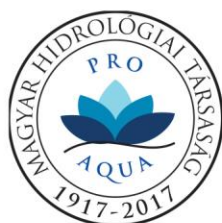


HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY



A MAGYAR HIDROLÓGIAI TÁRSASÁG LAPJA • 102. ÉVF. 1. SZÁM • 2022
HUNGARIAN JOURNAL OF HYDROLOGY • VOL 102. No. 1. • 2022





Hidrológiai Közlöny

A Magyar Hidrológiai Társaság lapja
Megjelenik háromhavonként

Főszerkesztő

Major Veronika

Főszerkesztő-helyettes és olvasószerkesztő

Konecsny Károly

Szakszerkesztők

Ács Éva

Nagy László

Szerkesztőbizottság elnöke

Szöllősi-Nagy András

Szerkesztőbizottság tagjai

Ács Éva, Bakonyi Péter, Baranyai Gábor, Baross Károly, Bíró Tibor, Bogárdi János, Bozán Csaba, Csörnyei Géza, Engi Zsuzsanna, Fehér János, Fejér László, Gayer József, Hajnal Géza, Honti Márk, Ijjas István, Józsa János, Kerekesné Steindl Zsuzsanna, Kling Zoltán, Konecsny Károly, Koris Kálmán, Kovács Sándor, Kuti László, 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, Üllői 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: dr. Szlávik Lajos, a Magyar Hidrológiai Társaság elnöke

Hirdetés

Magyar Hidrológiai Társaság Titkarsága
1091 Budapest, Üllői út 25. IV. em.
Telefon: (1)-201-7655 Fax: (1)-202-7244
E-mail: titkarsag@hidrologia.hu

Indexelik

Appl. Mech.; Rew. Chem.; Abstr. Fluidex;
Geotechn. Abstr.; Meteor / Geostrophys.
Abstr. Sei.; Water Res. Abstr.

Index: 25374

HU ISSN 0018-1323

Tartalomjegyzék

SZAKCIKKEK

- Blix Katalin és Tóth R. Viktor: Gépi tanulás módszerek a Balaton távérzékelésében 6
- Murányi Gábor és Konecsny László: Természetközeli árvíz-védelmi megoldás vizsgálata a Tisza-völgyben HEC-RAS 1D-2D kapcsolt modellezéssel Csongrád környékén 13
- Balatonyi László, Filczer-Plósz Krisztina, Berger Ádám és Koch Dániel: Kisvízfolyások árvízi kockázatának csökkentése, a természetes vízviasszatartást elősegítő intézkedések alkalmazásának lehetőségei 25
- Keve Gábor, Fekete Árpád, Sziebert János, Koch Dániel, Tamás Enikő Anna, Varga György, Majer Fruzsina, Krikovszky Sándor, Ficsor Johanna, Logó Beáta: Hazai és európai vízhozammérési eljárás összehasonlító elemzése ... 32
- Futó Péter, Kutasi József, Lengyel Edina, Bernát Gábor: Klebsormidium sp. BEA_IDA_0061B fonalas zöldalga fotoszintetikus aktivitásának fény és hőmérsékleti optimuma 43

FÓRUM

- Oláh Zoltán: A Balaton megváltozott vízszintszabályozása, hatásmérséklő beavatkozások 48

TÖRTÉNELMI PILLANATKÉP

- Albert Gábor és Farkas Ildikó: Vízügy, történeti keretben – A „több, mint kultúrmérnök”, Lászlóffy Woldemár 60
- Fejér László: A robbantásos árvízi jégtörés kezdetei hazánkban 65

KÖNYVISMERTETÉS

- Szlávik Lajos: Az 1970. évi Tisza-völgyi árvíz című könyvét ismerteti Konecsny Károly 69
- Koris Kálmán és társai: Magyarország kisvízfolyásainak árvizei című könyvét ismerteti Kertai István 71
- Jolánkai Géza: VIZESKÖNYV című művét ismerteti Bakonyi Péter 73

HELYREIGAZÍTÁS

- Szlabóczky Pál: Hidrogeológiai és mérnökgeológiai kérdések az Egri Bazilika és a Bélháromkúti Apátság felújításánál ... 74

NEKROLÓG

- Rémai János – Szlávik Lajos megemlékezése 75
- Dr. Ivicsics Ferenc – Szlávik Lajos megemlékezése 76

