati irányba lejt. A jellemző felszíni formák a fattyúágak, morotva roncsok és a parti dűnesorok.

A vizsgált vízgyűjtő alacsonyabb részein inkább réti (37%) és szikes (21%), a magasabb részekeken pedig leginkább vázталajok (25%) és csernozjom talajok (15%) találhatóak. A Berettyó részvízgyűjtő terület használatában a szántó dominál, amely 53%-ot tesz ki, míg 20%-án rét és legelő, 17%-án erdő található (TIVIZIG 2016). A rendelkezésre álló Corine felszínborítási térképek alapján a Berettyó részvízgyűjtőn az elmúlt 25 évben nem történt lényeges vegetáció vagy földhasználat változás.

A Berettyó részvízgyűjtő éghajlata mérsékelt meleg-száraz. Az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) adatbázisa szerint az évi középhőmérséklet 2000-től 2021-ig emelkedő tendenciát mutatott (a két szélsőség 9,3 °C és 12,6 °C). Az évi csapadékösszegek alapján – az országos értékhez hasonlóan – 2010-ben hullott a legtöbb csapadék és 2022 évben volt a legnagyobb szárazság.

1. táblázat. A 12 havi vízmérleg modell bemenő adatai (VIZITERV Environ Kft. 2022)
Table 1. Input datasets of the 12 monthly water balance model (VIZITERV Environ Kft. 2022)

A természetes vízkészlet statisztikai jellemzőjének kiválasztása	Havonkénti 80%-os átlagos tartósságú napi vízhozam a 2012. évre [m ³ /s].
Mérlegszámításhoz a külföldi, felvízi készletérték kiválasztása	Határon ténylegesen belépő hozam, mint természetes vízkészlet [m ³ /s].
Hazai keletkezésű ökológiai vízmennyiségként figyelembe veendő vízhozam	1981-2010. időszakra havonkénti 80%-os átlagos tartósságú napi lefolyás 50%-a [m ³ /s].
Külföldi vízgyűjtőről érkező, ökológiai vízmennyiségként figyelembe veendő vízhozam	Határon ténylegesen belépő, az 1981-2010. időszakra vonatkozó havonkénti 80%-os átlagos tartósságú napi lefolyás 50%-a [m ³ /s].
Mérlegszámításhoz a vízhasználati adatállomány kiválasztása	2012. évi engedélyezett maximális vízkivételek [m ³ /s].
Hasznosítható bányavíz redukciós tényezője az engedélyezett bevezetés százalékában	50%
Hasznosítható kommunális szennyvíz redukciós tényezője az engedélyezett bevezetés százalékában	70%
Hasznosítható ipari szennyvíz redukciós tényezője az engedélyezett bevezetés százalékában	100%

A 2012-es évre azért esett a választás, mert a Tisza-völgyben ez egy rendkívül száraz év volt. Emellett rendelkezésre álltak az engedélyezett éves és havi vízkivételi és vízbevezetési adatok. Döntésemet továbbá alátámasztotta, hogy – a Berettyó esetében – a határon ténylegesen belépő vízhozamok, valamint a havi felbontású tározási, vízátviteli és öntözőfűrt fővízkivételi adatok is rendelkezésre álltak 2012-re.

A vízügyi gyakorlatban alkalmazott vízkészlet-gazdálkodási vízmérleg számítás módszere

A vízkészlet-gazdálkodási vízmérlegben a vízkészlet meghatározása statisztikai számításokon alapszik, amelyhez az alapadatokat a vízrajzi állomások észlelései adják. Egyes vízgyűjtőkön több vízrajzi állomás is található – ilyen a Berettyó részvízgyűjtő is. A rendelkezésre álló megfigyelt, 30 év hosszúságú vízhozam idősorok feldolgozása, értékelése lehetővé teszi a vízkészlet statisztikai jellemzők (napi, havi és éves középvízhozamok, ha-

A VÍZKÉSZLET-GAZDÁLKODÁSI MÉRLEG MODELL EREDMÉNYEI

Alapadatok

A KEHOP-1.1.0-15-2016-0008 azonosítószámú „A Víz Keretirányelv előírásai szerinti állapotértékelések, elemzések, vizsgálatok, valamint a vízgyűjtő-gazdálkodási tervek második felülvizsgálata és korszerűsítése” keretében elkészült a Tisza vízgyűjtő 57 részvízgyűjtőjének statisztikai alapú, havi részletességű vízkészlet-gazdálkodási mérlege. Az így kapott eredmények közül jelen tanulmányban a Dong-ér vízgyűjtőjének és a Berettyó hazai vízgyűjtőjének statisztikai adatait vettük alapul.

A hazai vízkészlet-gazdálkodási gyakorlat szerint a biztonsággal rendelkezésre álló vízkészlet a vízfolyások középvízhozamának felét-ötödét kitevő kisvízi tartományba eső, augusztusi mértékadó, 80%-os tartósságú lefolyás. A 12 havi mértékadó felszíni vízkészlet-gazdálkodási mérleg kiszámításához használt adatok körét az 1. táblázat tartalmazza.

vonkénti 80%-os átlagos tartósságú értékek) számítását. Azokon a vízgyűjtőkön – például a Dong-ér vízgyűjtőjén –, ahol nincs mért vízhozam adatsor, a lefolyás a hidrológiai analógia módszerével került meghatározásra. A KEHOP-1.1.0-15-2016-0008 azonosítószámú vízgyűjtő-gazdálkodási tervek második felülvizsgálata során a Dong-ér vízgyűjtőjére a Kígyós-főcsatorna vízhozam adatai szolgálták támpontul. Az adathiányos vízgyűjtő vízkészletét – a fajlagos lefolyás értékének analógiája alapján – a következő egyenlettel számolták ki (VIZITERV Environ Kft. 2022):

$$Q_{\text{mértetlen}} = Q_{\text{mért}} \frac{A_{\text{mértetlen}}}{A_{\text{mért}}} k_{\text{mértetlen}} \quad (1)$$

ahol:

$Q_{\text{mértetlen}}$ - Az adathiányos vízgyűjtő meghatározandó természetes vízkészlete [m³/s];

$Q_{mért}$ - A mért adatokkal rendelkező vízgyűjtő meghatározott természetes vízkészlete [m^3/s];
 $A_{mért}$ - Az adathiányos vízgyűjtő területe [km^2];
 $A_{mért}$ - A mért adatokkal rendelkező vízgyűjtő területe [km^2];
 $k_{mért}$ - Az adathiányos vízgyűjtő kalibráló tényezője: $0,9 > k_i > 1,1$.

A vízügyi gyakorlatban elterjedt vízkészlet-gazdálkodási vízmérleg számítási módszerrel gyakorlatilag mért adatokból kizárólag statisztikai eszközök használatával határozzuk meg a vízfolyásokban lévő felszíni vízmennyiségeket. Következésképpen a módszer hátránya, hogy nem képes komplex környezeti visszacsatolásokat leképezni.

2. táblázat. MIKE NAM és MIKE Hydro River modellek bemenő adatai és a felhasznált adatok forrása
 Table 2. MIKE NAM and MIKE Hydro River models input data and data source

Adatok	Formátum	Megjegyzés
Természeti adottságok	Shape	Topográfia, talaj adottságok, vegetáció adatok
Párolgás	Excel táblázat	Kecskemét, Kiskunhalas, Kiskunmajsa, Szeged, Szentes mérőállomáson mért adatok.
Csapadék	Excel táblázat	Vedresszék, Sándorfalva, Kiskunhalas, Csengele mérőállomáson mért adatok.
Felszíni vízhozam	Excel táblázat	Szatymazi mérőállomás adata
Vízhálózat	Shape	
Vízfolyások geometriai adatai	Shape és Excel táblázat	A Dong-ér vízgyűjtőhöz tartozó csatornák geometriai adatait az ATIVIZIG biztosította. A Berettyó részvízgyűjtő esetében csak a Berettyó folyónak vannak mért geometriai adatai. A többi vízfolyásban egyáltalán nincsenek geometriai adatok, így azokat Madarassy (1998) alapján feltételezéssel határoztam meg.
Felszíni vízállás	Excel táblázat	A Dong-ér vízgyűjtő felszíni vízállás adatai az ATIVIZIG szolgáltatta. A Berettyó részvízgyűjtő napi felszíni vízállás adatai az Országos Vízügyi Főigazgatóság által kiadott vízrajzi évkönyvekből kaptuk meg.
Talajvízszint	Excel táblázat	A Dong-ér vízgyűjtő napi talajvízszint adatai az ATIVIZIG szolgáltatta. A Berettyó részvízgyűjtő napi talajvízszint adatok a vízrajzi évkönyvekből kaptuk.
Vízépítési műtárgyak	Excel táblázat	A Dong-ér vízgyűjtő vízépítési műtárgyainak adatai (geometriája és szabályozási ütemezése) az ATIVIZIG szolgáltatta A Berettyó részvízgyűjtő vízépítési műtárgyainak adatai nem állnak rendelkezésre.

A MIKE Hydro River hidrodinamikai modell ismertetése

A MIKE Hydro River modell, mint a vízfolyás hálózatok hidrodinamikai modellező eszköze, képes a vízfolyások hidraulikáját, hidrodinamikáját, vízminőségét, hordalék mozgását és árvízi jelenségeket szimulálni és előrejelezni.

A MIKE Hydro River modell paraméterezése egy dinamikus adatfastruktúrában történik. A szimuláció specifikációjában beállíthatók a szimulációs modulok, a szimulációs periódus és időlépés, valamint a számítás kontroll paraméterei. A térkép konfigurációjában beállítható az alkalmazandó koordináta rendszer is, amely a jelen esetben a HD72 (Hungarian Datum 1972) és az egységes országos vetület (EOV) rendszere volt. A vízhálózat (river network) szerkesztőben fontos az egyes vízfolyások, folyóágak felvétele és kapcsolódásai definiálása. A vízfolyás rendszer egy másik fontos művelete a keresztzelvények felvétele, amely egy külön modulban történik (MIKE Zero/MIKE Hydro/Cross Section). A vízfolyás rendszer szerkesztőben

AZ ALKALMAZOTT MIKE HYDRO RIVER MODELL

A MIKE Hydro River hidrodinamikai modell alapadatai

A MIKE Hydro River egydimenziós természetes folyómedrekben a vízmozgás leírására szolgáló hidrodinamikai modell, ami a dinamikus hullám megközelítéssel oldja meg a Saint Venant egyenleteket. Az egyenletrendszer részletes levezetése és az összefüggések vizsgálata számos kiadványban megtalálható (Chow 1959, Cunge és társai 1980, Abbott és Cunge 1982, DHI 2019). A dinamikus Saint Venant áramlási egyenlet számos változót tartalmaz, amelyek egy részét az algoritmus automatikusan számítja a szimuláció során, néhány pedig a felhasználó által megadott paraméter. A 2. táblázatban összefoglalásra kerültek a bemenő adatok:

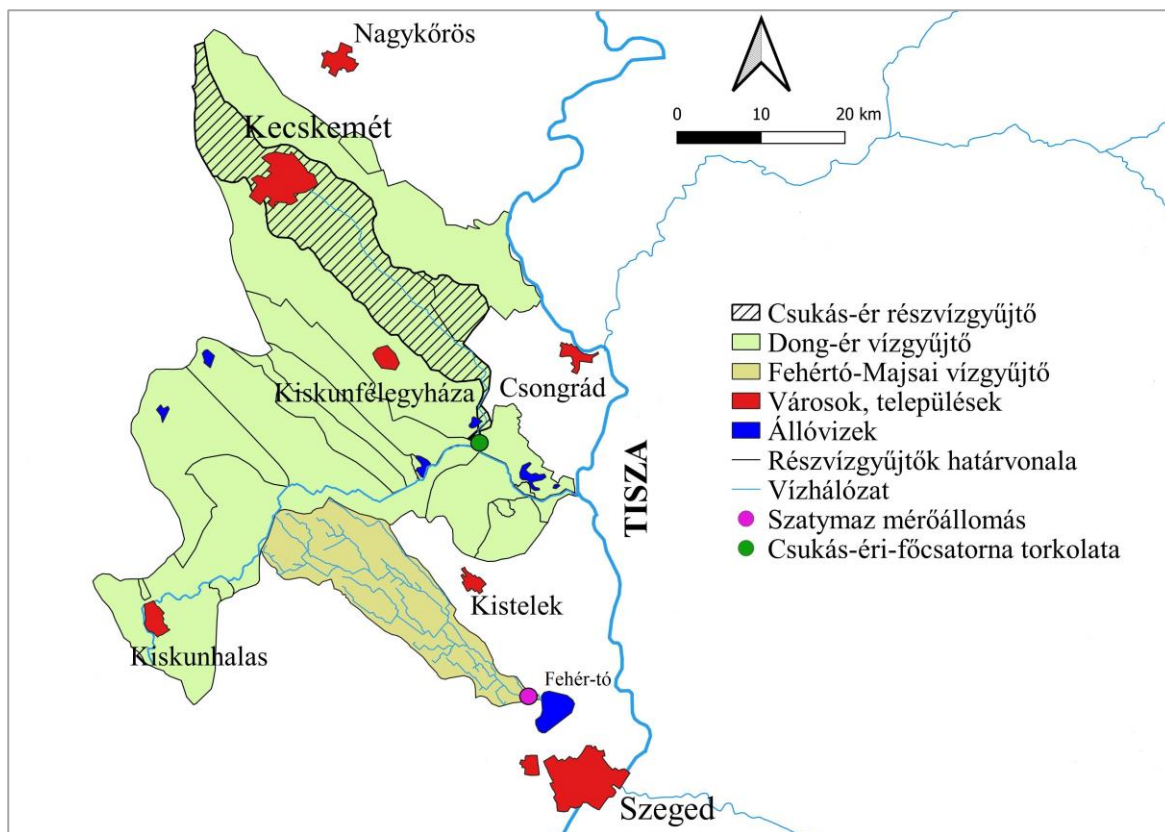
lehetőség van a meglévő vagy a beépítendő/tervezendő műtárgyak felvételére. A hidrodinamikai paraméterek párbeszédpanelben a mederérdességi tényező adható meg. A modell kalibrálása során a mederérdességi tényezőket és a vízhozam értékeit módosíthatjuk. A peremfeltételek panel lehetőséget biztosít az alapértelmezett peremfeltételek, úgymint a vízszintek, a be- és kifolyási hidrográfok, valamint a folyóágak, a felszín alatti áramlások, a különféle meteorológiai adatok, továbbá az egyes műtárgyakkal kapcsolatos peremfeltételek beállítására. A kezdeti feltételek panelben lehet a hidrodinamikai kezdeti feltételeket beállítani, illetve egy permanens futtatás eredményeit alkalmazni. Az eredmények specifikációjában lehetőség van a kimeneti eredményekkel való szabályozásra.

A MIKE Hydro River hidrodinamikai modell kalibrációja

A Dong-ér vízgyűjtő és a Berettyó részvízgyűjtő modelljei a 2012. év adataival kerültek kalibrálásra, illetve szimulálásra. Az egy-egy évre történő kalibrációs munka időigényesebb, viszont a hidrodinamikai modell megbízhatóság

gáról pontosabb képet kaphatunk. A Dong-ér vízgyűjtőre felépített MIKE Hydro River hidrodinamikai modell kalibrálása a Csukás-éri-főcsatorna torkolati szelvényére

futtatott MIKE NAM csapadék-lefolyás modell által szimulált felszíni vízhozam idősor alapján került végrehajtásra (2. ábra).



2. ábra. A Dong-ér és a Fehértó-Majszai-főcsatorna vízgyűjtője, illetve a szatymazi mérőállomás
Figure 2. The Dong-ér and Fehértó-Majszai catchments and Szatymaz gauge station

A MIKE Hydro River hidrodinamikai modell és a MIKE NAM csapadék-lefolyás modell szimulációs eredményeinek összehasonlítása alapján megállapítható, hogy mind a négy, hibát kifejező statisztikai paraméter jó illeszkedést mutat a generált eredmények között (Tran és társai 2023). Adathiány miatt a Dong-ér vízgyűjtő modelljére nem tudunk keresztvalidálást végezni. A Berettyó részvízgyűjtő esetében rendelkezésre állnak – az Országos Vízügyi Főigazgatóság által kiadott vízrajzi évkönyvben szereplő –, a Berettyó folyóhoz tartozó Kismarja, Pocsaj, Berettyóújfalu, Darvas mérőállomás, illetve a Kálló-éren a Berettyóújfalu és Bakonszeg mérőállomások vízállás idősorai (3. táblázat). A Berettyó részvízgyűjtőre szintén nem

végezhetünk validálást, mert nem állt rendelkezésre a hidrodinamikai rendszert befolyásoló vízpépítési műtárgyak működési szabályzata. A 3. táblázatban összegezzük a Dong-ér és a Berettyó vízgyűjtő kalibrációjának kiértékeléséhez vizsgált hiba-statisztikai paramétereket: abszolút közép hiba (MAE), négyzetes középhiba (RMSE), korrelációs együttható (r) és a Nash-Sutcliffe hatékonysági együttható (NSE). A statisztikai eredmények alapján a mért és a szimulált értékek közötti illeszkedésnek legalább jó a minősítése ($NSE \geq 0,65$). Egyes mérőállomásokon szinte tökéletes az illeszkedés, mint például a Berettyó esetében Kismarján, ahol az $NSE = 0,99$ és a Kálló-érenél Berettyóújfalunál, ahol az $NSE = 0,91$ (3. táblázat).

3. táblázat. MIKE Hydro River modell 2012. évre történt kalibrációjának statisztikai jellemzői
Table 3. Calibration statistics of the MIKE Hydro River model for the year 2012

	Vízfolyás	Mérőállomás	Paraméterek			
			MAE	RMSE	r	NSE
MIKE NAM csapadék-lefolyás modell által számított vízhozamra	Dong-ér	Csukás-ér torkolati szelvény	0,156	0,175	0,965	0,665
Mért vízállásra	Berettyó	Kismarja	0,011	0,022	0,999	0,99
		Pocsaj	0,142	0,194	0,925	0,836
		Berettyóújfalu	0,126	0,172	0,956	0,85
		Darvas	0,067	0,107	0,925	0,835
	Kálló-ér	Berettyóújfalu	0,043	0,052	0,957	0,91
		Bakonszeg	0,08	0,105	0,764	0,668

EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A 4. táblázatban található a 2012-es év adataiból statisztikai módszerrel a mérlegegyenlegetől számított, az alsó vízgyűjtőkre továbbadott vízhozamok, nevezetesen a Dong-éri-főcsatorna esetén a Tiszába, illetve a Berettyó esetén a Sebes-Körösbe befolyó vízhozam értékei. A számítások során figyelembe vettem a különböző vízkivételeket, vízvisszavezetéseket, párolgást stb. Az eredmények alapján a Dong-ér vízgyűjtő esetében októberben volt megfigyelhető a legnagyobb (4,04 m³/s) és júliusban a legkisebb (0,24 m³/s) vízhozam, míg az éves átlag 0,77 m³/s.

4. táblázat. Statisztikai megközelítéssel számított havi vízmérleg a Dong-ér, illetve a Berettyó zárószelvényében (VIZITERV Environ Kft. 2022)

Table 4. Monthly water balance at the outflow of the Dong-ér and Berettyó calculated by the statistical method (VIZITERV Environ Kft. 2022)

Statisztikai módszerrel a mérlegegyenlegetől számított, az alsó vízgyűjtőre továbbadott vízkészlet	m ³ /s												Éves átlag
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	
Dong-ér	0,60	0,57	0,73	0,78	0,57	0,36	0,24	0,29	0,31	4,04	0,29	0,42	0,77
Berettyó (Kálló-ér+Berettyó alsó szakasz)	6,68	6,30	7,31	10,21	7,82	1,31	0,79	0,61	7,76	5,71	3,04	2,27	4,99

A MIKE Hydro River modellből napi felbontásban exportáltuk a szimulált vízhozam eredményeket, melyekből havi, majd éves átlag számolható. Az 5. táblázatban láthatóak a Csukás-éri-főcsatorna torkolati szelvényében szimulált, a Dong-éri-főcsatornába továbbadott vízhozamok. Ahhoz azonban, hogy a Tiszába befolyó vízhozamot meg tudjuk határozni, figyelembe kell vennünk a Dong-ér torkolati szelvényének vízhozamát, valamint számításba kell venni a különféle vízvesztéseket (vízkivételek, evapotranszpiráció) és a víztöbbleteket (csapadék, külső vízgyűjtőből belépő vízkészlet, vízbevezetések, beszivárgás) is. A Dong-éri-főcsatorna torkolati szelvényében az összegzett, a MIKE Hydro River modell által számított lefo-

A 2012-es évben a Dong-ér vízgyűjtőjén keletkező lefolyás az őszi csapadékból, halastó leürítésből és talajvíz megcsapolásából származott.

A 2012-es évben a Berettyón áprilisban volt a legnagyobb vízhozam (10,21 m³/s), a legkisebb pedig augusztusban (0,61 m³/s). A Berettyó torkolati részén 4,99 m³/s volt az éves átlagos vízhozam. A Berettyó magyarországi szakaszán a lefolyás forrása lehet a külföldi (romániai) csapadék és a magas hegyvidékeken lévő hóolvadás. Továbbá a lefolyást befolyásolja a romániai Berettyószéplaki víztározó és az Ér-főcsatornán üzemelő Endrédi víztározó is.

lyás és a vízkivételek, illetve a vízbevezetések havi átlagos vízhozam egyenlege az 5. táblázatban található. A modell eredménye szerint a Dong-éri-főcsatornának februárban volt a legkisebb vízhozama (0,27 m³/s), míg rögtön ezt követően, márciusban volt megfigyelhető a legnagyobb vízhozam (1,07 m³/s). A vízszállítás ezt követően fokozatosan csökkent. Ha a vízkivételeket és a vízbevezetéseket is figyelembe vesszük, akkor a nyári időszakban (június, július és augusztus) a legkisebb a lefolyás (0,32-0,41 m³/s). Ennek oka, hogy ezekben a hónapokban intenzívebb az öntözési célú vízkivétel. Továbbra is márciusban a legnagyobb a továbbadott vízhozam (1,11 m³/s), a tavaszi csapadék miatt.