Címlapkép: A Balaton kilendülése – Balatonboglár (KDTVIZIG, 2014)



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 Editors

Éva ÁCS

László NAGY

Editorial Board Chairman

András SZÖLLŐSI-NAGY

Editorial Board Members

Éva ÁCS, Péter BAKONYI, Gábor BARANYAI, Károly BAROSS, Tibor BÍRÓ, János BOGÁRDI, Csaba BOZÁN, Géza CSÖRNYEI, Zsuzsanna ENGI, János FEHÉR, László FEJÉR, József GAYER, Géza HAJNAL, Márk HONTI, István IJJAS, János JÓZSA, Zsuzsanna KEREKESNÉ STEINDL, Zoltán KLING, Károly KONECSNY, Kálmán KORIS, Sándor KOVÁCS, László KUTI, István LICSKÓ, Veronika MAJOR, Zoltán MELICZ, László NAGY, Judit RÁKOSI, István RÁTKY, Pál ROMÁN, Ferenc SZILÁGYI, Lajos SZLÁVIK, Péter SZÜCS, 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: Lajos SZLÁVIK, President
of the Hungarian Hydrological Society
Email: titkarsag@hidrologia.hu

Advertising

Secretariat of the Hungarian Hydrological Society
H-1091 Budapest, Üllői út 25., Hungary
Phone: +36-(1)-201-7655; Fax: +36-(1)-202-7244
Email: titkarsag@hidrologia.hu

Indexed in

Appl. Mech.; Rew. Chem.; Abstr. Fluidex;
Geotechn. Abstr.; Meteor / Geostrophys.
Abstr. Sei.; Water Res. Abstr.
Index: 25374
HU ISSN 0018-1323

Contents

SCIENTIFIC PAPERS

- Katalin BLIX and Viktor TÓTH R.: Machine learning methods for remote sensing of Lake Balaton 6
- Gábor MURÁNYI és László KONCSOS: Examination of a nature-based flood control solution in the Tisza River Valley nearby Csongrád town with HEC-RAS 1D-2D coupled model 13
- László BALATONYI, Krisztina FILCZER-PLÓSZ, Ádám BERGER, Dániel KOCH: Flood risk reduction in small watercourses, opportunities for natural water retention solutions 25
- Gábor KEVE, Árpád FEKETE, János SZIEBERT, Dániel KOCH, Enikő Anna TAMÁS, György VARGA, Fruzsina MAJER, Sándor KRIKOVSKY, Johanna FICSOR, Beáta LOGÓ: The comparative analysis of the Hungarian and European methodology of discharge measurement 32
- Péter FUTÓ, József KUTASI, Edina LENGYEL, Gábor BERNÁT: The photosynthetic light and temperature optima of the filamentous green alga Klebsormidium sp. BEA_IDA_0061B 43

FORUM

- Zoltán OLÁH: Altered water level regulation of Lake Balaton, mitigation interventions 48

HISTORICAL SNAPSHOT

- Gábor ALBERT and Ildikó FARKAS: Water management in a historical context – The "more than a civil engineer", Woldemár Lászlóffy 60
- László FEJÉR: The beginnings of ice blasting in Hungary 65

BOOK REVIEW

- Lajos SZLÁVIK: The Tisza Valley flood of 1970 – a review by Károly KONECSNY 69
- Kálmán KORIS et al.: Small watercourses floods in Hungary – a review by István KERTAI 71
- Géza JOLÁNKAI: WATERBOOK – a review by Péter BAKONYI 73

CORRECTION

- Pál SZLABÓCZKY: Hydrogeological and engineering geological issues during the renovation of the Eger Basilica and Bélháromkút Abbey 74

OBITUARY

- János RÉMAI – Commemoration by Lajos SZLÁVIK 75
- Dr. Ferenc IVICSICS – Commemoration by Lajos SZLÁVIK . 76

Cover photo: The swing of Lake Balaton – Balatonboglár (KDTVIZIG, 2014)

Köszönet és üdvözet



Hat év. Ennyi időt töltött Fehér János barátunk a Hidrológiai Közlöny (HK) főszerkesztői teendőinek ellátásával. Nem volt könnyű időszak. Közel három évtized és a környezetben történt sok-sok változás után újra indokolt lett a lap tartalmi és formai megújítása. Hat esztendővel ezelőtt mindketten újak voltunk, János, mint fő-

szerkesztő, én pedig mint a Szerkesztő Bizottság elnöke, de persze voltak halvány emlékeim a harminchét évvel ezelőtti periódusról, amikor Öllös Gézától – aki évtizedekig látta el magas szinten a lap szerkesztését - vettem át a főszerkesztő feladatait.

Akkor még az írott sajtóban léteztek olyan mágikus fogalmak, mint kefelenyomat, tördelési korrektúra, technikai szerkesztés (a hihetetlenül hatékony Békési János látta el azt a feladatkört), hír-rovat (a társasági hírek szerkesztője, Vágás Pista elképesztő szorgalmával és odaadásával évtizedekig bábáskodott és bíbelődött a rovattal).

Ez még a pre-informatika korszaka volt, de már a levegőben érződött a változás illata és izgalma. És persze az akkor agyongyepált vizes szakmának nagyon nehezen elviselhető periódusa volt ez, néha nehezebb szagokkal is, mert a Bős-Nagymaros vízgazdálkodási rendszer (BNV) kapcsán *Prügelknab (bűnbak)* lett s ütötték jobbról, ütötték balról. Nem szolgált a magyar sajtószabadság dicsőségére, hogy voltaképpen a Hidrológiai Közlöny volt az

egyetlen lap, amelyik a BNV mellett érvelő, a hivatalos sajtó által visszautasított írásokat lehozta *Refuznyiki* rovatában. Ezek ma már elérhetők a HK digitalizált állományában¹ és hasznos forrásként szolgálhatnak a kor szakma- és politikatörténeti elemzésében, amit előbb-utóbb *sine ira et studio* meg kellene írni. Meg kellene írni, annak történetét, hogy miként s miért került szakmailag tudatlan és felelőtlen mozgalmárok és félművelt, csak magukkal törődő rövidlátó politikusok kezébe az ország környezete és vízbiztonsága szempontjából kulcsfontosságú terv feletti döntés. Ma már világos, hogy rossz döntést hoztak, melynek hatásai mind a mai napig érezhetők.

Vágás Pista majd' három évtizedig szerkesztette a Közlönyt az átmenet nagyon nehéz viszonyai között. Tőle vette át János s alakította át a kor kívánalmi és lehetőségei szerint annak tartalmát és formáját, amiért sok-sok köszönet illeti.

Ettől a számtól kezdve Major Vera veszi át a lap főszerkesztői teendőit Jánostól. Vera sok időt töltött a vízügyi kutatásban, iparban, állami és magáncégek vezetésében és kristálytisztán látja lehetőségeinket és lehetetlenségeinket. A több, mint százéves HK hagyományainak továbbvitele és új utak megtalálása kulcsfontosságú az ország fenntartható vízgazdálkodásának folytatásában és szükség szerinti javításában. Ezek megjelenítéséhez kívánjunk az új főszerkesztőnek minden jót, sok sikert és örömet (meg cikkeket ...)!

*Dr. Szöllösi-Nagy András
a Szerkesztő Bizottság elnöke*

¹ https://library.hungaricana.hu/hu/collection/vizugy_HidrologiaiKozlony/

Beköszöntő

A főszerkesztő és a főszerkesztő helyettes gondolatai a lapról, a célokról és a feladatokról

Hidrológiai Közöny 101/4. számának „Előszó” rovatát így zárta Fehér János főszerkesztő:

A napokban megválasztott utódomnak, dr. Major Veronikának kívánok sok sikert, erőt és egészséget, aki a Hidrológiai Közöny második évszázadának első éveiben fogja főszerkesztőként irányítani a lapot.

Fehér János a Hidrológiai Közöny főszerkesztőjeként hat évig egyengette a kiadvány útját, melynek eredményeként egy magas színvonalú, kitűnő szakmai reputációval rendelkező folyóiratot és rendszert adott át nekünk, az új főszerkesztőnek és a főszerkesztő helyettesnek.

Megköszönve János eddigi munkáját és az átadás-átvétel során nyújtott segítségét, most feladatunk ezt a színvonalat megtartva vinni tovább a Hidrológiai Közönyt. Ebben az immár több mint egy évszázados hagyománnyal rendelkező folyóiratban publikálni rangot jelent. A főszerkesztői és a helyettesi feladatokat ellátni, megtiszteltetés, ám egyben komoly szakmai kihívást is jelent. Felvetődhet a kérdés: a vizes ágazatban általunk aktívan eltöltött mintegy négy évtized után, mi késztet bennünket arra, hogy ezt a feladatot, annak nyűgével és bánatával felvállaljuk? A válasz egyszerű: ez a feladat nem terhet jelent, hanem szakmai elismerés. A jól végzett munka pedig tisztelgés a szakma és a kiváló szerzők előtt.