5. táblázat. MIKE Hydro River modellel meghatározott havi vízmérleg a Dong-éri-főcsatorna zárószelvényében (Table 5. Monthly water balance at the outflow of the Dong-ér calculated by MIKE Hydro River model)

Mértékegység		m ³ /s												Éves átlag
Hónapok		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	
MIKE Hydro River modellből számított	Csukás-éri fcs. továbbadott vízhozama	0,30	0,27	1,09	1,00	0,63	0,69	0,72	0,64	0,55	0,47	0,40	0,36	0,59
	Dong-ér továbbadott vízhozama	0,36	0,27	1,07	1,01	0,63	0,69	0,72	0,64	0,56	0,48	0,41	0,36	0,60
Közvetlen felszíni vízkivételek a vízmérleg egy- ségben		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Öntözőrendszerben megvalósuló felszíni vízkivételek és rendszer veszteség		0	0	0	-0,14	-0,15	-0,36	-0,34	-0,35	-0,01	0	0	0	-0,11
Felszín alatti eredetű szennyvíz bevezetés		0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
Felszíni eredetű szenny- és használtvíz bevezetések összesen		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Dong-ér vízgyűjtő összesen		0,39	0,31	1,11	0,9	0,51	0,36	0,41	0,32	0,58	0,5	0,44	0,39	0,52

A 6. táblázatban láthatóak a Berettyó zárószelvényében – Sebes-Körösbe való befolyásnál – a MIKE Hydro River modellből számított havi átlagos vízhozamok, amelyekhez hozzá kell még adni azokat a vízvesztéseket, víztöbbleteket is, amelyeket a Tisza-völgy tizenkét havi vízkészlet-gazdálkodási mérleg modelljében (VIZITERV Environ Kft. 2022) a mért adatok alapján határoztak meg. A MIKE Hydro River modellből számított vízhozamok alapján áprilisban van a legnagyobb vízhozam (9,90 m³/s) – egyezően a vízgyűjtő bemutatásában leírtakkal –, míg a júliusi és augusztusi vízhozamok a legkisebbek (0,78 és 0,75 m³/s). Itt az éves átlag 5,11 m³/s.

Ha még itt is figyelembe vesszük a Kálló-ér, illetve a Berettyó alsó vízgyűjtőjének vízkivételeit és -bevezetéseit, akkor látható, hogy a két számítási módszer sem az értékekben, sem időbeli eloszlásban nem mutat lényeges különbséget. A modellezett és a mért eredmények összege éves átlagban 5,05 m³/s, ami lényegesen nem tér el a modellezett éves átlagtól. Megállapítható, hogy a Berettyó részvízgyűjtőhöz hasonló intenzív mezőgazdasági tevékenységgel és nagy népsűrűséggel jellemezhető területeken a MIKE Hydro River modellből számított eredmények alapján hatékonyan tudunk mértékadó fel-színi vízkészletet számítani.

6. táblázat. MIKE Hydro River modellel meghatározott havi vízmérleg a Berettyó zárószelvényében
Table 6. Monthly water balance at the outflow of the Berettyó, calculated by the MIKE Hydro River model

Mértékegység	m ³ /s												
Hónapok	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Éves átlag
MIKE Hydro River modell alapján a Berettyó alsó vízgyűjtőjére szimulált, továbbadott vízkészlet	6,63	6,44	8,04	9,90	8,14	2,73	0,78	0,75	7,94	5,33	2,66	2,03	5,11
Kálló-ér vízgyűjtőn a vízkivételek és -bevezetések a vízmérleg egységben													
Közvetlen felszíni vízkivételek	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,08	-0,07	-0,07	-0,01	0,00	0,00	0,00	-0,02
Öntözőrendszerben megvalósuló felszíni vízkivételek és rendszer veszteség	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Felszín alatti eredetű szennyvíz bevezetés	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Felszíni eredetű szenny- és használtvíz bevezetések összesen	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Berettyó alsó vízgyűjtőn a vízkivételek és -bevezetések a vízmérleg egységben													
Közvetlen felszíni vízkivételek	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Öntözőrendszerben megvalósuló felszíni vízkivételek és rendszer veszteség	0,00	0,00	0,00	-0,14	-0,15	-0,36	-0,34	-0,35	-0,01	0,00	0,00	0,00	-0,11
Felszín alatti eredetű szennyvíz bevezetés	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
Felszíni eredetű szenny- és használtvíz bevezetések összesen	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Kálló-ér vgy.* + Berettyó alsó vgy.* összesen	6,7	6,52	8,12	9,83	8,06	2,37	0,45	0,41	7,99	5,39	2,73	2,1	5,05

*vízgyűjtő

A 7. táblázatban összehasonlítottuk a statisztikai módszerrel és a MIKE Hydro River modell segítségével számított továbbadott vízkészletek alakulását (szimulált vízhozam és a vízkivételek, vízbevezetések). A Dong-ér vízgyűjtő esetében lényeges eltérés mutatkozik a két módszer eredményei között. A MIKE Hydro River modellből számított éves átlagérték kisebb, mint a statisztikai módszerrel számított továbbadott vízkészlet (0,31 m³/s-mal kevesebb). Valószínűleg ennek oka lehet, hogy a statisztikai módszerrel történő számítás során a hidrológiai analógiaként felvett Kígyós-főcsatorna vízjárása nem reprezentálja kellőképp a Dong-éri főcsatorna vízjárását az eltérő természeti – talaj, domborzat stb. – adottságok miatt. A MIKE Hydro River modellből számított vízhozamoktól inkább várható, hogy a valósághoz közelebb állnak, hiszen az azonos természeti adottságokkal rendelkező „szomszédos” Fehértó-Majsai vízgyűjtőn belül

a szatymazi mérőállomásra kalibráltuk azokat. Az időbeli eloszlás is körülbelül azonos, minthogy március és április hónapban vannak a legnagyobb, illetve a nyári hónapokban (június, július és augusztus) a legkisebb vízhozamok.

A Berettyó vízgyűjtővel kapcsolatban a statisztikai módszerrel számolt havi eredmények és a MIKE Hydro River modellből számított, továbbadott havi vízkészlet között nagyon jó az illeszkedés (NSE= 0,979). Az eredmények azt mutatják, hogy a mért adatokkal rendelkező vízgyűjtőkön egyszerűbb a továbbadott vízkészlet számítása, így a két módszerrel számított eredmények egymáshoz közeli értéket adnak. Megállapítható, hogy a MIKE Hydro River modellből számított vízhozamok a valósághoz és a statisztikai módszerrel számított értékekhez illeszkednek, alátámasztva a módszer alkalmazhatóságát és hatékonyságát.

7. táblázat. A statisztikai alapú vízmérleg-számítás és MIKE Hydro River modell által számított továbbadott vízkészlet értékeinek összehasonlítása

Table 7. Comparison of water resources calculated by the statistical water balance method and the MIKE Hydro River model

Vízgyűjtő neve	Dong-ér vízgyűjtő												
Mértékegység	m ³ /s												
Hónapok	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Éves átlag
Statisztikai módszerrel számított, az alsó vízgyűjtőre továbbadott vízkészlet	0,6	0,57	0,73	0,78	0,57	0,36	0,24	0,29	0,31	4,04	0,29	0,42	0,77
MIKE Hydro River modellből számított, az alsó vízgyűjtőre továbbadott vízkészlet	0,39	0,31	1,11	0,9	0,51	0,36	0,41	0,32	0,58	0,5	0,44	0,39	0,52
Vízgyűjtő neve	Berettyó részvízgyűjtő (Kálló-ér vízgyűjtő + Alsó-Berettyó vízgyűjtő)												
Statisztikai módszerrel számított, az alsó vízgyűjtőre továbbadott vízkészlet	6,68	6,3	7,31	10,21	7,82	1,31	0,79	0,61	7,76	5,71	3,04	2,27	4,99
MIKE Hydro River modellből számított, az alsó vízgyűjtőre továbbadott vízkészlet	6,7	6,52	8,12	9,83	8,06	2,37	0,45	0,41	7,99	5,39	2,73	2,1	5,05

ÖSSZEFOGLALÁS

Vizsgálataink bizonyították, hogy amennyiben két szomszédos vízgyűjtő természeti adottságai közel azonosak, akkor annak ellenére, hogy az egyik vízgyűjtőt jelentős adathiánnyal jellemezhetjük, a felépített MIKE NAM és MIKE Hydro River modellek együttes használatával megbízható kiindulási modell paraméterek nyerhetők. A hazai vízügyi gyakorlatban rutinszerűen alkalmazott statisztikai módszerrel és a MIKE Hydro numerikus modellezéssel számított eredmények összehasonlítása alapján megállapítható, hogy a mért, és MIKE NAM csapadék-lefolyás modell által szimulált felszíni adatokra kalibrált MIKE Hydro River hidrodinamikai modell képes a valósághoz közeli megoldásokat generálni. A hidrológiai analógia elvének alkalmazása során a referencia vízgyűjtőt körültekintően kell megválasztani, figyelembe véve a táj természeti adottságait és a hidrológiai viszonyok (folyásirány, vízfelszín esése, műtárgyak hatása stb.) sajátosságait. A statisztikai módon kiszámított eredmény lehet egy referencia érték, amelyhez a vízgazdálkodási modell kalibrálható, de a modellek eredményei is kiegészíthetők a statisztikai módszerrel számított eredményeket az adathiányok ellenére is. Összefoglalva elmondható, hogy a modellek vízmérleg eredményei és az azokból levonható következtetések hozzájárulhatnak a területi vízkészlet-megosztási döntések, alternatív vízgazdálkodási javaslatok hatásainak tanulmányozásához, valamint a jövőbeni éghajlati változások a vízkészletre gyakorolt hatásainak elemzéséhez.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A jelen kutatás elkészültét az Országos Vízügyi Főigazgatóság Vízgyűjtő-gazdálkodási Osztálya támogatta. A szerző köszönetét fejezi ki Rakonczai János professzor úrnak és Fehér Zsolt Zoltánnak a dolgozat írásában nyújtott hasznos tanácsokért, észrevételekért. Kiténtett köszönet

illeti Szalay Miklós kollégámat a szakmai iránymutatásért és a szerkesztési munkában nyújtott segítségért.

Ezúton szeretnék megköszönni a DHI Magyarország Kft.-nek, hogy biztosították számomra a hozzáférést a MIKE SHE modellezési környezetéhez.

IRODALOMJEGYZÉK

- Abbott, M.B., Cunge, J.A. (1982). Engineering Applications of Computational Hydraulics, Vol. I. Pitman Advanced Publication Program, London.
- Chow, V.T. (1959). Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill, New York.
- Cunge, J.A., Holly, Jr.F.M., Verwey, A. (1980). Practical Aspects of Computational River Hydraulics. Pitman, London.
- DHI (2019). MIKE SHE Volume 2: Reference Guide. https://manuals.mikepoweredbydhi.help/2019/Water_Resources/MIKE_SHE_Printed_V2.pdf (Letöltés dátuma: 2023. 07. 03.)
- Dövényi Z. (2010). (szerk.) Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajtudományi Kutatóintézet. Budapest. ISBN 978-963-9545-29-8
- EEA (2022). Drought impact on ecosystems in Europe. <https://www.eea.europa.eu/ims/drought-impact-on-ecosystems-in-europe> (Letöltés dátuma: 2023. 07. 03.)
- Európai Bizottság (2015). Guidance document on the application of water balances for supporting the implementation of the WFD. Technical Report - 2015 – 090. ISBN 978-92-79-52021-1.
- Fehér, Z.Z. (2019). Large scale geostatistical modelling of the shallow groundwater time series on the Southern Great Hungarian Plain. Two approaches for spatiotemporal stochastic simulation of a non-complete monitoring dataset. PhD dissertation. University of Szeged. doi:10.14232/phd.10122 (Letöltés dátuma: 2023. 07. 03.)

Fehér Z.Z., Rakonczai J. (2019). Analysing the sensitivity of Hungarian landscapes based on climate change induced shallow groundwater fluctuation. *Hungarian Geographical Bulletin* 4. pp. 355-372.

IPCC (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

Kozák P. (2011). Belvízi jelenségek az Alsó-tiszai vízgyűjtőkön az 1955–2012. közötti időszakban. *Nagyalföld Alapítvány Kötetei* 7. pp. 127-136.

Kozák P. (2020). Changes in surface runoff on the south-eastern slope of the Danube-Tisza Interfluvial Sand Ridge in the context of climate change. In: Farsang, A., Ladányi, Zs., Mucsi, L. (Ed.) *Climate change challenges – From global to local.* (in Hungarian). *GeoLitera*, pp. 109-115.

Láng I. (2016). A vízkészlet-gazdálkodás megújítása. XXXIV. Országos Vándorgyűlés. Debrecen, 2016. július 6-8. http://www.hidrologia.hu/vandorgyules/34/dolgozatok/word/0108_lang_istvan.pdf (Letöltés dátuma: 2023. 07. 03.)

Madarassy L. (1998). *Síkvidéki vízrendezés.* EJF, Baja.

MTA TAKI (2009). *Magyarország genetikus talajtérképe.* <https://enfo.hu/index.php/keptar/622> (Letöltés dátuma: 2023. 07. 03.)

NÉS-2 (2018). *Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia.* Innovációs és Technológiai Minisztérium. <https://nakfo.mbfisz.gov.hu/sites/default/files/files/N%20C3%20Ogy%20C3%A1%20elfogadott.PDF> (Letöltés dátuma: 2023. 07. 03.)

OMSZ (2023). https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_adatsorok/Szeged/grafikonok/

Pálfai I. (1994). (szerk.). *A Duna–Tisza közti hátság vízgazdálkodási problémái.* A Nagyalföld Alapítvány Kötetei 3. Békéscsaba. p. 126.

Rakonczai J. (2021). *Elfogyasztott jövőnk? Globális környezeti és geopolitikai kihívásaink.* Budapesti Corvinus Egyetem. ISBN 978-963-503-872-5. http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/6726/1/BCE_MNB_Elfogyasztott_jovonk_ebook_final.pdf.pdf (Letöltés dátuma: 2023. 07. 03.)

Sipos Gy., Právecz T. (2014). Identification of water retention areas on the Dong-ér catchment using GIS. In: Blanka V., Ladányi Zs. (szerk.) *Drought and Water Management in South Hungary and Vojvodina.* University of Szeged. pp. 157-167

Szalai J.M., Nagy Gy. (2020). A regionalitástól a lokalitásig: Változás és változatlanosság pillanatképek a Duna-Tisza köze talajvízszintjének alakulásáról. In: Farsang A., Ladányi Zs., Mucsi L. (szerk.). *Klimaváltozás okozta kihívások – globálitól lokálisig.* *GeoLitera*, Szegedi Tudományegyetem, TTIK Földrajzi és Földtudományi Intézet, p. 216, Szeged. ISBN 978-963-306-734-5.

Szatmári, J., van Leeuwen, B. (2013) (szerk.). *Inland Excess Water – Belvíz – Suvišne Unutrašnje Vode.* Szeged, University of Szeged. Novi Sad, University of Novi Sad.

TIVIZIG (2016). 2-15 Berettyó Alegység. *Vízgyűjtő Gazdálkodási Terv.* http://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/9E4A885B-BF24-4BC7-B9B7-3CB2C2452A81/VGT2_2-15_Berettyo_vegleges.pdf (Letöltés dátuma: 2023. 07. 03.)

Tran Q.H., Fehér Z.Z., Túri N., Rakonczai J. (2022). Climate Change as an Environmental Threat on the Central Plains of the Carpathian Basin Based on Regional Water Balances. *Geographica Pannonica*. Volume 18, Issue 4. pp. 567-599. doi:10.5937/gp26-37271 (Letöltés dátuma: 2023. 07. 03.)

Tran Q.H., Fehér Z.Z., Rakonczai J. (2023). A hidrológiai és hidrodinamikai modellek alkalmazása a felszíni vízállás adatok becslésére adathiányos vízgyűjtőkön. A Magyar Hidrológiai Társaság által rendezett XL. Országos Vándorgyűlés dolgozatai. ISBN 978-963-8172-45-7. https://hidrologia.hu/vandorgyules/40/word/0621_tran_quang_hop.pdf (Letöltés dátuma: 2023. 07. 03.)

VIZITERV *Environ Kft.* (2022). KEHOP-1.1.0-15-2016-0008 azonosítószámú „A Víz Keretirányelv előírásai szerinti állapotértékelések, elemzések, vizsgálatok, valamint a vízgyűjtő-gazdálkodási tervek második felülvizsgálata és korszerűsítése”. A Tisza-völgy tizenkét havi vízkészlet-gazdálkodási mérleg modellje.

VKI (2014). Az Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK irányelve (2000. október 23.) a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:02000L0060-20141120> (Letöltés dátuma: 2023. 07. 03.)

A SZERZŐ



TRAN QUANG HOP MSc okleveles infrastruktúra-építőmérnöki diplomát szerzett a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen 2012-ben. Ezt követően 6 évig a Hanoi Természeti Erőforrások és Környezeti Egyetemen oktatott és kutatott. 2020-tól a Szegedi Tudományegyetem Földtudományok Doktori Iskolájának doktorjelöltje. Kutatási témája a numerikus hidrológiai, hidrodinamikai, illetve a vízmérleg modellezés. Jelenleg az Országos Vízügyi Főigazgatóság kiemelt műszaki referense. 2020-tól a Magyar Hidrológiai Társaság tagja.



A Hidrológiai Közlöny Fórum rovatában fontos szakmai információkkal szolgáló tanulmányokat, beszámolókat közlünk.

A Tiszántúl területi integrált vízgyűjtőgazdálkodási problémáinak és megoldási lehetőségeinek azonosítása, a Tisza-Körös völgyi Együttműködő Vízgazdálkodási Rendszer (TIKEVIR) hatásterületén

Tamás János, Nagy Attila

Debreceni Egyetem, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138. (e-mail: tamas@agr.unideb.hu)

Kivonat

„Trendek és kihívások a területi vízgazdálkodásban” címmel tudományos szakmai konferenciát tartottak 2023. május 24-én a Debreceni Egyetemen. A konferencia célja a Tiszántúl területi integrált vízgyűjtőgazdálkodási problémáinak és megoldási lehetőségeinek azonosítása, különös tekintettel a Tisza-Körös völgyi Együttműködő Vízgazdálkodási Rendszer (TIKEVIR) hatásterületén. A konferencia eredményei alapján a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Víz- és Környezetgazdálkodási Intézete és a Tisza vízgyűjtőjén érdekelt vízszolgáltatók és vízhasználók a téma jelentőségére felhívva a figyelmet javaslataikat fogalmazták meg a TIKEVIR vízgazdálkodási gyakorlatának megújítására.

Kulcsszavak

Integrált vízgazdálkodás, Tisza-Körös völgy, TIKEVIR.

Identification of integrated watershed management problems and solution options in Tiszántúl, within the impact area of the Tisza-Körös Valley Cooperative Water Management System (TIKEVIR)

Abstract

The "Trends and challenges in territorial water management" scientific conference was held on 24 May 2023 at the University of Debrecen. The aim of the conference was to identify the problems and possible solutions of Integrated Watershed Management for Tiszántúl (Trans Tisza) region with special focus on the impact area of the Tisza-Körös Valley Cooperative Water Management System (TIKEVIR). Drawing attention to the importance of the topic, based on the results of the conference, the Institute of Water and Environmental Management of the Faculty of Agriculture, Food Sciences and Environmental Management of the University of Debrecen together with other stakeholders such as water suppliers and water users in the Tisza River basin, formulated proposals for the renewal of the water management practices of the TIKEVIR.

Keywords

Integrated watershed management, Tisza-Körös valley, TIKEVIR.

BEVEZETÉS

A Kárpát-medencében a világ többi tájaihoz hasonlóan az édesvíz készletek nem állnak korlátlanul, ingyenesen, bármikor és bármilyen felhasználási céllal rendelkezésre. Emellett a mezőgazdaságot, mint az egyik legnagyobb víz felhasználó szektort, fokozottan veszélyezteti a klímaváltozás következtében előforduló szélsőséges víz-háztartási események növekvő gyakorisága. A stratégiai és az operatív vízgazdálkodás szempontjából meghatározó, hogy a legnagyobb hazai víz és földhasználó, a mezőgazdaság, valamint a települési vízgazdálkodás milyen rövid és középtávú gyakorlatot kíván alkalmazni a hosszútávú fenntarthatóság érdekében. A szélsőséges időjárási helyzetek miatt kiemelt figyelmet kell fordítanunk elsősorban a szántóföldi növénytermesztés és a kertészet területén a talaj-víz-növény-élelmiszer rendszer műszaki, agrotechnológiai és biológiai összefüggéseinek mind jobb megismerésére és ezeket a régió vízgazdálkodói számára hozzáférhetővé kell tenni.

A téma megvitatására a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, valamint annak Víz- és Környezetgazdálkodási Intézete szervezésében az Agrár-felsőoktatás 155. évfordulójának alkalmából és a Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium (VVNL) projekt keretében „Trendek és kihívások a területi vízgazdálkodásban” címmel tudományos szakmai konferenciát tartottak 2023. május 24-én Debrecenben. A konferencia célja a Tiszántúl területi integrált vízgyűjtőgazdálkodási problémáinak és megoldási lehetőségeinek azonosítása, különös tekintettel a Tisza-Körös völgyi Együttműködő Vízgazdálkodási Rendszer (TIKEVIR) hatásterületén. A 15 ezer négyzetkilométeres Tisza-Körös völgyi Együttműködő Vízgazdálkodási Rendszer (TIKEVIR) négy megyére kiterjedő működési területével Európa egyik legnagyobb összefüggő vízgazdálkodási rendszere, amelynek célja az, hogy a vízhiányos térségek vízkészletét pótolja, valamint a térségben nem ritkán jelentkező belvizet a környező vízfolyásokba juttassa.