A Hidrológiai Közöny célja, a Hidrológiai Társaság stratégiai céljainak megfelelően az, hogy

„a víztudományok és a vízhez kapcsolódó más tudományok területén dolgozó szakemberek számára értékalapú közösség formálása, szakmai műhelyt és kommunikációs lehetőséget biztosítson”.

Azt gondoljuk, hogy a Hidrológiai Közöny hozzájárul a hazai vízügyi szakma, a víztudomány és oktatás színvonalának növeléséhez, a digitális integrált vizgazdálkodás alapjainak megteremtéséhez és hidat teremt az innováció és a vízhasználatok, valamint a tudomány és annak gyakorlati alkalmazása között. Munkánkat is e célok érdekében végezzük.

Szándékunk a fiatal szakemberek első közléseit segíteni, a bírálók sokéves szakmai tapasztalatának felhasználásával, a kéziratok bírálati rendszerének kisebb módosításával. Nem titkolt célunk olyan angol nyelvű külön kötet létrehozása, mely segítségével a Hidrológiai Közöny hitközlési mutatóit javítani tudjuk.

A 2022-es év első kötete a 102. évfolyam 1. száma, melyben öt tanulmány jelenik meg. Blix Katalin és Tóth Viktor közleménye – a *Gépi tanulási módszerek a Balaton távérzékelésében* – kinyitja a digitalizáció, adatgyűjtés, távérzékelés ablakát és megmutatja, mire lennének képesek

a digitalizációs utazás során. A természetközeli árvízvédelmi megoldások egyre nagyobb teret hódítanak. E kötet keretében Murányi Gábor és Koncsos László, a – *Természetközeli árvízvédelmi megoldás vizsgálata a Tisza-völgyben HEC-RAS 1D-2D kapcsolt modellezéssel Csongrád környékén* – közleménye vízgyűjtő szinten járja körül ezt a lehetőséget, míg Balatonyi László és társai a *Kisvízfolyások árvízi kockázatának csökkentése, a természetes vízmegtartó megoldások alkalmazásának lehetőségei és korlátai* című közleményükben a gyakran háttérbe szoruló kisvízfolyásokra kínálnak megoldást. A hidrológia örök problémája a vízhozammérés. Keve Gábor és szerzőtársai a *Hazai és európai vízhozammérési eljárás összehasonlító elemzése* című közleményükben a hazai és európai vízhozammérési módszerek összehasonlítását végzik el. Futó Péter és társai *Klebsormidium sp. BEA_IDA_0061B fonalas zöldalga fotoszintetikus aktivitásának fény és hőmérsékleti optimuma* című munkájukban egy, a biológiai talajkéreg kialakításában fontos szerepet játszó alganemzetséget vizsgáltak.

A **FÓRUM** rovat az ágazat egyik jelentős projektjét, a Balaton vízszintszabályozását, annak történeti és szakmai háttérét mutatja be. A **TÖRTÉNELMI PILLANATKÉP** rovat két emléket villant fel. Albert Gábor és Farkas Ildikó az ágazat kiemelkedő kultúrmérnökének állít emléket a *„Több, mint kultúrmérnök”, Lászlóffy Woldemár* című közleményükben. Fejér László a *Robbantásos árvízi jégtörés kezdetei hazánkban* című munkájában üzenetet fogalmaz meg: *„az utókornak ezek után nem maradt más hátra, mint a veszedelmes jégtorlódási helyeket folyószabályozási művek építésével felszámolni – amennyire lehetett, hatékony jégtörő flottát létrehozni és nem feledkezni meg a jégrobbantás eszközeinek, technológiáinak fejlesztéséről”.*

A **NEKROLÓG** rovatban a vizes ágazat két kiemelkedő egyéniségétől, Rémai Jánostól és Ivicsics Ferentől búcsúzunk Szilávik Lajos soraival. A **KÖNYVISMERTETÉS** rovatban három kitűnő könyvet mutatunk be. Konecsny Károly ismerteti Szilávik Lajos: *1970. évi Tisza-völgyi árvíz* című kötetét. Igazi hiánypótló művet fedezhetünk fel Kertai István segítségével, mely Balatonyi László közleményével együtt teszi egészzé a kisvízfolyások árvízi kockázatkezelésének kérdéskörét. Jolánkai Géza, bár nem tudta befejezni *VIZESKÖNYVÉT*, de így is ránk hagyta emlékeit a szakmáról, a barátokról és a *VITUKI*-ről. A *VIZESKÖNYVET* Bakonyi Péter ajánlja.