Végső soron tehát, hogy az Alföldre jellemző hidrometeorológiai szélsőségek hatását az összehangolt vízkormányzás révén csökkentse, ezért meghatározó jelentőséggel bír a hazai területi vízgazdálkodásban. A konferenciának különös aktualitását adja, hogy az elmúlt időszakban növekedtek a TIKEVIR-t érintő vízkivételek és összetettebbé váltak a lakossági, ipari, mezőgazdasági és tájhasználati vízhasználatok. Ezek optimális tér és időbeli kielégítése új szemléletmódot, összeségében egyfajta paradigmaváltást igényel. A TIKEVIR hatásterületére – mint speciális vízgazdálkodási régióra – kidolgozott elméleti és gyakorlati megoldások várhatóan az ország más területein is referenciaként használhatóak lesznek. A rendezvény szakmai színvonalát garantálta az is, hogy a Debreceni Egyetem Víz- és Környezetgazdálkodási Intézetében működő Területi Vízgazdálkodási és Klímadaptációs Központ a területi vízgazdálkodási kutatási feladatokhoz kapcsolódóan az EU ESFRI (<https://www.esfri.eu/about>) Kiválósági Kutatási Infrastruktúra, illetve a hazai Top 50 Kutatási Infrastruktúra minősítést is megszerezte. Ezekre a kiváló kutatási-oktatási lehetőségekre támaszkodva az intézet koordinálja a Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium (VVNL) projektben a „Regionális és mezőgazdasági vízgazdálkodási” programot, a TKP2021-NKTA-32 kiválósági projekt keretében a precíziós öntözési programot, il-

letve az EU H2020 WATERAGRI projekt keretében a nemzetközi vízkészletgazdálkodási kutatásokat. A rendezvény egyik célja az is volt, hogy a szakmai közvélemény minél szélesebb köre megismerhesse a rendelkezésre álló eredményeket és feltárja a jövőbeli lehetőségeket.

A konferencián 63 fő vett részt és 15 előadás hangzott el (1. fotó). Az előadók között a kutatási szféra mellett kiemelt szerepet kapott a Nemzeti Agrárgazdasági Kamara, az Országos Vízügyi Főigazgatóság, vízügyi igazgatóságok, valamint víztervezéssel és öntözőrendszerek fejlesztésével, értékesítésével, öntözési döntéstámogatással foglalkozó vállalatok, szántóföldi és kertészeti termesztésben, valamint a halgazdálkodásban érdekelt szakemberek és gazdák. A TIKEVIR gyakorlatának megújítását célzó tematikus előadásokra felkért előadók részletesen értékelték a következő feladatokat: a hazai vízkínálat és vízkereslet kérdései, hasznosítható vízkészletek kihívásai, fejlesztési irányai, valamint a vízvisszatartás és vízkormányzás újabb lehetőségei, a kapcsolódó optimalizálási problémák. Elemezték a résztvevők a víz- és energiatakarékos öntözési megoldásokat és azok irányítási, gazdaságossági kérdéseit a fenntartható kertészeti és szántóföldi termelésben, a kapcsolódó támogatási rendszereket, valamint a halgazdálkodás szerepét és helyét a területi vízgazdálkodásban.



1. fotó. A „Trendek és kihívások a területi vízgazdálkodásban” tudományos szakmai konferencia résztvevői (Fotó Kiss.)
Photo 1. Participants of the scientific conference "Trends and challenges in regional water management" (Photo by Kiss)

A konferencián lehetőségük volt az érintetteknek, a vízszolgáltatóknak és a vízfelhasználóknak a területi vízgazdálkodással kapcsolatos kihívások és trendek megvitatására. A konferencia eredményei alapján a szervező Debreceni Egyetem Víz- és Környezetgazdálkodási Intézete felkérte a Tisza vízgyűjtőjén, ám elsősorban a TIKEVIR hatásterületén érdekelt vízszolgáltatókat és vízhasználókat a téma jelentősége és aktualitása kapcsán ajánlásaik megfogalmazására, amelynek szerkesztett változata a következő három gondolat köré csoportosítható:

- Differenciált vízgyűjtő szintű vízkészletgazdálkodás
- Öntözéstechnológia és belvízgazdálkodás
- Pénzügyi, szakigazgatási szabályozás

JAVASLATOK A TIKEVIR VÍZGAZDÁLKODÁSI GYAKORLATÁNAK MEGÚJÍTÁSÁRA

A Tisza vízgyűjtőjének és ezen belül a TIKEVIR vízgazdálkodási gyakorlatának megújítására vonatkozó javaslatok az alábbiak:

1. Differenciált vízgyűjtő szintű vízkészlet-gazdálkodás:

- A fejlesztési források hatékonyabb felhasználása érdekében komplex és integrált műszaki-mezőgazdasági-ökológiai-ökonómiai megoldási rendszert, integrált mezőgazdasági vízgazdálkodási gyakorlatot kell kidolgozni és megvalósítani elsősorban azokra a *Speciális Vízgazdálkodási Régiókra* (SVR) vonatkozóan, így a Tisza-Körös völgyi Együttműködő Vízgazdálkodási Rendszer (TIKEVIR) hatásterületére, ahol területileg a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság (KÖTIVIZIG), a Tiszántúli Vízügyi Igazgatóság (TIVIZIG), a Körös-vidéki Vízügyi Igazgatóság (KÖVIZIG) és az Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság (ATIVIZIG) érintett. A hatásterületen a vízkormányzás és a tározás, valamint az optimalizált vízhasználat a legtöbb nemzetgazdasági hozzáadott értéket képes biztosítani a mélyföldek és a termékeny hátsági területek vízgazdálkodás intenzifikálása révén. Emellett racionalizálni kell a talaj-környezet-termesztervédelmi elvárásokat és előírásokat.
- Több olyan vízgazdálkodási gyakorlatot újra kell értékelni, amelyek mára már a TIKEVIR hatásterületén a szélsőséges klímaesemények hatásainak kivédésére kevésbé hatékonyak, mint amilyenek a múlt évszázadban voltak. Ezen régiókban a támogatási rendszerek összehangolásával meg kell újítani, illetve megteremteni a vízgyűjtő alapú, vízcentrikus, modern száraz gazdálkodásos és öntözéses kultúrát. Ennek része a földhasználat, a birtokszerkezet, a teljes terméklánc a precíziós növényi és állati technológiáktól az erre épülő feldolgozó és élelmiszeriparig. Ösztönözni kell a rövid ellátási lánc (Debrecen, Nyíregyháza, Szolnok) fejlesztését a TIKEVIR területén.
- Meg kell vizsgálni a TIKEVIR-hez hidrológiailag kapcsolódó vésztározók funkcióinak átalakíthatóságát, normál tározási feladatok esetében. Meg kell teremteni – ahol ez lehetséges – a kiterjedt csatornahálózat kettős működtetését, medertározási lehetőségeket. Biztosítani kell – ahol máséknél nem lehetséges – a napenergiával üzemeltetett szivattyús átemelést és a kiegyenlítő tározást.
- Az új természetközeli, vízmegtartásra épülő vízgazdálkodás megvalósításához a vízügyi szervezeteken túl a felhasználóknak is hozzá kell járulniuk víztakarékos technológiák alkalmazásával, illetve a vízvisszatartásban történő aktív közreműködéssel. Erősíteni kell a termelők szakmai felkészültségét segítő intézkedéseket, legyen szó a mezőgazdasági vízgazdálkodásról, vagy a termőhelyspecifikus növénytermesztésről.
- Újra kell gondolni a nem természetvédelmi területeken a halászati célú tározók víztakarékos intenzifikálását, ezzel megteremtve a felszabaduló lekött és tárolt vízkészletek eltérő hasznosíthatóságát.
- A TIKEVIR területe mellett igen fontos az állami vízkínálat megtartása, rehabilitációja és fejlesztése: a rövid-közép-hosszú mezővizet érintő, meglévő vízgazdálkodási stratégia érvényesítése. Ehhez kapcsolódóan a vízszolgáltatási rendszerek üzemeltetési rendjét újra kell gondolni. Olyan stra-

tégiai tervre van szükség, amely felhasználja a tudományos és technológiai szakértelmet annak biztosítására, hogy az EU egész területén biztonságos víz álljon a mezőgazdaság rendelkezésére. Konkrét terveket kell készíteni a tartós aszálytól és áradásoktól sújtott helyi területekre és régiókra.

- Egységes vízgyűjtő szintű vízgazdálkodási rendszeren belül kell optimalizálni a területi és a települési vízkészlet-gazdálkodást. Növelni kell a területi vízhasználaton belül az alternatív vízkészletek hasznosítását, illetve a településeken belüli szűrkevezetek újrahajósítását. Csökkenteni kell a települések vízlátnyomat.

2. Öntözéstechnológia és belvízgazdálkodás:

- Állami öntözésfejlesztési tervekkel „fejleszteni” kell a termelői öntözési képességet, amellyel termelő már indulni tud a Vidékfejlesztési Programban. (A kínálat-kereslet metszetében ez 2018-ban 300 ezer hektárt jelentett.) A meglévő vízrendszerek kihasználtságát úgy lehet növelni, ha az öntözésfejlesztést differenciáltan elsősorban ott támogatjuk, ahol van vízkínálati lehetőség. Itt rövid időn belül megtérülne az állam által történő öntözésfejlesztési program, amely a vízkínálat és vízkereslet metszetében nyújtana termelői segítséget az öntözésben.
- Ösztönözni kell a TIKEVIR hatásterületén az öntözést igénylő magas élelmi minőséget biztosító szántóföldi, gyümölcs, zöldség és gyógynövény kultúrák löszháti termesztését, különös tekintettel arra, hogy a zöldség- és gyümölcstermesztésben a termésbiztonság alapja az öntözés, így versenyképes ágazat nem képzelhető el öntözés nélkül.
- A víz- és energiatakarékos intenzív öntözéses technológia a leginkább tökeigényes, így feltételezi a legmagasabb szintű elérhető gyakorlat megteremtését. Az itt kidolgozott precíziós megoldások példaértékűen hatnak a szárazgazdálkodás általános technológiai színvonalára. A szárazgazdálkodásban általánossá kell tenni a folyamatos méréseken alapuló talajvédő gazdálkodási gyakorlatot a talajok víztározási kapacitásának és a talajvizek szabályozásának optimalizálása érdekében.
- Magyarországon az öntözés és belvízgazdálkodás térben és időben szervesen kapcsolódik, így nem lehet az azonos hidrológiai rendszerben egyiket sem előnyben részesíteni. Az okszerű belvízgazdálkodási rendszer az időszakosan és viszonylagosan feleslegesnek tűnő vízkészletek kezelésében, a vizek visszatartásában, majd újrahajósításában kulcsszereppel bír, de ehhez számos földhasználati, birtokszerkezeti és műszaki feladatot kell regionálisan eltérő módon a gyakorlatban megvalósítani. Ugyanakkor a TIKEVIR hatásterülete lehet a legjobb elérhető gyakorlat példája, hiszen itt valamennyi vízgazdálkodási feladat koncentráltan jelentkezik.
- A TIKEVIR hatásterületén jelentősen növekszik az urbanizáció és ezen belül az ipari víz használata. Ezzel átalakulnak a lefolyási, beszivárgási, párolgási viszonyok, amely folyamatokat az extrém klímaesemények (pl. villámárvizek, belvizek és városi hőhullámok) hatásai felerősítenek. A kertéségi övezetekben növekszik a kutakból tör-

ténő – és jövőben már nem is ellenőrzött – vízkivétel. Így felértékelődik a valós idejű monitoringrendszer kiépítésének fontossága, hogy biztosítani lehessen a vízgyűjtő hidrológiai és vízminőségi alkalmazkodó képességét a területi és települési rendszerek optimalizálásával.

- A gazdálkodók törekednek a hatékony és víztakarékos öntözési megoldások alkalmazására, valamint az öntözési infrastruktúra karbantartására és fejlesztésére, mint például a csatornák tisztítása és az elavult öntözőtelepek felújítása. Ezen beruházásokhoz további forrásokat kell bevonni a vízhasználóktól vagy akár a szélesebb termelői rétegtől is, akik jelenleg ugyan nem rendelkeznek öntözési lehetőséggel, de később szükségük lehet rá. Egy 5-10 ezer forint/hektáron éves öntözési célú hozzájárulás nem lehetetleníti el a gazdálkodókat, de jelentős forrásokat biztosíthat az öntözéssel kapcsolatos közérdekű beruházásokhoz, valamint segítheti a vízügyi igazgatóságok munkáját. Meg kell fontolni, hogy a vízgazdálkodási tevékenység eseti finanszírozásáról át kell térni a rendszeres, kiszámítható támogatásokra.

3. Pénzügyi, szakigazgatási szabályozás:

- Kiszámítható, megfizethető vízdíjakat (vízkészletjárulékok, vízszolgáltatási díj) kell kialakítani a részleges költségmetéerülés elve mentén, mellyel megfelelünk az uniós előírásoknak, annak érdekében, hogy ne veszélyeztessük az uniós források rendelkezésre állását. A döntéshozók ugyan felmentést adtak a termelőknek a vízdíj megfizetése alól 2023-ra vonatkozóan, de az országos átlag meghatározása nem lehetséges, mert a magas vízdíj versenyhátrányt okozhat a gazdálkodóknak egyes területeken, és akár az intenzív gazdálkodás visszaszorulásához is vezethet, míg más területeken a víz olcsóbb és nagyobb a tolerancia a költségekkel szemben. A vízdíj pedig sok esetben csak az öntözési költség maximum 10-15%-át teszi ki és számos tényezőtől függ,

mint például a technológia, a gazdaság mérete, a földhasználati lehetőségek stb.

- Megfelelő termelői ösztönzőket kell kialakítani a mezőgazdasági vízgazdálkodásban, illetve a termőhelyspecifikus növénytermesztésben, különös tekintettel a Vidékfejlesztési Programban rejlő lehetőségekre (nem termelő beruházási, beruházási és együttműködési pilléren, tekintettel a felszíni-, felszín alatti vízkészletek rendelkezésre állására, a körforgásos gazdálkodásra: tisztított szenny- és technológiai vizek újraháznosítása, iszapok ki-helyezése, termálpotenciálok kiaknázása stb.).
- Fontos, hogy a vízgazdálkodásban egy szemléletváltásnak kell bekövetkeznie, mely értékeli a múltban elért eredményeket, de figyelembe veszi a kor kihívásainak (klímaváltozás stb.) való megfelelést azáltal, hogy feltárja a kiváltó okokat, majd hatékony választ ad a probléma kezelésére. (Rugalmas vízgazdálkodási rendszerek kialakítása, mely mind a víztöbbletet, mind a vízhiányt megfelelően kezeli.) A kitűzött célt csak közös együttműködéssel lehet elérni, ahol a vízügyi szakma, az agrárium, a természetvédelem, a városfejlesztés együtt dolgozva, kompromisszumokra törekedve halad előre.
- Külön, önálló költségvetésre lesz szükség, egy uniós rendelettel, amely forrásokat irányít a megfelelő vízellátást célzó központi, regionális és helyi tervek lehetővé tételére és elősegítésére. Az ilyen terveknek biztosítaniuk kell a célnak megfelelő vízi infrastruktúra kiépítését és fenntartását az EU minden részén.

Fentiekkel a cél a mezőgazdasági alapanyag-előállítás rugalmas alkalmazkodóképességének (rezilienciájának) támogatása, melyhez a Debreceni Egyetem humán erőforrása és nemzetközileg minősített víztudományi eszközháttere rendelkezésre áll, hiszen az új természetközeli, vízmegtartásra épülő vízgazdálkodás megvalósításához új, korszerű tudással rendelkező szakemberek képzésére van szükség, ez pedig jelen-tős elméleti és gyakorlati tudásátadást igényel.

A SZERZŐK



TAMÁS JÁNOS a Debreceni Egyetem Víz- és Környezetgazdálkodási Intézetének igazgatója; agrármérnök, agro-kémiai, vízgazdálkodási és térinformatikai szakmérnök. 2007-ben megkapta Magyar Tudományos Akadémia Doktora címet. Elismerései: Az év publikációja díj, Környezetért díj, Sajó Elemér vízgazdálkodásért díj, Hatvani professzori kutatási díj, Magyar Köztársaság Lovagkeresztje. Publikációinak száma közel 500, tankönyvek száma 16. Több szakkönyvet jegyzett a precíziós mezőgazdaság és a vízgazdálkodás területén. Szűkebb szakterülete a talaj és a környezet állapotának modellezése térinformatikai és távérzékelési eszközökkel. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja, a Hidrológiai Közlöny szerkesztőbizottságának 2015 óta tagja.



NAGY ATTILA a Debreceni Egyetem Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, Víztudományi és Környezetinformatikai Tanszék Mezőgazdaságtudományi Karán egyetemi docens. 2005-ben szerzett környezetgazdálkodási agrármérnök diplomát, a PhD fokozatot 2009-ben szerezte meg, majd 2016-ban habilitált. Tudományos pályája során korábban fitoremediációval foglalkozott. Jelenleg a távérzékelés és térinformatika vízgazdálkodási folyamatokban való alkalmazása, aszály okozta stresszhatások, a mezőgazdasági vízgazdálkodás kritikus vízforgalmi tényezőinek értékelése területén végez kutatásokat. Elismerések: Debreceni Egyetem rektorának elismerő oklevele (2012), Magyar Zoltán Posztdoktori ösztöndíj (2013-2014), Bolyai János Kutatási Ösztöndíjas (2022-). A Magyar Hidrológiai Társaság tagja 2015 óta.

Történelmi pillanatkép

Rovatvezető: Fejér László címzetes egyetemi docens, a Magyar Hidrológiai Társaság Tiszteleti tagja, az MHT Vízügyi Történelmi Bizottságának elnöke.

Hetven éve szervezték újra az egységes vízügyi szolgálatot. A Nyíregyházi Vízügyi Igazgatóság 1953. évi megalakulásának előzményei és kezdetei

Konecsny Károly (e-mail: konecsnyk@gmail.com)

[DOI:10.59258/HK.12334](https://doi.org/10.59258/HK.12334)



Kivonat

A II. világháború utáni években a magyarországi vízügyi szervezetek a háborús rombolásokat követően csak nagy nehézségek között folytathatták szakmai munkájukat. Az államosítás és a vízügyi igazgatóságok megalakulása közötti évek (1948-1953) az ország politikai-társadalmi és gazdasági viszonyai tekintetében is igen nehéz időszakot jelentettek. Koncepciók indultak több felső-tiszai vízügyi szervezet vezető szakemberei ellen, egyes társulati dolgozókat nem vettek át az állami szolgálatba kettőtörve szakmai pályafutásukat, ellehetetlenítve megélhetésüket. Az államosítás után a Felső-Tisza-vidéki vízügyi szervezetek döntő része az Országos Vízgazdálkodási Hivatalnak (OVgH) alárendelt Debreceni Vízgazdálkodási Körzet, kisebb része a Miskolci Vízgazdálkodási Körzet alárendeltségébe került. A Debreceni Vízgazdálkodási Körzet keretében létrejött a Nyíregyházi Folyammérnöki Kirendeltség, a Nyíregyházi Ár- és Belvízvédelmi Kirendeltség és a Mátészalkai Ár- és Belvízvédelmi Kirendeltség. 1950. január 1-én kezdte meg önálló életét a Nyíregyházi Vízgazdálkodási Körzet, amelyet a nagyterületű debreceni körzetről választottak le. 1951. februárjától a Nyíregyházi Vízgazdálkodási Körzet átszervezése nyomán Nyíregyházi Árvízvédelmi és Folyamszabályozási Hivatal, valamint Nyíregyházi Kultúrmérnöki és Belvízrendező Hivatal létesült. A vízügyi szolgálat feldaraboltságát megszüntetve, 1953. október 1-én hozták létre az Országos Vízügyi Főigazgatóságot és a területi vízügyi igazgatóságokat, köztük a Nyíregyházi Vízügyi Igazgatóságot. A közleményben bemutatjuk a fenti jogelőd intézmények és az igazgatóság szervezetét, szakember gárdáját.

Kulcsszavak

Folyammérnöki hivatal, kultúrmérnöki hivatal, víztársulat, vízgazdálkodási körzet, árvízvédelmi és folyamszabályozási hivatal, kultúrmérnöki és belvízrendezői hivatal, vízügyi igazgatóság, Országos Vízgazdálkodási Hivatal, Országos Vízügyi Főigazgatóság.

Seventy years ago, the unified Hungarian water service was reorganized. The history and beginnings of the establishment of the Nyíregyháza Water Directorate in 1953

Abstract

In the years after the Second World War, the water organizations in Hungary could only continue their professional work with great difficulty after the destruction caused by the war. The years between the nationalization and the establishment of the water management directorates (1948-1953) were also a very difficult period in terms of the country's political, social and economic conditions. Conceptual proceedings were launched against the leading professionals of several water organizations in the Upper Tisza, some association workers were not accepted into the state service and their professional careers were split in two, making their livelihood impossible. After the nationalization, the water management organizations in the Upper Tisza region were mainly subordinated to the Debrecen Water Management District, subordinated to the National Water Management Office (OVgH), and a smaller part to the Miskolc Water Management District. Within the framework of the Debrecen Water Management District, the Nyíregyháza Stream Engineering Branch, the Nyíregyháza River and Inland Water Protection Branch and the Mátészalka River and Inland Water Protection Branch were established. On January 1, 1950, the Nyíregyháza Water Management District began its independent life, which was selected from the large Debrecen district. From February 1951, following the reorganization of the Nyíregyháza Water Management District, the Nyíregyháza Flood Protection and Flow Control Office and the Nyíregyháza Cultural Engineering and Inland Water Management Office were established. By abolishing the fragmentation of the water service, on October 1, 1953, the National Water Directorate General and regional water directorates were established, including the Nyíregyháza Water Directorate. In the announcement, we present the organization of the above legal predecessor institutions and the board of directors, the team of professionals.

Keywords

River engineering office, cultural engineering office, flood protection and inland water protection water associations, water management district, flood protection and river control office, cultural engineering and inland water management office, water directorate, National Water Management Office, General Directorate of Water Management.

BEVEZETÉS

A XIX. század első évtizedeiben bekövetkezett nagy hazai árvizek után jelentős műszaki előkészítő munkálatok kezdődtek nagy folyóink szabályozása és a folyók menti mezőgazdasági területek ármentesítése céljából. A vízrajzi

felvételek elkészítése, a folyók egységes kiviteli tervei alapján, nem kis erőfeszítést igénylő szervezés nyomán megalakultak a víztársulatok, megteremtették a kezdéshez szükséges anyagi forrásokat és a Tisza völgyében 1846-ban megkezdődtek a nagyszabású kivitelezési munkák is.

A XIX. század második felében és a XX. század első felében – a jelenleg is meglévő – felső-tiszai árvízvédelmi és belvízvédelmi rendszer létesítményeinek kiépítésében, a víztársulatok (1846-tól) mellett meghatározó szerepe volt az állami vízügyi szervezetek itt működő területi kirendeltségeinek, azaz a vízszerkezetek mérnökeinek (1846-tól), az osztálymérnöki hivataloknak (1851-től), a folyamosztály mérnöki hivataloknak (1856-tól), a folyammérnökségeknek (1867-től), majd a folyammérnöki hivataloknak (1871-től) és a kultúrmérnöki hivataloknak (1881-től), továbbá a vízügyi hatósági feladatokat ellátó vármegyei alispáni hivataloknak.

A II. világháború vége és 1953 közötti évtizedben a kormányok sorozatos szervezeti átalakításokat hajtottak végre a vízügyi szervezetben. Az államosítás után a folyammérnöki hivatalok, kultúrmérnöki hivatalok és társulatok felszámolását követően egységes vízügyi szervezetet hoztak létre, amit 1951-ben ismét feldaraboltak.

Az 1953 őszi megalakított területi vízügyi szervek, a vízügyi igazgatóságok közvetlenül az Árvízvédelmi és Folyamszabályozási Hivatalok, valamint a Kultúrmérnöki és Belvízrendező Hivatalok jogutódjai voltak. A Felső-Tisza-vidéken megalakult a Nyíregyházi Vízügyi Igazgatóság, melynek első vezetője Zboray Károly lett.

1. táblázat. A Felső-Tisza-vidéki folyammérnöki hivatalok működésük utolsó évtizedében (1939-1948)
(Konecsny 2021a, 2021b, 2021c)

Table 1. The river engineering offices in the Upper Tisza Region in the last decade of their operation (1939-1948)
(Konecsny 2021a, 2021b, 2021c)

Hivatal neve	Időszak	Hivatalfőnök	Beosztott mérnökök
Sátoraljaújhely	1939-1948	Tarnóy Károly 1939-40	Wonke József, Zboray Károly, Károlyi Zoltán, Lengyel István
		Marek László 1940-44	Zboray Károly, Lengyel István, Markó Iván, Kemény László, Gallov Zoltán
		Zboray Károly 1944-48	Kemény László, Hován László
Beregszász	1939-1940	Z. Zorkóczy Zoltán	Újfalussy Jenő, Zólyomi János
Szatmárnémeti	1940-1944	Z. Zorkóczy Zoltán 1940-41	Újfalussy Jenő, Zólyomi János, Szőnyi István, Lengyel István, Ráthonyi István
		Vázsonyi Ádám 1941-44	Újfalussy Jenő, Zólyomi János, Szőnyi István, Lengyel István, Ráthonyi István
Vásárosnamény	1944-1946	Vázsonyi Ádám 1944-46	Ráthonyi István
Nyíregyháza	1939-1948	Dévény István 1939-44	Vázsonyi Ádám, Lengyel István, Zólyomi János, Szőnyi István, Rác János, Rác Iván, Selényi Pál, Jáky Miklós
		Vázsonyi Ádám 1946-48	Lengyel István, Jáky Miklós, Rác Iván

Az I. fénykép a II. világháború idején hivatalban lévő Felső-tiszai folyammérnöki hivatalfőnököket és a Debreceni Kultúrmérnöki Hivatal vezetőjét mutatja.

A Sátoraljaújhelyi Folyammérnöki Hivatal alkalmazotti létszáma a II. világháború végén 7 fő volt és a hivatalfőnök Marek László (1897-1979) m. kir. műszaki tanácsos volt, akitől 1944-ben Zboray Károly (1905-1968) m. kir. főmérnök vette át a hivatalfőnöki teendőket (*Magyarország tiszti cím- és névtára 1944, Konecsny 2021c*).

A földművelésügyi miniszter 1945. november 7-én kiadott 44.199. 2. F. M. számú rendelete szerint a Sátoraljaújhelyi Folyammérnöki Hivatal működési területe kiterjedt: a Tiszára az eszeny-zsurki határtól a tiszafüredi vasúti

A NYÍREGYHÁZI VÍZÜGYI IGAZGATÓSÁG JOGELŐDJEI

Felső-Tisza-vidéki folyammérnöki hivatalok

A Felső-Tisza-vidéken a már 1846-tól működő vízszerkezetek, majd folyammérnökségek utódjaként az 1871-től alakult m. kir. folyammérnöki hivatalok a II. világháború idején is működtek: Szatmárnémetiben, Sátoraljaújhelyen és Nyíregyházán. Azonban a II. világháború idején, a front közeledtével a hivatalok szüneteltették tevékenységüket. A világháború befejezését követően a folyammérnöki hivatalok nehéz körülmények között ugyan, de tovább működtek. 1945. november 7-én jelent meg a földművelésügyi miniszter 1945. évi 44.199. 2. F. M. számú rendelete Magyarország határainak a békeszerződésben történt végleges megállapításáig ideiglenesen az ország akkori területén a folyammérnöki hivatalok működési területének megállapításáról szóló jogszabály. Az 1944 őszi Vásárosnaményba menekült szatmári hivatal 1946-ig működött, majd Nyíregyházára költözött. 1946-1948. között a térségben két folyammérnöki hivatal, a nyíregyházi és a sátoraljaújhelyi működött (1. táblázat).

Az 1948. június 2-án kihirdetett 6060. számú kormányrendelet a hazai vízügyek államosítását rendelte el, melynek során megszüntették a Földművelésügyi Minisztériumban a V/A Vízügyi és a V/B Vízügyi Műszaki Főosztályokat. Helyettük a közlekedési és postaügyi, valamint a földművelésügyi miniszterek közös felügyelete alá tartozó Országos Vízgazdálkodási Hivatal (OVGH) alakult.

hidig, a Bodrogra a csehszlovák határtól a torkolatig, valamint a Sajóra a Hernád beömlésétől a torkolatig és ezen folyószakaszok menti vízrendező társulatok területére. A hivatal új megnevezése, Folyammérnöki Hivatal, Sátoraljaújhely lett. Az 1948. évi államosítás után létrejött a Sátoraljaújhelyi Folyammérnöki Kirendeltség.

A Szatmári M. Kir. Folyammérnöki Hivatal az I. világháború végén Vásárosnaményba költöztette székhelyét, de a II. bécsi döntés utáni újabb határváltozás nyomán 1940 decemberében Z. Zorkóczy Zoltán (1899-1945) vezetésével Szatmárnémetiben újra megalakult. A Hivatal Szatmárnémeti város bombázását, majd kiürítését követően 1944 őszi ismét Vásárosnaményba menekült (*Molnár 1945, Vázsonyi 1959*).



1. fénykép. A Felső-tiszai folyammérnöki hivatalfőnökök a II. világháború idején: Marek László (Sátoraljaújhely 1940-1944), Dévény István (Nyíregyháza 1934-1944), Z. Zorkóczy Zoltán (Beregszász 1939-1940, Szatmárnémeti 1941), Vázsonyi Ádám (Szatmárnémeti 1942-1944), továbbá a Debreceni Kultúrmérnöki Hivatal főnöke (Molnár Endre 1939-1948)

(FTV Vízügyi Tört. Gyűjt.)

Photo 1. Heads of the Upper Tisza river engineering offices during World War II: László Marek (Sátoraljaújhely 1940-1944), István Dévény (Nyíregyháza 1934-1944), Zoltán Z. Zorkóczy (Beregszász 1939-1940, Szatmárnémeti 1941), Ádám Vázsonyi (Szatmárnémeti 1942-1944), and the head of the Cultural Engineering Office in Debrecen (Endre Molnár 1939-1948) (Upper Tisza Water History Collection)

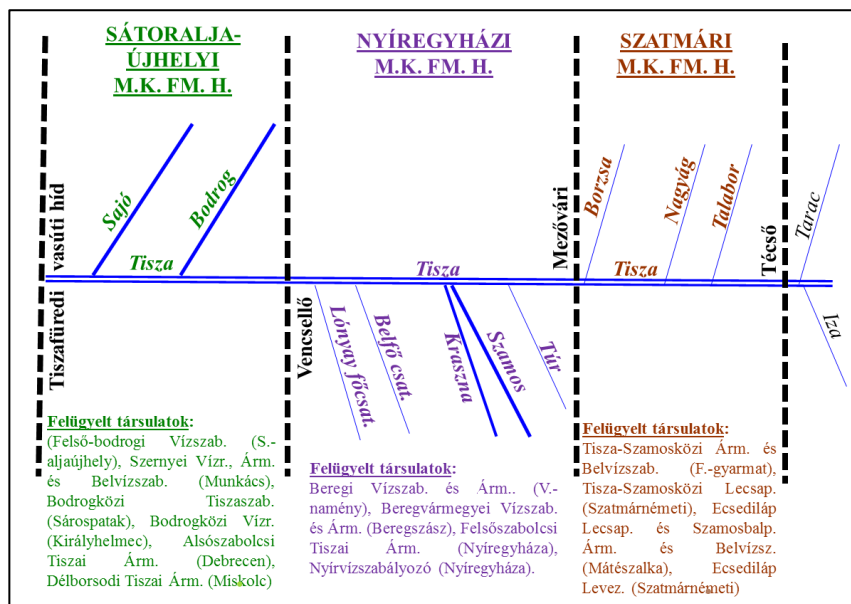
A Szatmárnémetiből Vásárosnaményba átköltözött Vázsonyi Ádám (1901-1973) hivatalfőnök és vele tartó munkatársai mellett a működését szüneteltető Nyíregyházi Folyammérnöki Hivatal dolgozóinak nagy része is fokozatosan Vásárosnaményban jelentkezett szolgáltat-tételre.

1944-ben a Nyíregyházi M. Kir. Folyammérnöki Hivatal létszáma 6 fő volt és Dévény (Zauner) István (1890-1978) m. kir. főmérnök, műszaki tanácsos volt a vezetője (Magyarország tiszti cím- és névtára 1944).

A földművelésügyi miniszter 1945. évi 44.199. 2. F. M. számú rendelete szerint, a Nyíregyházi

Folyammérnöki Hivatal illetékességi területe kiterjedt: a Tisza folyóra a csehszlovák határtól az eszeny-zsurki határig, a Szamos, a Kraszna folyókra, a román határtól a torkolatig és ezen folyószakaszok menti vízrendező társulatok területére.

A Hivatal működése 1946 októberében indult újra Nyíregyházán, amikor sikerült a Búza téri hivatali épületet úgy rendbe hozni, hogy Vásárosnaményból az átköltözést végre tudták hajtani. Az 1948. évi államosításig a hivatal főnöke Vázsonyi Ádám volt, helyettese Lengyel István (1904-1989) m. kir. főmérnök, aki Szatmárnémetiben is Vázsonyi beosztottja volt (1. ábra).



1. ábra. A felső-tiszai folyammérnöki hivatalok illetékességi területe és az általuk felügyelt társulatok 1940-1944. között (Konecsny 2021a)

Figure 1. The area of jurisdiction of the Upper Tisza river engineering offices and the flood protection and inland water protection water associations supervised by them, between 1940-1944. (Konecsny 2021a)

A Hivatal 1948. évi megszüntetését követően a jogutód szervezet a Debreceni Vízgazdálkodási Körzet Nyíregyházi Folyammérnöki Kirendeltsége lett.

Kultúrmérnöki hivatalok

Az 1881-ben alakult kerületi kultúrmérnöki hivatalok jogutódjai közül a II. világháború végén a Felső-Tisza-vi-

déken három kultúrmérnöki hivatal működött: a máramarosszigeti, a munkácsi és a debreceni. A Sátoraljaújhelyi M. Kir. Kultúrmérnöki Hivatal már korábban, 1930-ban megszűnt. A II. világháború befejezésétől az 1948. évi államosításig a térség kultúrmérnöki feladatait, munkáit egyedül a Debreceni Kultúrmérnöki Hivatal látta el.

A Debreceni M. Kir. Kultúrmérnöki Hivatalnak a II. világháború legnehezebb évében, 1944-ben a létszáma 6 fő volt és *Molnár Endre* (1904-1973) m. kir. műszaki tanácsos volt a hivatalfőnök (*Magyarország tisztí cím- és névtára 1944*).

1944 szeptemberében, amikor Debrecen nagy légitámadások érték és a front egyre közeledett, a hivatal külső munkáit beszüntette, majd Miskolcra költözött. A többi állami vízügyi hivatal és a víztársulatok mérnökeinek és alkalmazottainak nagy része elhagyta állomáshelyét (*Molnár 1945*).

Az 1944. december 22-én Debrecenben felállított ideiglenes nemzeti kormány földművelésügyi minisztériuma *Molnár Endrét* (1. fénykép) hivatalfőnöki teendői mellett berendelte a minisztériumi „Vízrendészeti Főosztály” ügyeinek ellátására. A fokozatosan felszabaduló területeken szervezte a vízügyi szolgálat megindítását, addig, amíg 1945 áprilisában az ideiglenes kormány visszaköltözött Budapestre (*Molnár 1945*).

A második világháború végén a határmódosulást követő közigazgatási rendezés nyomán, a 41.957/1945. FM számú rendelet alapján a debreceni hivatal működési területe is módosult (Bereg, Szatmár, Szabolcs, Hajdú, Bihar). A hivatal felügyelte a Keleti-Nyírvíz- és a Közép-Nyírvíz lecsapoló társulatok műszaki tevékenységét. A Debreceni Kultúrmérnöki Hivatal 1948-ig működött, jogutódja a Debreceni Vízgazdálkodási Körzet lett (*Dóka 1978*).

A vármegyei alispáni hivatalok, mint vízügyi hatóságok

A két világháború között, sőt 1948-ig a vízügyek országos felsőszintű irányítását az FM VIII.A. Vízjogi Főosztálya és VIII.B. Vízügyi Műszaki Főosztálya látta el. Az elsőfokú vízügyi hatóság szerepét a vármegyei alispáni hivatalok töltötték be.

1940-1945 között Szatmár vármegye és Bereg vármegye teljes korábbi területe ismét Magyarországhoz tartozott. A vármegye székhelye Mátészalkáról visszaköltözött Szatmárnémetibe, illetve Beregszászra. Ebben az időszakban a vízügyi hatóság vezetői az alispánok voltak, személy szerint (*Magyarország tisztí cím- és névtára 1940-1944, Gyarmathy 1981*):

- Bereg vármegye: *Tatár Géza* (1942-1944), dr. *Kaczinfalvi Pál* (1944-1945), dr. *Gál Elek* (1946-1948);
- Szatmár vármegye: dr. *Streicher Andor* (1923-1943); *Boér Endre* (1943-1944), *Varga Gyula* (1944-1946), dr. *Gál Elek* (1946-1948);
- Szabolcs vármegye: dr. *Borbély Sándor* (1936-1944), dr. *Szesztay András* kirendelt alispán (1944-1945).

Az 1945-ös megyerendezés során a megyehatárok tekintetében csak kisebb módosítások történtek, gyakorlatilag az 1938 előtti állapotot állították vissza. Szabolcs vármegyében az alispáni hivatal továbbra is Nyíregyházán működött. Szatmár vármegyében 1945. január 15-én Mátészalkán kezdte

meg újra működését az alispáni hivatal, Szatmár, Ugocsa és Bereg k. e. e. vármegyék alispánja január 20-án 1/1945. alisp. sz. alatt a közigazgatási szervek helyreállítása tárgyában kiadott határozata szerint (*Gyarmathy 1981*).

1949-ben megalakult a közlekedési és postaügyi, valamint a földművelésügyi miniszterek közös felügyelete alá tartozó Országos Vízgazdálkodási Hivatal (OVgH). Az 1949. augusztus 20-án kihirdetett új alkotmány rendelkezett a tanácsrendszer megalakulásáról. Megszűntek az alispáni hivatalok, létrejöttek a megyei és járási tanácsok. 1950. március 16-tól Szatmár-Bereg megye egyesült Szabolcs megyével Szabolcs-Szatmár megye néven. Az 1060/1953. (IX. 30.) Mt. határozat 1953. október 1-i hatállyal létesítette a II. fokú vízügyi hatósági jogkört is ellátó országos hatáskörű Országos Vízügyi Főigazgatóságot, és az I. fokú hatóságként eljáró vízügyi igazgatóságokat, köztük a Nyíregyházi Vízügyi Igazgatóságot.

A Felső-Tisza-vidéki víztársulatok

A XIX-XX. században létrehozott víztársulatok a földtulajdonosok, gazdálkodók, települések összefogása volt a vizek kártételei ellen, vagy a víz hasznosítására (*Fejér 2010*).

A Felső-Tisza-vidéken 1846-tól kezdődően sorra megalakultak és az 1948. évi államosításig évtizedeken át összesen mintegy 400 ezer ha területen eredményesen működtek a víztársulatok (2. táblázat).

Az 1945. március 15-én kelt 600/1945. számú miniszterelnöki rendelet által meghirdetett földreform következtében az ezer holdnál nagyobb birtokokat teljes egészükben elkobozták, az 1000 hold alatti úri birtokosok maximumán 100, a paraszti birtokosok pedig 200 hold földet tarthattak meg. Ezek döntően befolyásolták a társulati érdekeltség összetételét, szerkezetét és anyagi helyzetét.

„A vízügyi feladatok állami ellátásáról” szóló 6060. sz. kormányrendelet 1948. június 2-án jelent meg, majd az Országos Vízgazdálkodási Hivatal javaslatára az FM 207.760. sz. rendeletével a kultúrmérnöki, folyammérnöki hivatalok és a területükön működő társulatok összehívásával vízgazdálkodási körzetek létesítését rendelték el (*Fejér 2010*).

Beregvármegyei Vízsabályozó és Ármentesítő Társulat

Az 1846-ban alakult Beregvármegyei Vízsabályozó és Ármentesítő Társulat, mely a trianoni határ által kettészakadt, 1941-ben újra egyesült és ismét Beregszász székhellyel működött. A II. világháború végén a társulat Beregszászról visszaköltözött Vásárosnaményba. 1945-től az igazgató-főmérnöki tisztséget *Horváth Mihály* (1892-1975) (2. fénykép) töltötte be. *Simon Károly* (1880-1959) gazdálkodót, jándi községi bírót, megyebizottsági tagot bízta meg a földművelésügyi miniszter a társulat miniszteri biztosi teendőinek ellátására.

A Felső-Tiszán az 1947-1948-iki szilveszteri árvíz idejére a társulatok a támadások célpontjába kerültek. Az árvédekező műszakiakat – többek között *Horváth Mihályt* – a társulatok államosításának egyik fő szorgalmazója, *Vas (Weinberger) Zoltán* (1903-1983) a Gazdasági Főtanács nagyhatalmú főtitkára a helyszínen leváltotta. *Dabolcsi János* (1903-1985), az Ecsediláp-lecsapoló és

Szamosbalparti Ármentesítő és Belvízszabályozó Társulat szakaszmérnöke 1948. január 17-én ideiglenes megbízást kapott a Beregvármegyei Vízszabályozó és Ármentesítő Társulat igazgató-főmérnöki teendőinek ellátásával.

A Földművelésügyi Miniszter 200.483/1948.VI.A.2. sz. rendelete alapján Simon Károlyt a társulat miniszteri biztosi teendőinek ellátása alól 1948. év január hó 21-i hatállyal felmentette és utódjául 1948. január hó 21-i hatállyal Markó Ivánt (1908-1990) rendelte ki, aki az Országos Vízgazdálkodási Hivatal műszaki tanácsosa volt.

A társulat vagyónállaga az akkori kimutatás szerint 732 kat. hold és 561 négyszögöl volt. A társulat tulajdonát képezték: egy szivattyútelep, csőzilipek, hidak, csatornák, csőátereszek, 60 400 m tiszai védőtöltés, 43 km telefon vezeték (*Társulati átadás-átvételi jegyzőkönyv 1948*).

Horváth Mihály igazgató-főmérnököt 1948. május 7-én kiengedték a fogházból, és visszahelyezték korábbi munkakörébe. A társulat az 1948. június 2-i államosítási jogszabályt követően még októberig működhetett, az igazgató-főmérnököt 1948. október 22-én helyezték át a Mátészalkai Ár- és Belvízvédelmi Kirendeltséghez.

2. táblázat. Az 1948-ig működő Felső-tiszai ármentesítő és belvízlevezető társulatok (Lászlóffy 1982, nyomán Konecsny 2021a)
Table 2. The Upper Tisza flood protection and inland water protection associations operating until 1948
(following Lászlóffy 1982, Konecsny 2021a)

A társulat neve	Megalakulásának éve	Kiterjedése (kh)	1948-ban az államosítás előtt	
			Székhelye	Elnök/min. megbízott igazgató-főm.
Folyammérnöki hivatalok felügyelete alatt				
Beregvármegyei Vízszabályozó és Ármentesítő	1846	101 649	Vásárosnamény	Markó Iván, Horváth Mihály
Felsőszabolcsi Tiszai Ármentesítő és Belvízlevezető	1846	99 450	Nyíregyháza	Kovács Dezső Bolgár László
Nyírvízszabályozó	1876	58 866	Nyíregyháza	Imre János Mikecz Pál
Ecsediláp Leccsap. és Szamosbalparti Ármentesítő és Belvízszabályozó T.	1894	76 216	Mátészalka	Reviczky György Rittinger J. Pál
Tisza-Szamosközi Ármentesítő és Belvízszabályozó	1914	113 218	Fehérgyarmat	Sik Jenő Serf Egyed
Debreceni Kulturmérnöki Hivatal felügyelete alatt				
Keleti-Nyírvíz Leccsapoló	1910	12 800	Nyírbátor	dr. Bella Imre Forrány József*
Közép-Nyírvíz Belvízlevezető	1914	4 930	Nyírcsaholy	dr. Gál Elek Mersey Pál*

*igazgató-pénztárnok

Felsőszabolcsi Tiszai Ármentesítő és Belvízszabályozó Társulat

A Felsőszabolcsi Tiszai Ármentesítő és Belvízszabályozó Társulat érdekeltségi területe 101 649 kat. hold 152 négyszögöl volt, a tiszai védvonal hossza 73,211 km, a Lónyay csatorna védvonal 52,900 km. A leccsapoló csatornák hossza összesen 689,766 km-t tett ki. Tíz állandó jellegű szivattyútelepet üzemeltettek: Tiszaberceli, Dombrádi, Kétérközi, Zu-

gói, Csőzilip, I. sz., II. sz., III. sz., Szárdi, XXII. sz. Egyéb nagyobb műszaki berendezések is voltak, úgymint a tiszai védőtöltésbe épített tiszaberceli zsilip és dombrádi csőzilip.

1944-ben a társulat vezető tisztségviselői voltak: dr. Orosz Sándor (1887-1946) elnök, Bolgár László (1892-1977) igazgató-főmérnök (*Magyarország tisztí cím- és névtára 1944, 2. fénykép*).