A Hidrológiai Közönyben szakmai tanulmányt közzélni kemény, körültekintő munkát jelent a szerzők és szerkesztők számára is! Ám a vizes szakma tisztelettel tekint azokra, akik segítik a tudás átadását, támogatják a fiatal szakembereket, vagy egy tudományos műhellyel tolgatják a szakma szekerét.

Kérjük, osszák meg olvasóinkkal az új tudományos eredményeiket, a szakma újdonságait, vagy egy konferencián szerzett tapasztalataikat. Várjuk a tudományos közleményei-

ket, vagy beszámolójukat újdonságokról, konferenciákról. A közlési útmutató a http://www.hidrologia.hu/mht/letoltes/hk_kozlesi_utmutato.pdf címen található.

Dr. Major Veronika
a Hidrológiai Közöny
főszerkesztője

Dr. Konecsny Károly
a Hidrológiai Közöny
főszerkesztő-helyettese

BEMUTAKOZUNK



MAJOR VERONIKA, egyetemi doktor, okl. gépészmérnök (Budapesti Műszaki Egyetem), jogi szakokleveles mérnök (Eötvös Loránd Tudományegyetem). Benedek Pál díjas, a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség alelnöke, a Műszaki Igazságügyi Szakértői Testület tagja, a Hidrológiai Közöny szerkesztőbizottsági tagja, 2022-től a Magyar Hidrológiai Társaság Hidrológiai Közönyének főszerkesztője.



KONECSNY KÁROLY, tudományegyetemi diploma (1979), doktor (Phd, 1997). 1979-től dolgozott vízügyi igazgatóságoknál, vízgazdálkodási kutatóintézetnél, országos vízügyi hatóságnál, magán tervezőcégnél. 140 szakmai közleménye jelent meg. Az MHT keretében több választott tisztséget is betöltött. MHT kitüntetései: Pro Aqua (2005), dr. Schafarzik Ferenc emlékérem (2016), Vitális Sándor szakirodalmi nívódíj (2002, 2018). 2016-tól a Hidrológiai Közöny szakszerkesztője, 2022-től a lap főszerkesztő-helyettese.



A Budapest Water Summithez méltó szellemiségben került megrendezésre a **Planet Budapest 2021** Fenntarthatósági Expó és Világtalálkozó 2021. november 29. és december 5. között.

Az eseményen a diplomáciai döntéshozók, a szakemberek és a fenntarthatóság iránt érdeklődők is részt vettek.

A *Te Bolygód Közönségprogramok* keretében digitális technológiákkal ismerkedhettek a látogatók, míg a *Jövő Hősei Ifjúsági Élményprogram* az iskoláscsoportoknak, a fiataloknak mutatta meg döntéseik következményeit.

A *Világtalálkózón*, illetve a *Fenntarthatósági Expón* elhangzott előadások itt tekinthetők meg: www.app.planetbudapest.hu/events

Gépi tanulás módszerek a Balaton távérzékelésében

Blix Katalin* és Tóth R. Viktor**

*Department of Physics and Technology, UiT The Arctic University of Norway, Tromsø, Norway

** Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, Tihany, Magyarország

(E-mail: katalin.blix@uit.no, toth.viktor@blki.hu)