Horváth Mihály

Bolgár László

Mikecz Pál

Reviczky György

Sik (Schick) Jenő

2. fénykép. Vízitársulati igazgató-főmérnökök az államosítás előtti években: Horváth Mihály (Beregi, 1945-1948), Bolgár László (Felsőszabolcsi, 1942-1948), Mikecz Pál (Nyírvízszabályozó, 1939-1948), Reviczky György (Ecsedilápi, 1933-1948), Sik (Schick) Jenő (Tisza-Szamosközi, 1925-1948) (FTV Vízügyi Tört. Gyűjt.)

Photo 2. Flood protection and inland water protection associations directors-chief engineers in the years before nationalization: Mihály Horváth (Beregi, 1945-1948), László Bolgár (Felsőszabolcsi, 1942-1948), Pál Mikecz (Nyírvízszabályozó, 1939-1948), György Reviczky (Ecsedilápi, 1933-1948), Jenő Sik (Schick) (Tisza-Szamosközi, 1925-1948) (Upper Tisza Water History Collection)

A társulat működésének utolsó évében, 1948-ban az örökkel együtt összesen 58 fő alkalmazott dolgozott. Vezetői: *Kovács Dezső* (1887-1948) miniszteri biztos, *Bolgár László* igazgató-főmérnök. *Bolgár László* a víztársulatok 1948. évi államosítása után a Nyíregyházi Ár- és Belvízvédelmi Kirendeltség vezetőjévé nevezték ki.

Nyírvíz Szabályozó Társulat

1944-ben a Nyíregyháza székhelyű Nyírvíz Szabályozó Társulat vezetői voltak: *dr. Erdőhegyi Lajos* (1887-1954) nyug. főispán, elnök, *Mikecz Pál* (1889-1958) igazgató-főmérnök (3. fénykép) (*Magyarország tiszti cím- és névtára 1944*).

A társulat ártéri területe 58 866 kat. hold 952 négyszögöl volt. Az árvédelmi töltések hossza 43,36 km-t tett ki. A lecsapoló csatornák teljes hossza elérte az 1 116,691 km-t. A 6 szivattyútelep: Rókakúti, Cseréstói, Zsadányi, Halastói, Mágai, Kovásztai. A társulat tevékenységét megnehezítették és egy időre leállították az 1944. októberi harci cselekmények, a front átvonulása a térségben. Óriási károk keletkeztek a társulati vagyokban.

Az 1946. évben *dr. Erdőhegyi Lajost* lemondatták társulati elnöki pozíciójáról, helyette *Imre János* (1878-1957) korábbi igazgató-főmérnök lett a miniszteri biztos. 1948-ban, az államosítás évében a társulat műszaki vezetői teendőit *Mikecz Pál* igazgató-főmérnök látta el, akit 1948. november 1-vel nyugállományba helyeztek. A mérnökök, technikusok, gát- és csatornaőrök, gépészek a jogutód szervezeteknél folytatták pályafutásukat.

Ecsediláp Lecsapoló és Szamosbalparti Ármentesítő és Belvízszabályozó Társulat

A háborús események miatt – különösen Szatmárnémeti bombázása, a háborús frontvonal közeledte és a szovjet-román csapatok városba való bevonulása után – 1944 októberétől, a társulat szüneteltette tevékenységét, az alkalmazottak nagy része elhagyta állomáshelyét. A társulat kétfelé oszlott, majd Szatmárnémetiben és Mátészalkán egyidőben kezdte meg újra működését.

Az árvédelmi berendezések, töltések megrongálódtak, a zsilipek, szivattyútelepek működésképtelenné váltak, a hidak nagy része fel volt robbantva, pl. a Krasznán 12 vasútból 9-et robbantottak fel (*Kertai 1945*).

A Mátészalka székhelyű társulatnak 1945. júliusában a vezetői voltak: *dr. Erős János* miniszteri biztos és *Reviczky György* (1895-1961) igazgató-főmérnök (2. fénykép).

A háború utáni újbóli kettészakadás miatt a társulat magyar oldali árterülete 76 216 kat. holdra csökkent, töltéseinek hossza 103,652 km-re, csatornái 509,103 km-re, a beépített szivattyútelepek száma 3-ra.

1945 novemberétől *Galambos Zoltán* (1885-1952) főmérnököt bízták meg a miniszteri biztosi feladatokkal, aki 1940-1942. között a munkácsi Szernye Vízrendező Ármentesítő és Belvízrendező Társulat igazgató-főmérnöke volt. A Földművelésügyi Minisztérium 1947. április 3-án 112.377/1947.VI.A.-2.ü.o. sz.-on *Rittinger J. Pál* (1893-1972) miniszteri osztálytanácsost, 1947. április 1-től a társulat élére, mint miniszteri biztost rendelte ki.

Reviczky György igazgató-főmérnököt az FM 204.387/1948.VI.A.2. számú rendeletével 1948. április 30-tól állásából felfüggesztették és ellene fegyelmi vizsgálatot rendeltek el. *Reviczky* a Népbírószágok Országos Tanácsának (NOT) határozata alapján négy évet börtönben töltött. Helyettesítésére 1947. május 1-től *Mokos Sándort*, (1901-1964) a Felsőszabolcsi Tiszai Ármentesítő és Belvízszabályozó Társulat szakaszmérnökét rendelték ki.

A társulat tulajdonában lévő nagyecsedei Villamos Üzem 1948 májusában az Iparügyi Minisztérium 3.500/1948. számú rendelete alapján állami kezelésbe vették.

Rittinger J. Pált miniszteri biztosi tisztségéből felmentették, 1948. augusztus 19-től *Markó Iván* (1908-1990) műszaki tanácsost nevezték ki miniszteri biztosnak, mely tisztséget 1948. szeptember 30-ig látta el.

A vízügyi igazgatás átszervezéséről szóló 6060/1948. sz. Korm. rendelet alapján az Országos Vízgazdálkodási Hivatal 5266-II/1948. eln. számú értesítése szerint állami szolgálatba 30 főt vettek át a társulattól. A vízügyek államosítása folytán az Ecsediláp Lecsapoló és Szamosbalparti Ármentesítő és Belvízszabályozó Társulat felszámolásra került.

Tisza-Szamosközi Ármentesítő és Belvízszabályozó Társulat

A II. világháború végén a Szatmárnémeti székhelyű társulat vezetői báró *dr. Kaas Albert* (1885-1961) egyetemi tanár miniszteri biztos és *Schick (utóbb Sik) Jenő* (1896-1968) igazgató-főmérnök voltak (2. fénykép).

Az 1945. januári fegyverszüneti egyezmény a trianoni határokat állította vissza és ezzel a társulat területét ismét három részre tagolta. A magyar társulati részt Szatmárnémetiből áthelyezve Fehérgyarmat székhellyel szervezték meg. A társulat 234 034 kat. hold árteréből 113 218 kat. hold maradt magyar fennhatóság alatt. Báró *dr. Kaas Albert* 1945. február 20-ig látta el a társulat irányítását. 1945. február 20-tól *dr. Erős János* (1889-1962) ügyvéd, Szatmár-Ugocsa és Bereg vármegyék főispánja kapott megbízást a társulat miniszteri biztosi teendőinek ellátására.

1945 márciusában a társulat tisztviselőinek és alkalmazottainak összlétszáma 27 fő volt. A központban 10 fő alkalmazott dolgozott, köztük: *Schick Jenő* igazgató főmérnök, 3 mérnök, nyilvántartók, írnok, telefonőr, altiszt. A társulat 13 fő gátőrt és 4 fő csatornaőrt foglalkoztatott.

A miniszter 1945. október 25-től *dr. Tordai Sándort* (1900-1987) bízta meg a miniszteri biztosi feladatok ellátásával, akinek megbízatása 1946. július 18-ig tartott. A földművelésügyi miniszter 115.664/1947.VI.A12. sz. rendeletével 1947. október 26-tól *dr. Fraknoi László* miniszteri osztálytanácsost bízta meg a miniszteri biztosi feladatok ellátásával.

Az 1947. decemberi-1948. januári árvíz elleni védekezést társulata területén és a Tivadari gátszakadás helyreállítási munkáit *Sik Jenő* irányította. Azonban a földművelésügyi miniszter ellene „a felső-tiszai árvízveszély elhárítása során tapasztalt gondatlan és mulasztó magatartása miatt” fegyelmi eljárást rendelt el és igazgatói beosztásá-

ból felfüggesztették, majd letartóztatták. Helyette ekkor a társulat műszaki vezetését ideiglenesen *Tápay László* (1895-1954) szakaszmérnök látta el.

Dr. Fraknoi László miniszteri biztos a földművelésügyi miniszter 201 169/1948.VI.A.2 számú rendelkezése folytán 1948. március 10-én átadta a miniszteri biztosi ügykört *SerfEgyed* (1897-1962) miniszteri osztálytanácsosnak, aki 1948. június 2-ig töltötte be ezt a tisztséget.

Sik Jenő igazgató-főmérnököt rehabilitálták, majd 1948. május 15-vel visszahelyezték állásába. A társulat az államosítása után 1948 októberében megszűnt.

Keleti-Nyírvíz Leccsapoló Társulat

Az 1944. évi háborús események idején stagnált a Keleti Nyírvíz Leccsapoló Társulat működése. Az orosz csapatok elől *báró Karg György* (1893-1969) társulati elnök elmenekült Nyírvasváriból. *Forrásy József* (1894-1975) igazgató-pénztárnok a helyén maradt. Munkáját segítette a Debreceni M. Kir. Kultúrmérnöki Hivatal. Az elnöki tisztséget 1944 végén *dr. Bella Imre* (1893-1967) nyírbátori orvos vette át. A II. világháború befejezése után a társulat árterülete – az ismét román uralom alá került részek leválásával – 12 800 kat holdra csökkent. Csatornarendszerének hossza 185 km volt 10 község határában (*Forrásy 1948*).

Huberth Andor (1875-1952) kultúrmérnököt, a Földművelésügyi Minisztérium Vízügyi Műszaki Főosztályának műszaki tanácsosát a miniszter 1948. március 20-án miniszteri biztosnak rendelte ki.

1948-ban, az államosítás időszakában a társulatot *dr. Bella Imre* elnök és *Forrásy József* igazgató-pénztárnok vezette. A társulat akkor 12 csatornaört foglalkoztatott (*Forrásy 1948*).

Az államosítást követően a társulat még 1948. október végéig működött. Ekkor *Forrásy József* igazgató-pénztárnokot nyugdíjazták (*Forrásy 1948*).

Közép-Nyírvíz Belvízlevezető Társulat

Az 1899-ben (más adat szerint 1914-ban) alakult, Nyírcaholy székhelyű Közép Nyírvíz Belvízlevezető Társulatnál a II. világháború végén *Mersey (Mészár) Pál* (1894-1944) töltötte be az igazgató-pénztárnoki tisztséget és *Cservenyák István* volt a csatornafelügyelő. 1945-1946-ban *Galambos Zoltán* (miniszteri biztos), 1946-1947-ben *Tengyel János* (elnök), 1948-ban *Huberth Andor* (miniszteri biztos) vezette a társulatot. Az 1948. évi államosítás során a Közép-Nyírvíz Belvízlevezető Társulat megszűnt.

A Felső-Tisza-vidéki vízgazdálkodási körzetek Debreceni Vízgazdálkodási Körzet

Az államosítást követően a Földművelésügyi Minisztérium 1948 augusztusában rendelettel szabályozta egyrészt az Országos Vízgazdálkodási Hivatal (OVGH) belső tagozódását, másrészt az alárendelt területi szervezeteit. A vízgazdálkodási körzetek és a bizonyos fokú önállósággal rendelkező területi kirendeltségek vették át a megszűnt folyammérnöki- és kultúrmérnöki hivatalok, valamint a vízi-társulatok ügykörét (*Bényei 1974*).

Az államosítás után a Felső-Tisza-vidéki vízügyi szervezetek döntő része a Debreceni Vízgazdálkodási Körzet, kisebb része a Miskolci Vízgazdálkodási Körzet (Sátoraljaújhelyi Folyammérnöki Hivatal) alárendeltségébe került.

1948. október 1-től a Debreceni Vízgazdálkodási Körzet vezetőjének *Vázsonyi Ádámot* nevezték ki. A körzethez tartozott a Nyíregyházi Folyammérnöki Kirendeltség, a Nyíregyházi Árvízvédelmi és Belvízvédelmi Kirendeltség, valamint a Mátészalkai Árvízvédelmi Kirendeltség is (*Vázsonyi 1967*).

Az OVH alárendeltségébe tartozó 11 vízgazdálkodási körzet közül a legnagyobb a debreceni volt 331 fő alkalmazottal. A Nyíregyházi Folyammérnöki Kirendeltségnél 27 fő, a Nyíregyházi Árvízvédelmi és Belvízvédelmi Kirendeltségnél 136 fő és a Mátészalkai Árvízvédelmi és Belvízvédelmi Kirendeltségnél 85 fő dolgozott.

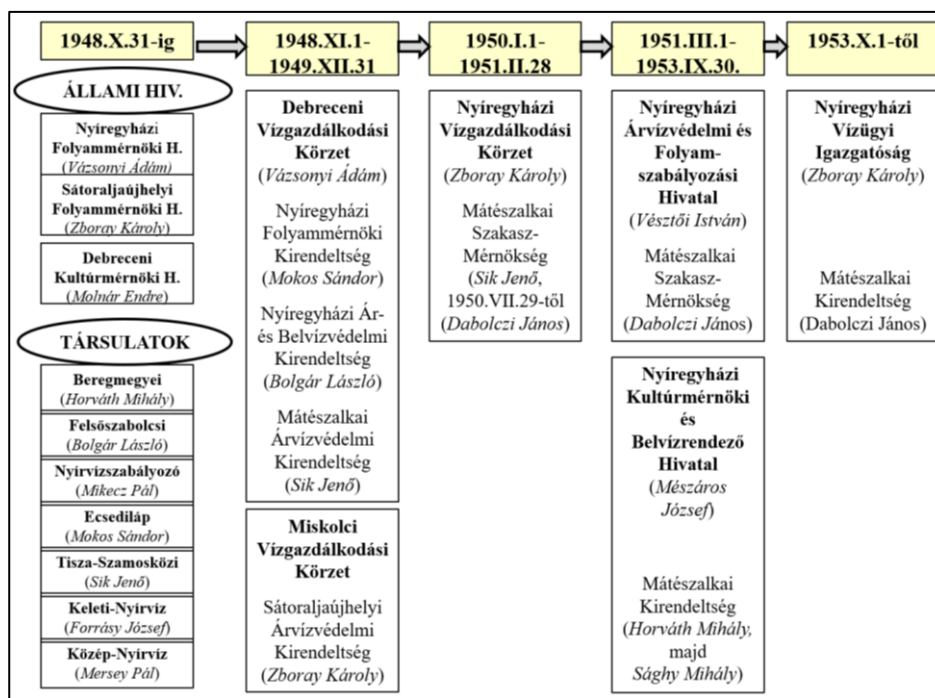
A Nyíregyházi Folyammérnöki Kirendeltséghez 2 mérnök, 4 műszaki tisz, 6 műszaki, 1 kezelési és 2 műszaki segédtsízt, illetve 12 altiszt került. A kirendeltség vezetői tisztségét ellátó *Mokos Sándor* (1901-1964) főmérnök mellett a másik mérnök *Rácz István* volt. Munkájukat 4 műszaki tisz, műszaki segédtsízt és altízt segítették. A Nyíregyházi Ár- és Belvízvédelmi Kirendeltség (Nyíregyháza, Szabadság tér 7. sz.) vezetője, *Bolgár László* mellett 2 mérnök dolgozott, *Gavallér Endre* és *Jancsó Gyula*, valamint 2 műszaki tisz, 3 nyilvántartó, 8 kezelési szakember, 10 műszaki segédtsízt és 6 altiszt. A Mátészalkai Ár- és Belvízvédelmi Kirendeltség vezetőjének *Sik Jenő* korábbi társulati igazgató-főmérnököt nevezték ki. A beosztottak közül 3 mérnök volt: *Dabolcsi János*, *Czibur Géza* és *Horváth Mihály*; 2 műszaki tisz, további 5 nyilvántartó, 1 műszaki szakember, 5 kezelési szakember, 8 műszaki segédtsízt és 3 altiszt. A gátörök, csatornaörök összlétszáma elérte az 57 főt (*FTV Vízügyi Tört. Gyűjt.*).

Nyíregyházi Vízgazdálkodási Körzet

1950. január 1-én kezdte meg önálló működését a Nyíregyházi Vízgazdálkodási Körzet, melyet leválasztottak a nagyterületű debreceni körzetről (*Vázsonyi 1967*). Területi illetékessége kiterjedt a Felső-Tisza hazai szakaszára és baloldali mellékfolyóira, a szabolcsi, szatmári és beregi vízrendszerek magyarországi részeire. A Tisza Záhony-Tokaji szakasza – a Miskolci Vízgazdálkodási Körzethez tartozó Sátoraljaújhelyi Folyammérnöki Kirendeltség megszűnésével – 1950-ben szintén a nyíregyházi körzethez került (*Jancsó 2000*).

1950. január 1-től a Nyíregyházi Körzet élére *Zboray Károlyt* nevezték ki, aki azelőtt a Sátoraljaújhelyi Folyammérnöki Hivatal főnökeként dolgozott.

Vezetőváltásra került sor a Nyíregyházi Vízgazdálkodási Körzet Mátészalkai Szakaszmérnökségénél, *Sik Jenő* 1950. augusztus 1-től Budapestre, az OVGH-hoz való áthelyezése miatt a szakaszmérnökség vezetésével *Dabolcsi János* főmérnököt bízták meg. A Nyíregyházi Vízgazdálkodási Körzet 3415/1950. számú kimutatása szerint 1950. november 30-án 257 fő volt a körzet teljes létszáma, amiből 150 fő őri személyzet volt.



2. ábra. A Felső-tiszai vízügyi szervezetben és a vezetők személyében bekövetkezett változások folyamatábrája az 1948-1953. időszakra vonatkozóan (Konecsny 2021a)

Figure 2. The flowchart of the changes in the Upper Tisza water organization and the persons of the managers between the 1948-1953. period (Konecsny 2021a)

A Nyíregyházi Árvízvédelmi és Folyamszabályozási Hivatal és a Nyíregyházi Kultúrmérnöki és Belvízrendező Hivatal

Az 1951. február 28-án kiadott 58/1951. (II.28.) Mt. rendelet alapján a Földművelésügyi Minisztérium (FM) részére már 1950-ben átadott öntözési és talajjavítási feladatokon kívül a teljes mezőgazdasági vízgazdálkodás, így a belvízrendezés és belvízvédelem, a kisvízfolyások vízrendezése, a belterületi vízrendezés és a mezőgazdasági célú víztározás az FM felügyeleti hatáskörébe került át (Bényei 1974).

Az OVgH, mint a Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium (KPM) vízgazdálkodási ügyeket ellátó főosztálya 1951. március 1-én megszűnt, és a KPM-nél maradt vízgazdálkodási-műszaki feladatok a minisztérium újonnan szervezett Árvízvédelmi és Folyamszabályozási Főosztályához kerültek. A vízügyi-műszaki feladatkör a vízellátást és csatornázást illetően a Belügyminisztérium, a víz-erőművek a Bánya- és Energiaügyi Minisztérium, az ipari vízellátás és szennyvízelvezetés a Gazdasági Minisztérium ügykörébe került. A mezőgazdasági vízgazdálkodás, másfelől a folyamszabályozás és az árvízvédelem, valamint a hajóutak, továbbá a Vízrajzi Intézet, az Árvízvédelmi Készenléti Szervezet és a Vízierőmű Beruházási Vállalat felügyelete a KPM hatáskörében maradt. Az FM felügyelete alá tartozó és a mezőgazdasági termeléssel összefüggő vízügyi-műszaki feladatokat ellátó kultúrmérnöki és belvízrendező hivatalok gyakorolták minden vízjogi ügyben az elsőfokú államigazgatási hatósági jogkört és intézték a vízikönyv vezetést. Az elsőfokú vízügyi hatóságnak annyi másodfokú hatósága volt, ahány minisztérium feladatkörébe oszlott meg a vízgazdálkodási feladat (Bényei 1974).

A vízügyi feladatkör megosztása a vízügyi szervezeti egységének megbontásával járt. A vízgazdálkodási körzetek folyamszabályozási csoportjából árvízvédelmi és folyamszabályozási hivatalok, kultúrmérnöki csoportjából kultúrmérnöki és belvízrendezési hivatalok alakultak, az előbbieket a KPM felügyelete, az utóbbiakat az FM felügyelete alatt. A Nyíregyházi Vízgazdálkodási Körzet átszervezése nyomán egyrészt Nyíregyházi Árvízvédelmi és Folyamszabályozási Hivatal, másrészt Nyíregyházi Kultúrmérnöki és Belvízrendező Hivatal létesült. A két hivatal tevékenységét 1951. márciusában kezdte meg (2. ábra).

A Nyíregyházi Árvízvédelmi és Folyamszabályozási Hivatalhoz került 6 mérnök, 16 technikus, 4 pénztáros-könyvelő, 9 adminisztrátor, 4 hivatalsegéd, 5 szakmunkás és 74 gátör. A Nyíregyházi Kultúrmérnöki és Belvízrendező Hivatalhoz került 6 mérnök, 15 technikus, 4 pénztáros-könyvelő, 7 adminisztrátor, 3 hivatalsegéd, 10 szakmunkás és 77 csatornaőr.

A KPM XIII. Vízgazdálkodási Főosztály 1951. március 8-án kelt 8753/30/Me/15-1/1951. sz. rendeletében Vésztoi István rakamazi származású, eredeti foglalkozására nézve cipész munkáskádert nevezték ki hivatalvezetőnek (3. fénykép). Zboray Károlyt a hivatal műszaki vezetésével és a hivatalvezető-helyettesi teendőket ellátásával bízták meg. A központi iroda székhelye Nyíregyházán, a Széchenyi u. 1. sz. alatt, vagyis a Nyírvíz-palotában kapott helyet. Alárendeltségében működött a Mátészalkai Szakasz-mérnökség, Dabolczi János főmérnök vezetésével.