Kivonat

A nagy területű tavak vízminőségének szinoptikus megfigyelése effektíven csak távérzékeléssel valósítható meg. A műholdas távérzékelés pontossága nem közelíti meg az analitikai módszerek precízióját, azonban a gépi tanulás és a mesterséges intelligencia fejlődése számottevően javíthatja a módszer használhatóságát. A műholdas érzékelők és a vízi környezet típusától függően a víz klorofill tartalom, vagyis az algabiomassza meghatározására számos modell létezik. Ez a tanulmány bemutatja a mesterséges intelligencia algoritmusok egy csoportjának a használhatóságát. A vizsgálataink felmérték az alkalmazott algoritmusok pontosságát a Balaton vízminőségének műholdas meghatározása esetében. A vizsgálataink szerint a balatoni műholdas adatsorokra és viszonyokra szabott mély tanulás neurális háló, illetve a mesterséges intelligenciával (eXplainable Artificial Intelligence - XAI) javított Gauss-folyamat regresszió bizonyultak a legjobb módszereknek a Balaton a-klorofill koncentrációjának becslésére. Ezen modelleknek a vizsgált statisztikai értékei (átlag abszolút hiba, regressziós korrelációs együttható, a tanuláshoz használt idő, az előrejelzéshez szükséges idő) kiemelkedőek voltak, illetve a használhatóságuk tágabb időkeretekre is kiterjeszhető volt, így az algoritmusok a 2019-es, extrém balatoni algavirágzás adataira is alkalmazhatónak bizonyultak.

Kulcsszavak

Mesterséges intelligencia, gépi tanulás, Balaton, a-klorofill, műholdas megfigyelés.

Machine learning methods for remote sensing of Lake Balaton

Abstract

Satellite technology enabled the large-scale continuous monitoring of various water quality parameters globally. One of the most important parameters that can be estimated from satellite derived data is Chlorophyll-a (Chl-a). There are numerous models for Chl-a retrieval depending on the spaceborne sensor and type of aquatic environment. Most methods are based on relating the so-called Remote sensing reflectance (Rrs) to Chl-a concentrations. The parameters Rrs describes the water leaving radiance that contains the information about the optical properties of the water bodies. In open oceans and *clear* waters, the ratio of the Rrs on certain spectral bands are used in empirical models to estimate Chl-a content. In optically complex waters, such as coastal and inland waters, these empirical band ratio models fail. Alternative approaches including the powerful machine learning methods have been introduced for Chl-a content estimation in optically complex waters. Lake Balaton shows various degree of optical complexity; therefore, it is not straight-forward, which method should be applied.

This work evaluates three popular machine learning methods for estimating Chl-a content from remotely sensed data in Lake Balaton. These methods are the Support Vector Machine (SVM), Neural Nets (NN) and deep learning and the Gaussian Process Regression (GPR). The results indicate that both the deep learning and GPR performs well. Both methods have different advantageous properties, for instance explainability and certainty in case of the GPR, while computational efficiency in case of deep learning. The performance of the methods was studied on an extreme algal bloom event, which occurred in 2019. Both algorithms indicated more reliable estimation of Chl-a content than the default algorithm.

Keywords

Artificial intelligence, machine learning, Balaton, chlorophyll-a, satellite remote sensing.

BEVEZETÉS

A műholdas megfigyelés és az arra alapozott technológiák lehetővé teszik nagy területek folyamatos és szinoptikus megfigyelését, így elvben a módszer használható pl. a Balaton vízminőségének meghatározására. A műholdas technológia öt évtizedes használata során több vízminőséget leíró paramétert is sikerült kidolgozni. Így a műholdon lévő műszer által gyűjtött adatokból, különböző algoritmusok felhasználásával sikerült meghatározni a víz a-klorofill tartalmát, a víztest lebegőanyag koncentrációját és más fontos paramétert. Az optikailag komplex vizekben (pl. könnyen felkavaródó, eutrof tavak, tengerek partmenti régiói stb.) több optikailag aktív elem (algák, oldott vagy oldatlan szerves és szervetlen anyagok stb.) befolyásolja a visszaverődő fény mennyiségi és minőségi összetételét, így a távérzékeléssel rögzített adatokból a sekély tavak, illetve a folyók vízminőségi paramétereinek meghatározása rendszerint nehéz feladat. Ehhez gyakran a mesterséges in-

telligencia (MI) algoritmusokat hívják segítségül. A vízminőségi paraméterek, így a a-klorofill koncentrációjának (algabiomassza) kiszámításához többek között a Sentinel-3 Ocean and Land Color Instrument (S3 OLCI) érzékelőjének adatait használhatjuk. Erre egy általános víztest adatra tanított MI algoritmus, az úgynevezett Case 2 Regional Coast Colour (C2RCC) processzora használható. Azonban ez az algoritmus esetenként hibás eredményeket produkálhat (Blix és társai 2018). Ez többek között magára az algoritmusra (a modell kimondottan turbid vizekre lett kidolgozva), illetve a Balaton vizének jellegzetességére vezethető vissza. Ugyanis a Balaton időben és térben változó optikai komplexitást mutat, pl. jellemző rá a DNY – ÉK trofikus gradiens, a területileg specifikus színes szervesanyag tartalom és felkeveredési mintázatok, de felsztható a tó mezo-oligotróf, illetve eutróf időszakokra is. Ennél fogva a Balatonra a kimondottan felkeveredett vagy nyílt óceánokra kidolgozott standard algoritmusok csak

fenntartással használhatóak. Ezért szükséges a Balatonra egy tanított, lokális algoritmus kifejlesztése.

Sokfajta MI algoritmus létezik, amelyek eltérő matematikai alapokból származnak. Ezek közül többet már megvizsgáltak és néhányat (pl. S3 OLCI) be is vezettek a víz a-klorofill tartalmának becslésére (Kwiatkowska és Fargion 2003, Zahn és társai 2003, Camps-Valls és társai 2006 és 2009, Pasolli és társai 2010, Hieronymi és társai 2017). A regressziós erősségüket, tanítási- és predikációs idejüket tekintve minden egyes algoritmusnak előnye, illetve hátránya van. Kutatásunk célja a népszerű S3 OLCI adatokból a-klorofill koncentrációt becsülő MI algoritmusok összehasonlítása, illetve a Balatonra legjobban alkalmazható modell kiválasztása. A munkánk során számos algoritmust vizsgáltunk, de jelen cikk csak a legjobban teljesítő modelleket mutatja be, vagyis az SVM (Support Vector Machine), a GPR (Gauss-folyamat regresszió) és NN-eket (neurális háló). Korábbi eredményeinkre alapozva (Blix és társai 2018), ahol a XAI (eXplainable Artificial Intelligence) algoritmus kimondottan a Balaton a-klorofill adataira tanították, az új modellek is tanítva lettek az input változók csökkentésével és az összefüggések további elemzésével.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Tanító adatsor

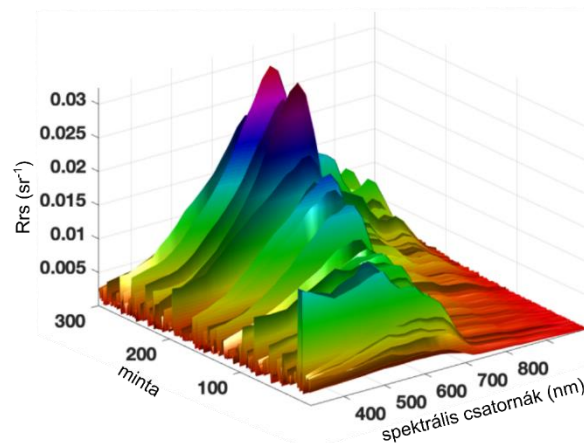
Az algoritmusok input adatsora a Sentinel-3 Ocean and Land Color Instrument (S3 OLCI) szenzorból származó reflektancia (Remotely sensed reflectance; Rrs) értékeiből állt (1. ábra), míg az output adatsor a műhold felvétel időpontjának megfelelő, terepi mérésekből származó a-klorofill koncentrációk (mg/m^3). Az adatpár mindkét része 2017-ből származik: a víz a-klorofill koncentrációt a Balatoni Limnológiai Kutatóintézet algamonitoring méréseiből vettük, míg az Rrs érték az aznapi S3 OLCI felvétel mintavételi GPS pontjára szűkített adatából áll.

A meglévő adatokat bővítettük szintetikus, a Hydrolight radiációs transzfer modellel szimulált adatokkal, melyek minden szempont szerint megfelelnek a Balaton valós optikai tulajdonságainak. Így a teljes adatsor 1000 mérésből áll össze. Az 1. ábra mutatja az input Rrs adatok egy részét, ahol az Rrs adatok láthatók a spektrális csatornák függvényében. Az ábrán bemutatott adatokból is kitűnik a Rrs értékek nagy változatossága, ami a változó optikai komplexitású víztípusokra, így a Balatonra is jellemző (1. ábra).