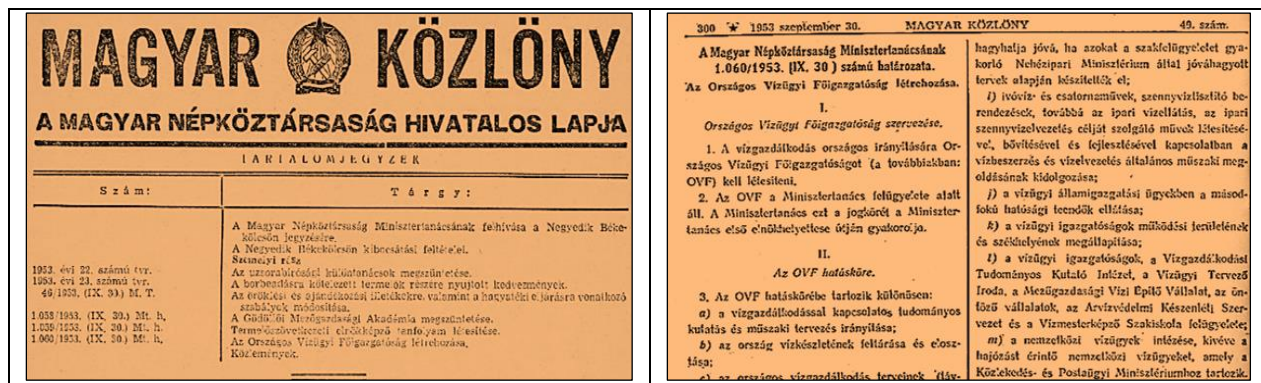
A Nyíregyházi Kultúrmérnöki és Belvízrendező Hivatal hivatalvezetőjének Mészáros József (1904-1974) mérnököt, hivatalvezető-helyettesének Bolgár László főmérnököt nevezték ki. A hivatal Mátészalkai Kirendeltségének

vezetőjévé *Horváth Mihályt*, a Beregvármegyei Vízszabályozó és Ármentesítő Társulat korábbi igazgató-főmérnökét nevezték ki, aki nyugdíjazásáig, 1952. december 31-ig töltötte be ezt a tisztséget. 1953. január 1-től 1953. szeptember 30-ig *Sághy Mihály* (1917-1962) technikus vezette a Mátészalkai Kirendeltséget.

AZ IGAZGATÓSÁG MEGALAKULÁSA ÉS A SZERVEZET KIALAKÍTÁSA

Nagy Imre (1896-1958) 1953 júliusában miniszterelnökké történt kinevezését követően a pártvezetés és a kormányzat

nagyobb figyelmet fordított az infrastrukturális kérdésekre, köztük a vízügyi létesítmények és a vízgazdálkodás fejlesztésére, a vízügyi szervezet kialakítására (<https://hu.wikipedia.org/wiki/1953>). Ennek kapcsán került sor a vízügy átszervezésére, a vízügyi szolgálat szétagoltságának megszüntetésére, miáltal az öntözés, a belvízvédelem, az árvízvédelem, a folyó- és patakszabályozás, az ivó- és ipari vízellátás, a csatornázás és az ipari szennyvízelvezetés feladatai mind egy főhatóság hatáskörébe kerültek (*Rajczy 1953*).



3. ábra. Az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) és a vízügyi igazgatóságok Alapító jogszabálya (Mt 1060/1953. 1953)

Figure 3. Founding legislation of the General Directorate of Water (OVF) and the water directorates (Mt 1060/1953. 1953)

A Magyar Közlöny 1953. szeptember 30-án megjelent száma közölte a Magyar Népköztársaság Minisztertanácsának 1060/1953. (IX. 30) számú határozatát (3. ábra), mely rendelkezett az Országos Vízügyi Főigazgatóság létrehozásáról (I.), az OVF hatásköréről (II.), az OVF szervezetéről (III.), a vízügyi igazgatóságok szervezetéről (IV.), a vízügyi igazgatóságok hatásköréről (V.), illetve az egyes minisztériumok vízügyi feladatairól (VI.).

A határozatnak megfelelően (Mt. 1060/1953) a vízügyi területi feladatok, továbbá a vízügyi államigazgatási ügyben, az elsőfokú hatósági jogkör ellátása céljából (a másodfokú vízügyi hatósági jogkört az OVF látta el) az ország területén 11 vízügyi igazgatóságot hoztak létre (1955-ben alakult meg a 12-ikként a Bajai Vízügyi Igazgatóság). A vízügyi igazgatóságok felett a felügyeletet a vízügyi főigazgató gyakorolta és állapította meg a vízügyi igazgatóságok ügyvitelére vonatkozó részletes szabályokat. A vízügyi igazgatóságoknak el kellett látniuk az OVF hatáskörébe utalt tennivalókat. A jogszabály az igazgatóságok feladatait 10 pontban (a-j) foglalta össze.

A minisztertanácsi határozat rögzítette, hogy az igazgatóság vezetője a vízügyi igazgató, aki közvetlenül irányítja és ellenőrzi a vezetésére bízott igazgatóság működését; felelős az igazgatóság terveinek teljesítéséért, felelős a gondozására bízott létesítmények kifogástalan működéséért; az OVF által adott külön elhatárolás keretei között alkalmazza, besorolja, elbocsátja és a saját működési területén áthelyezi az igazgatóság dolgozóit; az OVF által kiadott külön elhatárolás keretei között gyakorolja a fegyelmi hatáskört az igazgatóság dolgozói fölött; más tevékenységéről az OVF által megállapított időszakonként jelentést tesz; első fokon határoz a vízügyi államigazgatási ügyekben és vezeti a vízikönyvet; eljár minden olyan ügyben, melyet jogszabály, vagy a vízügyi főigazgató a feladatkörébe utal.

Rajczy Kálmán (1916-2014), az OVF kinevezett főigazgatója 6/1953. számú utasításának melléklete rendelkezett a vízügyi igazgatóságok elnevezéséről, működési területéről és székhelyéről. Az ország észak-keleti részén, a Felső-Tisza-vidéken, 1953. október 1-én létrejött a „*Vízügyi Igazgatóság Nyíregyháza*” megnevezésű szervezet. Működési területe Szabolcs-Szatmár megyére terjedt ki, székhelye Nyíregyháza lett, kirendeltségének székhelye pedig Mátészalka. A Nyíregyházi Vízügyi Igazgatóság székhelye Nyíregyházán a Nyírvíz-palota II. emeletén lévő szobákban volt.

1953. október 7-től megbízott igazgatóként, majd 1954. február 1-től kinevezett igazgatóként a Nyíregyházi Vízügyi Igazgatóság vezetői tisztségét *Zboray Károly* (1905-1968) üzemvezető-főmérnök látta el (1959. május 14-ig). Az igazgatóság műszaki vezetőjének és egyben igazgatóhelyettes-főmérnökének *Bolgár Lászlót* (1892-1977) nevezte ki az OVF főigazgatója. 1954-ben *Bolgár Lászlót* Budapestre áthelyezték, így 1954. február 20-tól *Mokos Sándort* (1901-1964) bízták meg ideiglenesen a Műszaki Osztály vezetésével, majd 1954. június 1-i hatállyal nevezték ki műszaki osztályvezetőnek és egyben igazgatóhelyettes-főmérnöknek (3. fénykép).

Az igazgatóságnál kezdetben csupán egy csoportvezető főmérnöki státusz volt, amit *Kálnay András* (1889-1969) töltött be. Főmérnöki beosztásban dolgoztak: *Gavallér Endre* (1904-1963), *Jancsó Gyula* (1919-2010), *Barucha József* (1903-1972), *Paulay Béla* (1929-?), továbbá a Mátészalkai Kirendeltség vezetője, *Dabolcsi János* (1903-1985) és helyettese *Czibur Géza* (1891-1960). A főkönyvelőség vezetői teendőit az alakulástól *Serly Ferenc* (1922-?) osztályvezető látta el.



3. fénykép. A Nyíregyházi Vízügyi Igazgatóság közvetlen jogelődjének és az igazgatóságnak a vezetői: Vésztői István, a Nyíregyházi Árvízvédelmi és Folyamszabályozási Hivatal vezetője (1951-1953), Mészáros József, a Nyíregyházi Kultúrtechnológiai és Belvízrendező Hivatal vezetője (1951-1953), valamint Zboray Károly igazgató (1953-1959) és Mocos Sándor igazgató-helyettes-főmérnök (1954-1962) a Nyíregyházi Igazgatóság vezetői (FTV Vízügyi Tört. Gyűjt.)

Photo 3. The direct legal predecessors of the Nyíregyháza Water Directorate board and the heads of the board: István Vésztői, head of the Nyíregyháza Flood Protection and Flow Control Office (1951-1953), József Mészáros, head of the Nyíregyháza Cultural Engineering and Inland Water Management Office (1951-1953), and Károly Zboray director (1953-1959) and Sándor Mocos, deputy director and chief engineer (1954-1962), heads of the Nyíregyháza Water Directorate (Upper Tisza Water History Collection)

Tekintettel a kellő számú jól képzett szakemberek hiányára, az alkalmazottak továbbképzésére az OVF és az igazgatóság a megalakulásától kezdve nagy hangsúlyt fektetett. Így már 1953. év végén és 1954. elején technikusok és örök tanfolyamra való beíratására került sor. Az igazgatóság a 104/4/1953. számú, 1953. október 24-én kelt iratában a levelező vízmester tanfolyamra 24 fő dolgozót terjesztett fel az OVF vezetőjének.

Az OVF főigazgatója, *Rajczy Kálmán* 144/1/1953. számú, 1953. október 26-án kelt levelében értesítette az igazgatóságot, hogy a Műegyetemen folyammérnöki továbbképző tanfolyamon való részvételre kijelölte *Lengyel István*, *Jancsó Gyula*, *Paulay Béla* mérnököket és *Keresztesy István* (1905-1973) vezető technikust. Nevezettek havonta egyszer a Műegyetemen tartott előadáson, továbbá a konzultációkon és a záró értekezleten voltak kötelesek részt venni. Az első előadásokat 1953. október 28-án *Fazekas (Fuchs) Károly* (1897-1966) és *Lászlóffy (Böhm) Woldemár* (1903-1984) tartották.

1953. december 19-én, Dombrádon kelt *Csűrös Sándor* (1911-2004) gátfelügyelő jelentése szerint az 1953. november 15.-december 15. időszakban Tiszabercelen és Dombrádon az őri személyzet számára tartott szakoktatást. Hasonló jelentést küldött az igazgatóságra, 1954. január 4-én *Czibur Géza* mátészalkai kirendeltségvezető-helyettes a Tiszakóródón és Fehérgyarmaton megtartott és eredményesen lezárt gátortanfolyamról.

Az igazgatóság megalakulását követő hónapból (1953. november 28.) származik az *Előzmények a „Szabályozási munkálatok a Tiszán, Tiszabecs és Záhony között, valamint a Szamoson és a Túron a torkolati és országhatár között című feladattervezéshez”* tárgyú levél. A szabályozást az tette szükségessé, hogy a víz és jég levonulási, a hajózási és általános szabályozási szempontoknak megfelelően kialakult kanyarulatokat megkössék. A Tiszalöki duzzasztómű hatását kihasználva tervezték meghosszabbítani a hajózási utat Vásárosnaményig.

Az 1954. januárban kelt 682/2-1/1954. sz. a „*Szabályozási munkálatok a Tisza Záhony-Tokaj közötti szakaszán*” című beruházási feladatterv az 1954-1956. évekre vonatkozó ütemezést tartalmazza. A beruházás költségét 3 696 000 Ft-ra, munkaerő szükségletét 32 600 munkanapra tervezték. A dokumentumot aláírták: *Lengyel István* főmérnök, *Mocos Sándor* csoportvezető-főmérnök, *Bolgár László* műszaki osztályvezető-főmérnök, *Zboray Károly* igazgató-főmérnök.

Az 1954. február 23-án és 1954. szeptember 27-én kelt iratok arról tanúskodnak, hogy ekkor már az igazgatóságnál egy titkár által vezetett Szakszervezeti Bizottság, illetve párttitkár által vezetett MDP szervezet tevékenykedett.

A szervezet működésének szabályozása szempontjából fontos volt az 1954-ben kiadott *Igazgatósági (vállalati) munkarend*, mely 4 oldalon, 11 fejezetben és 40 pontban foglalta össze a dolgozók jogait és kötelességeit. Fejezet-címek: I. Általános rendelkezés (1, 2.a, 2b.); II. A munkaviszony keletkezése és megszűnése (3-12.); III. A munkaidő (13-17); IV. A munkateljesítés (18-22); V. A munkabér (23-24); VI. A szabadság (25-29); VII. Munkából való távollét (30-31); VIII. Előleg és segély (32-35); IX. Kérelmek, panaszok (36); X. Munkaügyi viták elintézése (37-38); XI. Fegyelmi jog (39-40).

A munkarend 4. pontja rögzíti, hogy a munkaviszony keletkezésekor a munkaszerződést az igazgató, illetőleg megbízottja köti meg a dolgozóval. A 10. pont szerint a dolgozó munkaviszonyát az igazgatóság csak felmondással vagy fegyelmi határozat alapján szüntetheti meg (11. pont), és a felmondás okát félreérthetetlen módon meg kell jelölje. A 13. pontnak megfelelően a munkaidő általában 8 óra. Az öntözési, valamint építési munkáknál foglalkoztatott fizikai dolgozók munkaideje március 1-től október 31-ig heti 60 óra, november 1-től február utolsó napjáig heti 48 óra. A 23. pont szerint a bérelszámolás havonta történik. A havonta esedékes bére az Igazgatóság hónap közben előleget folyósít. 26. pont: a dolgozók évi rendes (alap és pót) szabadságukat tervek alapján veszik igénybe. A szabad-

ságot általában egyszerre, legfeljebb azonban két részletben kell kiadni (27. pont). Az igazolatlan távolmaradás fegyelmi vétséget képez (31. pont). A 38. pont szabályozza a munkaviszony fennállása alatti munkaügyi vitákat, melyekkel az igazgatósági Egyeztető Bizottsághoz kell fordulni.

Az 1954. júliusi nagy dunai árvizet követően – melynek védekezési munkáiban nyíregyházi vízgyesek is részt vettek – lépések történtek az árvízvédelmi tevékenység javítására. Ekkor alapozták meg az árvíz- és belvízvédekezési szervezeti rendszert. 1955-ben az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) kiadta az új Országos Árvíz- és Belvízvédekezési Szabályzatot (OABSZ) és a védekezés államigazgatási feladatainak ellátásáról szóló utasítást (Bényei 1974).

1954 júliusában három frissen végzett fiatal mérnök került az igazgatósághoz, Szeifert Gyula (1931-2023) későbbi igazgató, Szigetvári György és Pusztai Pál, akiket a Nyírvíz-palotában lévő központban Mokos Sándor igazgatóhelyettes-főmérnök fogadott, mivel Zboray Károly igazgató éppen a Szovjetunióban tartózkodott hivatalos kiküldetésben (Szeifert 2017).

Az 1955. július 1-én kelt 11-1/6-1/1955. számú, „Az igazgatóság szervezeti szabályzatának és személyzeti beosztásának közzététele” tárgyú igazgatói körlevél összefoglalta az igazgatóság első Szervezeti és Működési Szabályzatát, a dolgozók név szerinti beosztását tartalmazó kimutatást. Zboray Károly igazgató azzal a céllal küldte meg ezt az iratot a vezető munkatársaknak, hogy azt áttanulmányozás után ismertessék valamennyi beosztott munkatársal. Új eleme volt a szervezeti felépítésnek a szakaszmérnökségek, mint operatív egységek kialakítása. A Szervezeti és Működési Szabályzat tartalmazta a működési terület leírását és az igazgatóság feladatait (I. fejezet), a szervezeti felépítést (II. fejezet):

I. Működési terület és feladatok. Az igazgatóság az 1060/1953. (IX.30.) Mt.határozat alapján 1953. október 1-én alakult meg. Feladatait és működési területét a minisztertanácsi határozat V. fejezet 8. pontja alapján a 6/1953. számú főigazgatói utasítás állapította meg. Feladatai:

1.) Árvízvédelmi feladatokat az igazgatóság az országos Árvíz- és belvízvédelmi Szabályzatban (682/35/1955. OVF.) megállapított mértékben és módon, 9 árvízvédelmi vonalon (537,30 km-en) lát el.

2.) Belvízrendezési feladatok (2 540 km² belvíz-ártér, 3 372 km belvízesatorna, 37,29 m³/s szivattyúkapacitás fenntartása és üzemeltetése).

3.) Kultúrmérnöki feladatok – Az igazgatóság el látja Szabolcs-Szatmár megye területén a vízügyi államigazgatási ügyekben az elsőfokú hatósági teendőket. Feladatát képezi továbbá a természetes vízfolyások jó karba helyezése, rendezése és fenntartása – a vízjogi törvényben, illetve a 682/15-4/1955. (IV.20.) számú főigazgatói utasításban foglaltak szerint.

4.) Folyamszabályozási feladatok (344 km)

5.) Öntözési feladatok

6.) Egyéb vízügyi feladatok. Az 1060/1953. (IX.30.) sz. Mt. határozat alapján az igazgatóság első fokon el látja az Országos Vízügyi Főigazgatóság hatáskörébe

utalt tennivalókat, ennek megfelelően – a már előre részletezett feladatokon túlmenően: a.) közreműködik a vízgazdálkodással kapcsolatos tudományos kutatásban; b.) feltárja és elosztja a vízkészleteket; c.) elkészíti a vízgazdálkodás terveit (távlati-, keret-, és éves terveket); d.) műszakilag irányítja és ellenőrzi a mesterséges víziutak és víztárolók tervezési és építési munkáit; e.) közreműködik az országos jelentőségű vízügyi létesítmények (vízlépcsők, vízierőművek stb.) megtervezésében, valamint a vízbeszerzés és vízlevezetés általános műszaki megoldásának kidolgozásában; f.) megtervezi és kivitelez az országos energiahálózatra nem dolgozó kis- és törpe vízerőműveket; g.) üzemelteti a más szerveknek át nem adott vízilétesítményeket.

Az országhatárok által érintett vízrendszerek helyzeténél fogva az igazgatóság közreműködik a szovjet-magyar, csehszlovák-magyar és román-magyar nemzetközi vízügyek intézésében.

II. Szervezeti felépítés - „... a decentralizálás felé az első lépés abban nyilvánul, hogy a területi építésvezetőségekből a területre kihelyezett szakaszmérnökségeket alakítottunk.” Az igazgatóság működési területén létesített hat szakaszmérnökség elnevezése és székhelye:

1. Tiszaszamosközi Szakaszmérnökség, Fehérgyarmat, Kiss Ernő u. 13.

2. Ecsediláp és Keletnyíri Szakaszmérnökség, Mátyásfalva, József Attila u. 38.

3. Beregi Szakaszmérnökség, Vásárosnamény, Rákóczi u. 38.

4. Szabolcsi Felső Szakaszmérnökség, Nyíregyháza, Széchenyi u. 1.

5. Szabolcsi Alsó Szakaszmérnökség, Nyíregyháza, Széchenyi u. 1.

6. Nyíri Szakaszmérnökség, Nyíregyháza, Széchenyi u. 1.

Az igazgatóságot vezető igazgató jogaira és kötelezettségeire a 13/128/1954. (XI.30.) számú OVF utasítás rendelkezései voltak irányadóak. Helyettese a műszaki osztály vezetője volt, aki az igazgató távolléte vagy akadályoztatása esetén igazgatói jogkörrel helyettesítette. A műszaki osztály vezetője felelős volt az igazgatóság minden műszaki feladatának szakszerű ellátásáért. A szakaszmérnökségek szervezetileg a műszaki osztályhoz tartoztak, munkájuk irányítását és felettük a közvetlen felügyeletet a műszaki osztály vezetője gyakorolta.

IRODALOMJEGYZÉK

Beregvármegyei Vízsabályozó és Ármentesítő Társulat (1948). A Beregvármegyei Vízsabályozó és Ármentesítő Társulat 1948. február hó 11-i Társulati átadás-átvételi jegyzőkönyve. (Kézirat)

Bényei Z. (1974). A Vízügyi Szolgálat Fejlődése (1945-1973). Vízügyi Műszaki Gazdasági Tájékoztató 61. sz. VÍZDOK. p. 135.

Dóka Klára (1978). Az Országos Vízügyi Levéltár iratainak alapelejtára. VÍZDOK Budapest.

Fejér L. szerk. (2010). A víztársulatok 200 éve. Vízgazdálkodási Társulatok Országos Szövetsége. Budapest, p. 248.

FTV Tört. Gyűjt. (Felső-Tisza-vidéki Vízügyi Történelmi Gyűjtemény) (2016). Dokumentumok, tervek. Felső-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság Nyíregyháza Móricz Zsigmond utca 48. sz. alatti telephely.

Forrásy J. (1948). A Keleti Nyírvíz Leccapoló Társulat rövid története az államosításáig. (Gépelte kézirat, 1948. február 3.). Felső-Tisza-vidéki Vízügyi Történelmi Gyűjtemény. p. 1.

Gyarmathy Zs. (1981). A közigazgatás megindulásának történetéhez Szatmár megyében (1944-1945. évi főispáni iratok). Szabolcs-Szatmár megyei helytörténetírás, Nyíregyháza, Szabolcs-Szatmár M. Tcs., pp. 221-240. <http://www.szabarchiv.hu/drupal/sites/default/files/223-242.pdf>

Jancsó Gy. (2000). A vízügyi szolgálat és nemzetközi kapcsolatai a Felső-Tisza-vidéken. Kézirat. p. 62.

Kertai Ede (1945). A magyar vízügyi szolgálatot ért háborús veszteségek. Vízügyi Közlemények. 27. évf. 1-4. szám.

Konecsny K. (2021a). A Felső-tiszai vízügyi szervezetek kialakulása és működési struktúrája 1953-ig. In: *A Felső-Tisza-vidék vízügyi múltja*. FETIVIZIG Nyíregyháza. (Kézirat) p. 419.

Konecsny K. (2021b). A Szatmári Folyammérnöki Hivatal tevékenysége és szerepe a Felső-Tisza-vidék vízviszonyainak átalakításában (1871-1920). Történelmi Földrajzi Közlemények 9. évf. 3. szám. pp. 197-232.

Konecsny K. (2021c). Állami vízügyi szervezetek Zemplénben 1871-1920 között. Történelmi Földrajzi Közlemények 9. évf. 4. szám. pp. 99-127.

Lászlóffy W. (1982). A Tisza. Vízi munkálatok és vízgazdálkodás a Tisza vízrendszerében. Akadémiai Kiadó, Budapest. p. 610.

Magyarország tiszti cím- és névtára 47. évf. 1940, 48. évf. 1941, 49. évf. 1942, 50. évf. 1943, 51. évf. 1944 évek. Szerk. és kiadja a M. Kir. Központi Statisztikai Hivatal. Budapest.

Molnár E. (1945). A debreceni kultúrmérnöki hivatal szerepe a debreceni kormány mellett. Vízügyi Közlemények. 27. évf. 1-4. sz.

Mt 1.060/1953. (1953). Minisztertanács 1.060/1953. (IX. 30.) számú határozata. Magyar Közlöny 1953. szept. 30., 49.szám.

Rajczy K. (1953). Kézirat gyanánt. Vízügyi Értesítő. Az Országos Vízügyi Főigazgatóság Hivatalos lapja. 1953. nov. 26., I. évf., 1. sz.

Szeifert Gy. (2017). Szeifert Gyula korábbi vízügyi igazgató szóbeli közlése.

Vázsonyi Á. (szerk.) (1959). Nyíregyházi Vízügyi Igazgatóság Vizgazdálkodási Adatgyűjteménye. I-V. kötetek. (Kézirat) VITUKI-Nyíregyházi VIZIG. Nyíregyháza-Budapest.

Vázsonyi Á. (1967). Mérnöki pályafutásom. Kézirat, mely Lengyel István kérésére a nyíregyházi Múzeumban való elhelyezésre 1967. május 30-án készült. p. 10.

https://hu.wikipedia.org/wiki/Magyar_Dolgoz%C3%B3k_P%C3%A1rtja

<https://hu.wikipedia.org/wiki/1953>

A SZERZŐ



KONECSNY KÁROLY 1979-ben a Kolozsvári „Babeş-Bolyai” Tudományegyetemen földrajz szakon diplomázik, majd hidrológus posztgraduális képzésen vesz részt. 1997-ben védi meg területi vízháztartási témájú doktori értekezését és szerez PhD fokozatot. Közben 1979-től 2005-ig vízügyi igazgatóságoknál vezető hidrológusként dolgozik, 2005-től nyugdíjazásáig a VITUKI tudományos osztályvezetője, az Országos Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Hatóság vízgazdálkodási vezető főtanácsosa, az Országos Vízügyi Hatóság osztályvezetője és igazgatóhelyettese, tervezőcég hidrológiai szakértője. Mintegy 140 szakmai közleménye jelent meg. Akadémiai köztestületi tag. Az MHT több választott tisztségét is betöltötte. MHT kitüntetései: Pro Aqua díj (2005), dr. Schafarzik Ferenc emlékérem (2016), Vitális Sándor szakirodalmi nívódíj (2002; 2018), Bogdánfy Ödön emlékérem (2022). 2016-2021 között a Hidrológiai Közöny szakszerkesztője, 2022-től a lap főszerkesztő-helyettese.

Történelmi pillanatkép



A Hidrológiai Közlöny Fórum rovatában fontos szakmai információkkal szolgáló tanulmányokat, beszámolókat közlünk.

A Magyar Hidrológiai Társaság elnökei

Fejér László*, Major Veronika**

* az MHT Vízügyi Történelmi Bizottságának elnöke (e-mail: fejerla@gmail.com)

**a Hidrológiai Közlöny főszerkesztője (e-mail: hk@hidrologia.hu)

Kivonat

A Magyar Hidrológiai Társaság (MHT) a Magyarhoni Földtani Társulat (MFT) 1917-ben alakult Hidrológiai Szakosztályának, valamint az egykori Magyar Mérnök és Építész Egylet 1866-ban létesített Vízépítési Szakosztályának tagjaiból vált önálló egyesületté 1949-ben. Az MHT születési évének 1917-et tekintjük. A 2023-ban 105 éves Magyar Hidrológiai Társaság – túlélve a XX. századi magyar történelem viharait – napjainkban is azon munkálkodik, hogy előmozdítsa és lehetővé tegye a korszerű ismeretek és tapasztalatok cseréjét a víztudományok és a technika területén dolgozó szakemberek között. A 2023-ban történt elnökváltás kapcsán bemutatjuk a szakma kiválóságait képviselő eddigi elnököket és közreadjuk az új társelnökök terveit.

Kulcsszavak

Magyarhoni Földtani Társulat, Magyar Hidrológiai Társaság, MHT, elnök, társelnökök.

Presidents of the Hungarian Hydrological Society

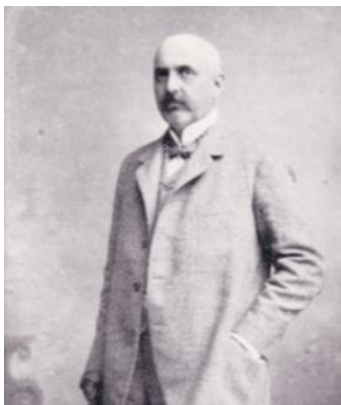
Abstract

The Hungarian Hydrological Society (MHT) became an independent association in 1949 from the members of the Hydrological Department of the Hungarian Geological Society (MFT) founded in 1917 and the Water Engineering Department of the former Hungarian Engineers and Architects Association established in 1866. We consider 1917 as the year of birth of the MHT. The Hungarian Hydrological Society, which will be 105 years old in 2023, is still working today to promote and enable the exchange of modern knowledge and experience between professionals working in the field of water sciences and technology, despite the storms of Hungarian history in the twentieth century. In connection with the presidential election in 2023, we present the previous presidents representing the excellence of the profession and publish the plans of the new co-presidents.

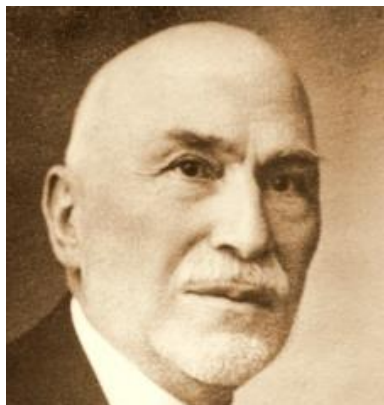
Keywords

Hungarian Geological Society, Hungarian Hydrological Society, MHT, president, co-presidents.

A MAGYARHONI FÖLDTANI TÁRSULAT HIDROLÓGIAI SZAKOSZTÁLYA – 1917. február 7.



Kovács Sebestény Aladár 1917-1918.



Bogdánfy Ödön 1919-1920.



Schafarzik Ferenc 1920-1927.

A hadigeológiával és hidrológiával is foglalkozó tábornok, Budapest korábbi városparancsnoka, Marenzi Ferenc Károly őrgyőr 1916 novemberében Eötvös Loránd báróval közösen a Magyarhoni Földtani Társulat (MFT) választmányához fordult egy hidrológiai társaság megalakításának javaslatával. A háborús években egy önálló társaság létrehozásának nem voltak kedvezőek a feltételek, de 1917. február 7-én az MFT közgyűlése kimondta az MFT

szervezetén belül működő Hidrológiai Szakosztály megalakítását. Az ügyrend jóváhagyása után június 16-án megválasztották a szakosztály első elnökének **Kovács Sebestény Aladár professzort**. A műegyetemi tanszékvezető tanár egészségi állapotának gyengülésével 1918 végén lemondott elnöki megbízatásáról. A Szakosztály elnöke 1919-ben **Bogdánfy Ödön** lett. Szomorú fordulata a Társaság történetének, hogy a korszak legkiválóbb

hidrológus-mérnökét a Tanácsköztársaság bukását követően – több társával együtt – eltávolították a Magyarhoni Földtani Társulattól. **Schafarzik Ferenc** egyetemi tanár a Magyarhoni Földtani Társulat Hidrológiai Szakosztályának elnöki tisztségét 1920-1927 között töltötte be.

Schafarzik professzor korábban az MFT elnöki tisztségét is ellátta, s amikor Marenzi és Eötvös az MFT-hez fordult a hidrológiai egyesület megalakításának ötletével, akkor Schafarzik azt ajánlotta nekik, hogy inkább a Magyar Földrajzi Társaságot keressék meg elképzelésükkel.



Farkass Kálmán 1927-1929.



Weszelszky Gyula 1929-1939.



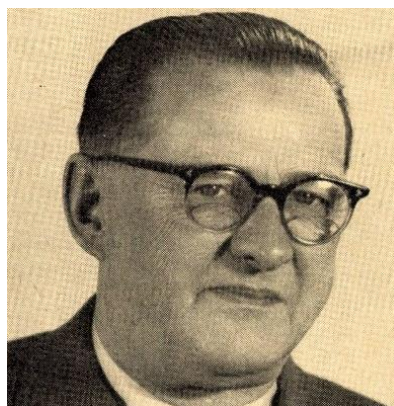
Horusitzky Henrik 1940-1941.

Az elnöki tisztséget – Schafarzik halála (1927) után – 1929-ig **Farkass Kálmán** gépészmérnök, ny. helyettes államtitkár látta el. Az ő múlhatatlan érdeme, hogy – a szükséges költségeket előteremtve, és a kimaradt évfolyamokat utólagosan visszadátumozva – sikerült megjelentetni a Hidrológiai Közlönyt! Őt követte **Weszelszky Gyula** (1929-1939) gyógyszerész, a Tudományegyetem Radiológiai Intézetének igazgatója, majd **Horusitzky Henrik** (1940-1941)

agroteológus, a MÁFI igazgatója. **Horusitzky** nevéhez fűződik az a történet, hogy a szakosztály nehéz gazdasági helyzete miatt lakásukon felkereste azokat a tagokat, akiknek tagdíjtartozása volt, s igyekezett a helyszínen beszédni a pénzt. A Hidrológiai Közlöny tanúsága szerint a harmincas években a szakosztály gyakorlatilag már minden vízügyi témával foglalkozott. Közülük egyre nagyobb súlyt kapott az ivóvíz-, sőt az ipari vízellátás is.



Vendl Aladár 1941-1944.



Vitális Sándor 1944-1949.

Vendl Aladár akadémikus 1941-től 1944-ig töltötte be a Magyarhoni Földtani Társulat Hidrológiai Szakosztályának elnöki tisztségét, ám 1943-ban a Magyar Tudományos

Akadémia másodelnökévé választották. Távozása után **Vitális Sándor** (1944-1949) átvéve az elnöki tisztséget, a Magyar Hidrológiai Társaság megalakításáig (1949) viselte azt.

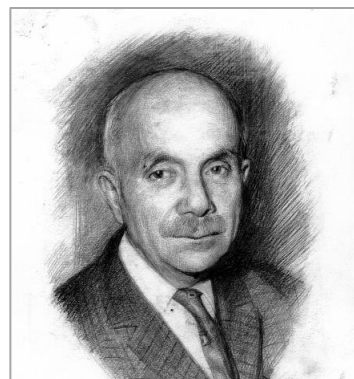
A MAGYAR HIDROLÓGIAI TÁRSASÁG (MHT) 1949. január 26-tól



Vitális Sándor 1949-1950.



Mosonyi Emil 1950-1956.



Papp Ferenc 1956-1961.

A második világháború után a szakosztály sorait is újjá kellett szervezni. A szakosztálynak 1948 végén összesen 400 tagja volt – míg az anyaegyesületnek csak 230 –, így indokolttá vált a szakosztályból egy önálló egyesület megalakítása. A Hidrológiai Szakosztály az 1949. január 26-án tartott közgyűlésén elhatározta az önálló egyesület, a Magyar Hidrológiai Társaság (MHT) megalakítását. Az MHT

Vitális Sándor elnökletével most már mint önálló egyesület – csatlakozott a Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetségéhez (MTESZ). Vitális Sándor koholt vádak alapján történt eltávolítása után **Mosonyi Emil** professzor lett a Társaság elnöke 1950-ben, akit **Papp Ferenc** geológus, hidrológus professzor, a Hidrológiai Közöny szerkesztője követett 1956-ban.



Vitális Sándor 1961-1976.



Illés György 1976-1985.



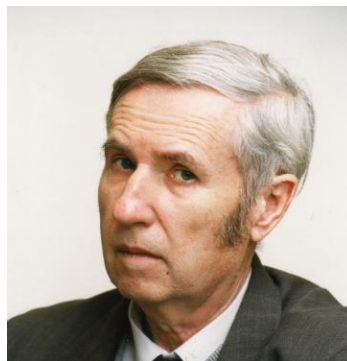
Bencsik Béla 1985-1990.

Vitális Sándor professzort – rehabilitálása után – 1961-ben másodsor, majd harmadsor is megválasztották az MHT élére. Másfél évtizedes vezetése alatt megélnkülttek a nemzetközi tudományos kapcsolatok, szakmai kérdésekben a Társaság megkerülhetetlenné vált a politikai vezetés számára is. **Illés György**, az OVH elnökhelyettese 1976-

ban került a Társaság élére. Közel egy évtizedes elnöksége alatt – az ország gazdasági elgyengülésével párhuzamosan – az MHT szakmai lehetőségei is beszűkültek, egyre inkább rászorult az állami vízügyi szolgálat segítségére. **Bencsik Béla**, az Országos Vízügyi Hivatal nyugalmazott árvizes főosztályvezetője 1985-ben lett Illés György utóda.



Juhász József 1990-1996.



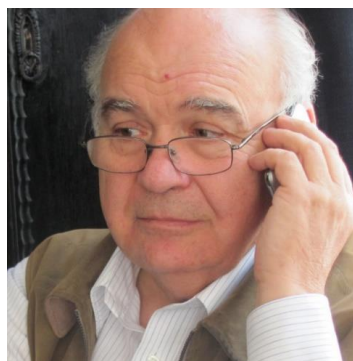
Starosolszky Ödön 1996-2003.



Ijjas István 2003-2011.

A rendszerváltás időszakában – az állami vízügyi szolgálatot ért bős-nagymarosi politikai támadások miatt is – az MHT szakmapolitikai befolyása gyengült. **Juhász József** professzor nehéz körülmények között vette át 1990-ben a Társaság vezetését. Működésének hat éve alatt az MHT – leválva a MTESZ köldökzsinórjáról – nemcsak, hogy túlélte a válságot, hanem meg is erősítette helyzetét. Továbbra is ki tudta adni szakmai folyóiratait és taglétszáma sem csökkent.

Starosolszky Ödönt, a VITUKI nyugalmazott főigazgatóját 1996-ban választották meg az MHT elnökének. Működésének hét éve alatt a Társaság megtartotta elért eredményeit, szélesítette kapcsolatait, s továbbra is életben tartotta folyóiratait. **Ijjas István** műegyetemi professzor 2003-ban lett az MHT elnöke. Működésének nyolc éve alatt fokozottan nyitott a felsőszintű oktatás felé, miközben a Társaság megtartotta jó kapcsolatait az állami vízügyi szolgálattal.



Szlávik Lajos 2011-2023.

Szlávik Lajos professzor, aki 1970 óta tagja az MHT-nek 2011-ben lépett Ijjas István örökébe. Két ciklusban 1996-2003 között az MHT alelnöke, 2003-2007 között a Társaság Elnökségének választott tagja, 2007-2011 között a főtitkára volt. 2011-2023 között, három cikluson keresztül töltötte be a Társaság elnöki pozícióját. Ebben az

időszakban a Társaság szakmai tevékenysége jelentősen kibővült, a vízgazdálkodáshoz kötődő szakmai szervezetek között a Magyar Hidrológiai Társaság elismerten vezető szerepet tölt be. Elnöksége alatt fontos feladatnak tekintette a hagyományok ápolását, ugyanakkor nyitott volt az újdonságok, a megújulás irányába.



Váradi József 2023-



Somlyódy Balázs 2023-

2023. május 23-án, a Társaság tisztújító közgyűlésén Szlávik Lajos, az MHT leköszönő elnöke **Váradi József** és **Somlyódy Balázs** társelnököknek adta át a Társaság vezetését. Bak Sándor, Bíró Tibor, Kugler Gyula és Laurinyecz Pál alelnökként segíti a szervezet további munkáját. **Váradi József** okleveles építőmérnök, egyetemi doktor, az Országos Vízügyi Főigazgatóság Vízügyi Tudományos Tanácsának elnökének az új tisztséget megköszönő beszédében így fogalmazott:

„Vízválasztó fordulópont, hogy társelnökök vezetik tovább a Társaságot. A következő négy év legfontosabb feladatai között szerepel, hogy a Társaság szakmai és társadalmi jelenlétének súlyát növeljük!”

Somlyódy Balázs okleveles környezetmérnök, az OVF volt főigazgatója 2023. június 21-én, az Elnökség alakuló

ülésén a közös programalkotásra, együtt gondolkodásra kérte az Elnökség tagjait. A társaság jövőjét a fiatalalításban és a tagságnak nyújtott szolgáltatások bővítésében látja. Víziója szerint az MHT-nek egy minden korosztály számára hasznos, aktív, kezdeményező és hiteles szakmai műhelyé kell válnia.

Az új társelnököknek és az Elnökségnek sikeres munkát kívánunk!

IRODALOMJEGYZÉK

Vitális Gy. (1992) A 75 éves Magyar Hidrológiai Társaság múltja és jelene 1917-1992. MHT Budapest. p. 284.

Fejér L. (2017) Visszatekintés a Magyar Hidrológiai Társaság 100 éves történetére. /előadás ppt, kézirat/ MHT Veszprém Megyei Területi Szervezet Bakonykarszt Zrt.

A SZERZŐK



FEJÉR LÁSZLÓ okleveles mérnök, technikatörténész, címzetes egyetemi docens, az MHT tiszteleti tagja. 1974-től 1990-ig a Magyar Vízügyi Múzeum gyűjteménykezelő (VIZDOK) muzeológusa, majd vezetője. 1990-1993 között az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) főosztályvezető-helyettese, 1993-tól a Vízügyi Múzeum, Levéltár és Könyvgyűjtemény (VMLK) alapító igazgatója. 2010-től nyugdíjas. Kutatási területei: a vízgazdálkodási társulatok története, vízgazdálkodási politika, a vízügy és a társadalom kapcsolata a történelemben, kiemelkedő vízügyi személyiségek életrajza stb. Tagja az OVF Vízügyi Tudományos Tanácsának. 1990-től az MHT Vízügyi Történeti Bizottságának elnöke, 2002-től a Magyar Mérnöki Kamara Történeti Bizottságának elnöke. Szerkesztőbizottsági tagja a Hidrológiai Közlönynek, valamint szerkesztője a Vízügyi Történeti Füzetek című kiadványsorozatnak.



MAJOR VERONIKA okleveles vegyipari gépészmérnök (Budapesti Műszaki Egyetem), jogi szakokleveles mérnök (Eötvös Loránd Tudományegyetem), egyetemi doktor. A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség alelnöke, a Műszaki Igazságügyi Szakértői Testület tagja, a Magyar Hidrológiai Társaság Hidrológiai Közlönyének főszerkesztője. Benedek Pál-díjas és a Kvassay Jenő emlékérem tulajdonosa.

Események



Alábbiakban a **MAGYAR HIDROLÓGIAI TÁRSASÁG XL. Országos Vándorgyűléséről** számolunk be, melyet Győrött tartottak.



Magyar Hidrológiai Társaság XL. Országos Vándorgyűlés Győr 2023. július 5-7.



1. fotó. Az MHT XL. Országos Vándorgyűlésének ünnepi megnyitója (Fotó: Horváth Á.)
Photo 1. The opening ceremony of XL. Annual National Conference of Hungarian Hydrological Society
(Photo by Á. Horváth)

A Magyar Hidrológiai Társaság (MHT) XL. Országos Vándorgyűlésének a vizek városa, Győr adott helyet. A szakma minden területéről 369 résztvevő érkezett a győri Széchenyi István Egyetemre. Az esemény kiemelt támogatója az Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság és az MHT Győri Területi Szervezete volt.

Az eseményindító plenáris ülésen **dr. Váradi József**, a Társaság társelnökének megnyitóját követően **prof. dr. Friedler Ferenc**, a Széchenyi István Egyetem tudományos elnökhelyettese és rektora, **Németh Zoltán**, a Győr-Moson-Sopron Vármegyei Önkormányzat elnöke, **V. Németh Zsolt**, az Energiaügyi Minisztérium víziközmű-ágazatért felelős államtitkára, **Kling Zoltán**, a Belügyminisztérium Közfoglalkoztatási és Vízügyi Helyettes Államtitkárságának főosztályvezetője és **Bartal György**, a Győr-Moson-Sopron Vármegyei Mérnöki Kamara elnöke üdvözölte a Vándorgyűlés résztvevőit. Majd **Láng István**, az Országos Vízügyi Főigazgatóság főigazgatója ismertette előadásában a vízgazdálkodás időszerű feladatait, végül **Németh József**, az Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság igazgatója, egyben az MHT Győri Területi Szervezetének elnöke mutatta be az Észak-Dunántúli vízgazdálkodási jellemzőit.

A hagyományoknak megfelelően a plenáris ülésen került sor a kítüntetések átadására. **Somlyódy Balázs** és **dr. Váradi József** társelnökök átadták az Elnökség által adományozott **tiszteletbeli elnöki címet dr. Szlávik Lajosnak**, aki több, mint negyedszázada vesz részt a

Társaság vezetésében munkájában és 2011-2023. között 3 cikluson át elnöke volt az MHT-nak.



2. fotó. Dr. Szlávik Lajos tiszteletbeli elnököt köszöntik az új társelnökök, dr. Váradi József és Somlyódy Balázs (Fotó: Horváth Á.)
Photo 2. Lajos Szlávik, the honorary president is greeted by the new co-presidents, József Váradi and Balázs Somlyódy (Photo by Á. Horváth)

Az **MHT 2023. évi Nívódíj pályázatára** összesen 7 pályamunka érkezett be. A 2023. évben a Társaság Elnökségének döntése értelmében – a keretszámot 2-vel túllépve – 4 pályázat részesült az MHT Nívódíjában, melyek a következők:

- Bezsényi Anikó és Makó Magdolna „Mit tehetünk, ha nincs pénzünk negyedik tisztítási fokozat kialakítására?” című pályázata,
- Bozzay Ferenc, Baranyai Olga és Hercsel Róbert „Döntéstámogató térinformatikai terepi alkalmazások (webes applikáció) a Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóságon” című pályázata,
- az Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság „Mosoni-Duna torkolati szakaszának vízszint rehabilitációja” című pályázata,
- valamint a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság „Vízgazdálkodási Évkönyv” című könyvsorozata.

A pályázaton díjazásban nem részesülő további 3 pályamunkát a Társaság Elnöksége emléklappal ismerte el, melyek az alábbiak:

- Kriska György „Édesvízi gerinctelenek Közép-Európában” című könyve,
- a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság „Jó gyakorlat kézikönyv” című műve,
- illetve Tóth Árpád Zoltán „Az öntözés praktika” című munkája.

A díjakat **dr. Váradi József** és **Somlyódy Balázs** társelnökök adták át. Egyben azon kitüntetett vállalatoknak a Patrona Aquae támogatói díjat, illetve egyéni tagoknak a társasági kitüntetések is átnyújtották, akik azt az MHT májusi közgyűlésen nem tudták átvenni.

A kiállítással kibővített vándorgyűlésen 6 témakörben rendeztek szekcióüléseket, ahol együttesen mintegy 100 előadás hangzott el.

Vízkárelhárítás szekció

Az elhangzott előadások legnagyobb számban árvízvédelmi kérdésekkel foglalkoztak, valamint a folyók kisvízi és mederváltozási témáival. Volt néhány kérdéskör az előzetes felhívásban szereplő kiemelt témák között, amelyek sajnos alul voltak reprezentálva, pedig aktuálisak lettek volna. Ilyen volt például az árvíz kockázat-kezelés, a differenciált árvízvédelem, vagy a belvízvédelem és a vízminőségi kárelhárítás kérdésköre. Voltak témák – a belvízvédelem-vízrendezés kérdéskör mellett például a Balaton vízkészletének és vízminőségének kérdése – amik eleve több szekció témájába is belefértek.

Általánosságban elmondható, hogy az egyes szekciók között voltak átfedések, így a Vízkárelhárítás szekción belül megjelentek vízügytörténeti és vízminőségi kárelhárítási témában előadások. Ez utóbbiak emelkedő trendje korrelációt mutat a folyamatosan emelkedő vízkáreseményekkel, ugyanis egyre nagyobb számmal nézünk szembe vízminőségi káreseményekkel is. Több esetben voltak terítéken folyómorfológia, folyószabályozás, folyógazdálkodást érintő témák is. A szekción belül igényként merült fel, hogy fontos lenne nagyobb teret adni a szakmai vitának a természetharmonikus és a hagyományos műszaki megoldási javaslatokat bemutató szakmai előadások között, így elősegítve a konszenzus kialakítását és később a jó gyakorlatok (best practice) alkalmazását.

Vízkészlet-gazdálkodás szekció

A 2/a Vízkészlet-gazdálkodás szekció keretében 9 felszín alatti vizes előadás hangzott el. Az előadások jelentős része problémafeltáró jellegű volt (vízfelhasználási konfliktusok, régi vízszennyezések, rossz állapotú karsztvízfigyelő kutak), míg a másik része monitoring rendszerek segítségével nyert adatok értékelésével, illetve a víztelenítési rendszer bemutatásával foglalkozott. A szekció maximális látogatottsága 40 fő volt, de a létszám sosem csökkent 25 fő alá.

A felszíni vízkészlet-gazdálkodást érintő kérdések adták a 2/b szekció gerincét, ahol 10 dolgozat bemutatására kerülhetett sor. A dolgozatok jelentős része a vízhiányos helyzetek különböző szakterületek által végzett kutatásaival és a vízkészlet-gazdálkodást segítő, az üzemirányítást is támogató modellezési feladatokkal, illetve vízminőségi, állapotértékelési vizsgálatokkal foglalkozott. Nem maradt el a Balaton vízháztartásáról szóló, sok hozzászólást és vitát kiváltó bemutató sem. Az előadások hatalmas érdeklődés mellett zajlottak, 35-65 fő kísérte végig a szekció ülését.

Területi vízgazdálkodás szekció

A Területi vízgazdálkodási szekcióban az előadásra javasolt dolgozatok válogatásának alapját az időszzerű vízgazdálkodási kérdések jelentették. A 2022. évi aszály, illetve az ezzel kapcsolatban homlokterbe került árvizekből történő vízpótlás elengedhetetlen témái voltak a szekciónak. Terítékre kerültek a dombvidéki területek lefolyási és vízviszatarítási problémái is, továbbá tárgyalta az ülés az eróziós formák fejlődését és a völgyzárógátas tározók átjárhatóságát. Külön ki kell emelni a talajvízjárás taglalt előadásokat, melyek foglalkoztak a kavicsbányák és a természetes vegetáció hatásaival.

Települési vízgazdálkodás szekció

Az elmúlt időszak vándorgyűléseihez képest a szekcióba viszonylag kevés dolgozat érkezett és ezek közül is leginkább a víztisztítással, ivóvízminőséggel kapcsolatos dolgozatok hiányoztak. A lecsökkent érdeklődés és az ambíciók hiánya könnyen magyarázható a vízügyi ágazat ezen részében kialakult finanszírozási válsággal. A beérkezett előadások azonban jól tükrözik az ágazathoz hű szakemberek elkötelezettségét és szakmaszeretetét. Az érintett témakörök szerteágazóak voltak, de ez a szakterület jellegéből is adódik. Újdonságként jelent meg a kézöld infrastruktúra, valamint a modellezés és automatizálás, mint a VÍZ 4.0 kulcselemei, de domináltak a szennyvízelvezetéssel és -tisztítással kapcsolatos témakörök. A szakterület konszolidációját követően remélhetőleg népeesebb előadói részvételű szekcióink lesznek.

Vízépítés szekció

A szekcióban összesen 16 előadás hangzott el a terveknek megfelelően. Az előadások a szakma több részterületét felölelően mutatták be a beruházásokat, a tervezési, az építési és az üzemeltetési tapasztalatokat. A hallgatók nagy száma is mutatja, hogy a szekció munkájára jelentős igény mutatkozik, így a vándorgyűléseken komoly teret kell adni a témának.

Hidrológia- hidraulika-numerikus modellezés szekció

Az előadások világosan rámutattak arra, hogy a hazai vízgazdálkodási feladatokban kitüntetett helye lesz a különböző tér- és időléptékű előrejelző modelleknek és az új, nagy adatmennyiséget és minőséget eredményező indirekt

monitoring eljárásoknak. A magas színvonalú dolgozatok között volt szó folyószakasz léptékű folyószabályozási célú modellezésről és folyó morfordinamikai vizsgálatokról, vízgyűjtő és regionális léptékű lefolyásmodellezésről és a klímahatásokat előrejelző hidrológiai modellekről, de olyan korszerű adatgyűjtő és elemző módszerekről is, mint az optikai és akusztikus elvű hordalékmonitoring, nagy pontosságú akusztikus és lézer elvű meder- és domborzatfelmérő rendszerek, sőt, helyett kapott még a hagyományos, forgószárnyas áramlásmérés pontosságát elemző vizsgálat is.

Külön kiemelendő, hogy a tanulmányok általában a mérnöki-tervezési-üzemeltetési gyakorlat számára elérhető adatokra támaszkodtak, ugyanakkor igényt mutatkozott további információkra (alapadatokra, mérésekre), hangsúlyozva, hogy a nagyobb idő- és térsűrűségű (pontosabb) adatok javíthatják a felhasználható eredmények megbízhatóságát (pl. csapadékmérő állomások sűrítése, CORINE adatbázis pontosítása, vízhozammérések stb.).

A záró plenáris ülésen **dr. Váradi József** társelnök röviden értékelte a rendezvényt, majd **Lovas Attila** vízügyi igazgató, a Szolnoki Területi Szervezet elnöke és **Szalay Ferenc**, Szolnok Megyei Jogú Város polgármestere invitálták a szakembereket a 2024. évi XLI. Országos Vándorgyűlésnek helyet adó Szolnok városába.

A szakmai tanulmányúton a vendégek először megtekintették a Rába Quelle Gyógy-, Termál- és Élményfürdőt, majd meglátogatták a Mosoni-Duna torkolati műtárgyát, az árvai zárást és az ásványrői hallépcsőt, így ismerkedve a szakmai sikertörténetnek számító Szigetközi hullámterti vízpótló rendszerrel.

A vándorgyűlés dolgozatait tartalmazó tanulmánykötet az alábbi linken érhető el: <https://hidrologia.hu/vandorgyules/40/>

*Dr. Major Veronika
a Hidrológiai Közöny főszerkesztője*

Nekrológ



2023. július 9-én életének 65. évében hosszú szenvedés után elhunyt Nagy István, aki 1991 óta az ÖKO Zrt. munkatársa volt. István a déli határ mellett Csátalján, egy betelepített székely család gyermekeként született 1958. szeptember 21-én.

Személyes indíttatásból egész életében tanult, a munka mellett több diplomát is szerzett. 1982-ben végzett az Ybl Miklós Műszaki Főiskola Mélyépítési Szakán okleveles mélyépítő üzemmérnökként. 1987-ben okleveles vízépítési szak-üzemmérnöki képesítést szerzett a Pollack Mihály Műszaki Főiskola Vízgazdálkodási Karán, Baján. 1995-ben okleveles építőmérnök diplomát kapott a Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karán, mellyel párhuzamosan a környezetvédelmi management mérnöki oklevelet is megszerezte a Budapesti Műszaki Egyetem Természet- és Társadalomtudományi Karán. Végül 2021-ben a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen vízügyi közigazgatási szakokleveles tanácsadói képesítést szerzett.

Első munkahelye a PESTTERV volt, ahol mélyépítő tervezőként dolgozott 1982 és 1986 között. Majd a VÁTI-ba került, ahol 1986-1989 között mélyépítési és települési hulladékéelhelyezési szaktervező, illetve rendezési tervek szakági tervezője volt. Ezt követte 1982-től 1991-ig a VÁTI-ALLOCORD Kft., ahol tervezési és vállalkozási főmérnöki feladatokat látott el.

Az ÖKO Zrt. egyik alapító tagja, ahol projektvezetőként, csoportvezetőként dolgozott, majd igazgatósági tagként a műszaki igazgatóhelyettesi feladatokat látta el. Szakértelme sok mindenre kiterjedt: vízgazdálkodási fejlesztési projektek előkészítése (megvalósíthatósági tanulmányok, környezeti hatásvizsgálatok), vízgyűjtő-gazdálkodási tervezés, szabályozások kidolgozása; vízelátás, szennyvízkezelés és elhelyezés, csatornázás, vízépí-

Nagy István

Csátalja, 1958. szeptember 21. – Budapest, 2023. július 9.

tés, települési szilárd és folyékony hulladékok elhelyezési terve, területi környezeti állapotvizsgálat; projektvezetés, projektmenedzsment.

Kimagasló, egyedi és utánozhatatlan volt a lényegi összefüggések, komplex, rendszerszintű hatások vizsgálataiban, legyen az egy projekt megvalósíthatósági tanulmánya, környezeti hatásvizsgálata, egy szabályozás döntéselőkészítő anyaga vagy stratégiai környezeti vizsgálata. Karakán, őszinte emberként valós vagy vélt igazáért, szakmai meggyőződéséért mindig kiállt, akkor is, ha ez vitákkal járt. A konfliktusok felvállalása és kemény érdekvédelemmel rendelkező képessége nemcsak magánéletében, hanem az ÖKO Zrt. vezető tisztségviselőjeként is jellemezte.

Nevéhez, mint projektvezetőhöz köthető számos sikeres projekt, tanulmány, melyek közül néhány kiemelkedő, módszertanilag is újszerű megközelítést alkalmazott. Ilyen volt a Ráckevei (Soroksári)-Dunaág vízgazdálkodásának, vízminőségének javítását célzó projekt tervezési, környezetvédelmi és vízjogi engedélyezési feladatai és a megvalósíthatósági tanulmány készítése 2009-2010-ben. A másik kiemelkedő munka a „Duna-Tisza közti Homokhátság térségében elhelyezkedő két mintaterületen a klímaváltozástól eredő hatások enyhítése és az alkalmazkodás lépéseinek megalapozása céljából megvalósítandó minta-projekt” című, EU támogatásra számot tartó projekt előkészítése 2011 és 2013 között. Istvánnak fontos szerepe volt a vízgyűjtő-gazdálkodási tervek elkészítésében is.

Nagy hatású munkája a felszíni vízminőség-védelmi szabályozás teljes megújításának előkészítése és a Víz Kezretírányelvvel való összhangba hozása. A munkája jelentősen hozzájárult ahhoz, hogy a 220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet, valamint öt végrehajtási miniszteri rendelet hatályba lépett, amely szabályozza az ország településein keletkező szennyvizek elvezetésére, tisztítására, ellenőrzésére, minősítésére, befogadóba való vezethetőségére vonatkozó szabályokat, valamint a vízterhelési díjak kiszabásának és az éves szennyvízbírság megállapításának előírásait. A későbbiekben a szükséges felülvizsgálatok megalapozását is elvégezte.

Tagja volt a Magyar Hidrológiai Társaságnak, a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetségnek és a Magyar Mérnöki Kamarának.

István több, mint 30 évig meghatározó szerepet játszott az ÖKO Zrt. életében, nemcsak kollégaként, hanem jóbarátként is gondolunk rá.

Emlékét kegyelettel megőrizzük!

Rákosi Judit, Ress Sándor, Tombác Endre
az ÖKO Zrt. munkatársai



Nekrológ



Miskolcon született, de mindig is felszólalainak tartotta magát, hiszen szülei ott éltek a születésekor is. Elemi iskoláit is ott végezte, majd az öt elemi után a miskolci Fráter György főgimnáziumba vették fel, ahol 1950-ben érettségizett.

1950 szeptemberében a Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karára nyert felvételt. 1952-1953-ban építették át a Miskolc-Felszólalca közötti út alatti hidakat. Mérnökhallgatóként nyarait ezeknél az építkezéseknél töltötte. Egyetemi tanulmányait 1954 júniusában fejezte be.

Egész szakmai életpályája a vízügyi szolgálathoz kötődött. Egyik professzorának ajánlására helyezkedett el Nyíregyházán. 1954. július 3-án lépett a Nyíregyházi Vízügyi Igazgatóság szolgálatába, és több mint három évtizeden át ott dolgozott.

Először a Folyamszabályozási Csoportnál kapott beosztást. E munkakörben a Tisza és a Szamos folyók egyes szakaszainak geodéziai felvételét, folyamszabályozási terveit készítette el és kiviteli munkáit végezte. 1956 januárjában megbízták a Felszólalcsi Szakasz mérnökség megszervezésével, majd vezetésével. 1960 áprilisában új feladatot kapott, vagyis a Vízgazdálkodási Csoport megszervezését és vezetését. 1961-től megbízták a Területi Vízgazdálkodási Keretterv felelősi teendőinek ellátásával is, amely feladat igen sok szervezői, szerkesztői írói munkát adott számára.

1961-1965 között elvégezte a BME szakmérnöki továbbképzését és mezőgazdasági vízépítő szakmérnök képesítéssel oklevelet szerzett. 1968 áprilisában a BME „A Nyírség komplex vízgazdálkodása” c. disszertációjának eredményeként műszaki doktorrá avatta.

Dégen Imre, az Országos Vízügyi Főigazgatóság vezetője 1962. szeptember 1-től kinevezte a Felső-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság (FETIVIZIG) igazgatóhelyettes-főmérnökévé. Főmérnöki működésének időszakára esett az 1970-es nagy Tisza-völgyi árvíz, a szamosi árvíz katasztrófa. A Túr, Szamos és Kraszna védvonalain szervezte, irányította az árvízvédekezési, majd a helyreállítási munkákat. 1974. június 15-én kinevezték a FETIVIZIG igazgatójává, amely munkakört 1984. december 31-ig látta el.

Dr. Szeifert Gyula

Miskolc, 1931. augusztus 25. – Budapest, 2023. július 29.

1985-1986-ban Budapesten, az Országos Vízügyi Hivatalban a Vízgazdálkodási Főosztály helyettes vezetője, majd nyugdíjazásáig, 1991-ig az Árvízvédelmi és Vízrendezési Főosztály vezetője volt.

Vízügyi igazgatóként 10 éven át töltötte be az egykori magyar-szovjet határvízi együttműködés kormány-meghatalmazott-helyettesi tisztségét. Kiváló személyes kapcsolatokat alakított ki az Ungvári Vízügyi Igazgatóság vezetőivel és munkatársaival. Meghatalmazott-helyettesként részt vett még a csehszlovák, a román és a jugoszláv államokkal közös határvízi bizottságok munkájában is. Tárgyalási stílusára a pontosság és a közvetlenség volt jellemző. Sajátos humorával sokszor segítette feloldani a pillanatnyi feszültségeket, amit tárgyalópartnerei is értékelték.

Munkaköri feladatain túl rendszeresen foglalkozott a vízgazdálkodás – elméleti és gyakorlati – részletkérdéseivel, mint például a csapadékeloszlás, a lefolyás, a tározás témaköreivel. Szakirodalmi munkásságát több mint 40 cikk, dolgozat jelzi. Közreműködött a szakmai felsőoktatásban: 1965-69 között előadásokat tartott a Debreceni Agrártudományi Egyetem mezőgazdasági mérnök-továbbképzéseiben; az 1970-es években a BME szakmérnöki továbbképzéseiben a „Víz-tározás” című tárgyat oktatta.

Tagja volt az Országos Vízgazdálkodási Keretterv Bizottságnak, valamint a Debreceni Akadémiai Bizottságnak. 1972-1984 között megyei tanács tag volt; több megyei társadalmi bizottságban tevékenykedett. A Magyar Hidrológiai Társaság (MHT) Nyíregyházi Csoportjának 1960-1964 között titkára, majd 1964-től 1968-ig, és 1979-1984 között elnöke volt. Az MHT-ban végzett munkájáért több kitüntetésben, így 1962-ben Vásárhelyi Pál-éremmel, 1977-ben Pro Aqua-éremmel, 1979-ben Bogdánfy Ödön díjjal-éremmel kitüntetésben részesült.

Munkásságát számos állami kitüntetéssel is elismerték. Kétszer is megkapta a „Víz-gazdálkodás Kiváló Dolgozója” kitüntetést, két alkalommal a Munka Érdemrend ezüst fokozatát, többször az „Árvízi emlékérem”. 2015-ben a Magyar Érdemrend Tisztikeresztjével tüntették ki.

1960-ban házasodott meg. Felesége, Soltész Ágnes a Kelet-Magyarország napilapnál, majd a Nők Lapjánál volt újságíró. Házasságukból két leánygyermek született. Feleségének 2022 februári halálával zárult le 62 évi együttélésük.

Több, mint három évtizedet nyugdíjasként élt meg. Sohasem szakadt el a szakmától. Vízügyi igazgatósági, valamint OVF-es kollégáival, nyugdíjas igazgató-társaival folyamatosan kapcsolatot tartott, rendszeresen részt vett a rendezvényeken.

Emlékét kegyelettel megőrizzük!

*Dr. Szilávik Lajos
az MHT tiszteletbeli elnöke,
1985-1991. között a
FETIVIZIG igazgatója*

*Bodnár Gáspár
a FETIVIZIG igazgatója*



A **HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY** első sorban hidrológiával, vízgazdálkodással és a kapcsolódó szakterületeket érintő tudományos megalapozottságú szakmai közlemények megjelentetésére ad teret. Ezek mellett a **FÓRUM** rovatban lehetőség van szakmai érdekességek, újdonságok közzétételére is. A **TÖRTÉNELMI PILLANATKÉP** rovatban a régmúlt vízügyi eseményeinek állítunk emléket. Módot adunk továbbá szakkönyvek bemutatására a **KÖNYVISMERTETÉS** rovatban.

A közlésre szánt kéziratot elektronikus formában lehet benyújtani Word (.doc vagy .docx) állományban, maximum 30 oldal terjedelemben a hk@hidrologia.hu e-mail címre. Eredeti műveket, azaz más folyóiratban, kiadványban korábban még nem közölt kéziratokat fogadunk el. Amennyiben a kézirat tartalma már valamilyen formában megjelent hazai vagy külföldi (idegennyelvű) kiadványban, illetve másodközlésnek minősül, azt a kézirat beküldésekor jelezni kell.

A kézirat mellett lehetőség van a témához szorosan kapcsolódó további elektronikus formátumú információk (pl. Excel file, előadás pdf formátuma, videó) csatolására is, melyek a közlemény online változatával együtt jelennek meg.

A kézirat beérkezését követően a Szerkesztőbizottság visszaigazolást küld a szerzőnek és a közleményt szakmai bírálóknak adja ki. A bírálatok alapján a kéziratot a Hidrológiai Közlöny: a) elfogadja megjelentetésre; b) javításokat, kiegészítéseket, módosításokat javasol; c) nem fogadja el közlésre. A közlésre elfogadott kézirat esetében a grafikus elemeket (ábra, kép, táblázat) külön elektronikus állományban is meg kell küldeni a Szerkesztőség részére.

FORMAI KÖVETELMÉNYEK

Kérjük, közleményük készítésekor tanulmányozzák a részletes közlési útmutatót (http://www.hidrologia.hu/mht/letoltes/hk_kozlesi_utmutato.pdf), melyből közlétesünk néhány előírását:

A szakmai közlemény kötelező részei: cím, szerző(k) teljes neve, a szerző(k) munkahelye és e-mail címe, magyar nyelvű kivonat, magyar kulcsszavak, angol nyelvű cím, angol kivonat (Abstract), angol kulcsszavak (Keywords), törzsszöveg fejezetekre tagolva, irodalomjegyzék, szerző(k) életrajzi adatai és fényképe (portrékép). Az ábra-, kép- és táblázatcímek angol változatát is meg kell adni.

A használt betűtípus: Times New Roman, szimpla sorközzel, sorkizárt rendezéssel. Az oldal A4-es méretű, 2,5 cm-es margóval.

A közleményben más szerzők műveiből átvett szövegrészeknél, ábráknál, fényképeknél, táblázatoknál, internetes forrásoknál, adatbázisoknál feltétlenül hivatkozni kell a felhasznált forrásra. Kérjük, hogy lábjegyzetet ne használjanak.

A Hidrológiai Közlöny fontos célkitűzése a szakmai anyanyelv ápolása, ezért kérjük, hogy ügyeljenek a magyar szakmai nyelv megfelelő használatára és alkalmazzák a magyar helyesírási szabályokat (<http://helyesiras.mta.hu/helyesiras/default/akh12>).