Tesztadatsor

Az algoritmusok teszteléséhez az extrém balatoni vízvirágzás idején, 2019. szeptember 5-én készült S3 OLCI adatait használtuk. Az adott nap az extrémítása miatt került kiválasztásra, lehetőséget adva az algoritmusok teljesítő-képességének tesztelésére olyan helyzetben, amikor a tesztadatsor jelentősen eltér a tanító adatsor értékeitől. Az adatsor tartalmazza egyrészt a C2RCC processzorral (neurális háló, NN modell) az S3 OLCI adatokból előállított atmoszférára korrigált Rrs adatait 11 csatornán és az

ugyanazt algoritmussal becsült a-klorofill értékeket is, melyekre az összehasonlítás miatt volt szükség.



1. ábra. A terepi mérések során gyűjtött és az optikailag komplex vizekre generált szintetikus 1000 adat közül 300 Rrs spektrum a csatornák függvényében

Figure 1. Illustrating 300 samples out of the 1000 Rrs input training data (in situ and simulated)

A 2. ábrán a Sentinel-2 műhold MSI szenzorának valószínűségi balatoni képe látható 2019. szeptember 5-én. A műholdfelvételen megfigyelhető a mély zöld (magas algabiomassa) és a szürkés (felkeveredett víz) területek váltakozása. A felvételen jól látható a Keszthelyi- és a Szigligeti-öblök intenzív zöld elszíneződése, ami a magas a-klorofill értékekre vezethető vissza (2. ábra).

Mesterséges Intelligencia (MI) algoritmusok

A munkánk során a következő MI módszereket használtuk, illetve vizsgáltuk:

- SVM (Support Vector Machine);
- GPR (Gaussian Process Regression);
- NN (Neural Network);
- mély gépi tanulás, amely az NN egy fajtája.

Mindegyik módszert korábban már sikeresen alkalmazták vizek a-klorofill koncentrációjának becslésére távérzékelési adatokból (Kwiatkowska és Farigon 2003, Zhan és társai 2003, Camps-Valls és társai 2006 és 2009, Pasolli és társai 2010, Hieronymi és társai 2017). A felhasznált algoritmusok matematikailag jelentősen különböznek egymástól, de sok közös jellemzőjük is van, pl. mindegyik modell képes a nem lineáris regresszióra, illetve az SVM, a GPR és az NN módszerek úgynevezett felügyelt tanulási technikák (supervised learning), vagyis a tanításhoz szükségük van valós output adatsorra.

Az SVM a legjobb illeszkedés megtalálásához egy hipersíkot állít fel egy magas dimenziós térben és ezen hipersíkhoz legközelebb elhelyezkedő adatpontok alkotják az úgynevezett tartó (support) vektorokat, melyek segítségével meghatározható a legjobb regressziós felület (Smola és Schölkopf 2004). Az SVM kernel függvényt használ, amelynek helyes kiválasztásával az adatot leginkább meghatározó regresszió megállapítható. Hátránya az SVM-nek, hogy nagy mennyiségű ($n \sim 10\,000$) adatot nehezen tud kezelni.



2. ábra. Sentinel-2 Multispectral Instrument szenzor valószínűsített felvétele a Balaton 2019 szeptember 5-ei állapotáról (Forrás: ESA, Copernicus program)

Figure 2. Colour image of Lake Balaton acquired by the Multispectral Instrument on Sentinel-2 on the 5th of September 2019 (Source: ESA, Copernicus program)

A GPR Bayes módszerre vezethető vissza, amelynek több előnye is van. A módszernek analitikus megoldása van, a teljes a posteriori eloszlás elérhető és a variancia egy automatikus hozzáférhető eredménye a modellnek. Így igény esetén nem csak a becsült a-klorofill értékek, hanem az ahhoz tartozó konfidenciaszintek is elérhetőek (Rasmussen és Williams 2006). A GPR mátrixok invertálásával működik, nagy méretű adatsoroknál a tanítása lassú.

Az NN-ben a tanulás alapja, hogy az input Rrs adat egy több neuronokból álló hálón vagy hálókon megy keresztül egy összegzési folyamat során. Majd a becsült output a-klorofill egy költségfüggvényen keresztül kerül összehasonlításra a valós értékkel. A folyamat addig iterál, míg a felhasználó által előre meghatározott hibaérték alá kerül. Az NN-eknek előnye, hogy nagy adatmennyiséget is hatékonyan tudnak kezelni, viszont jellemző rájuk a túltaníthatóság, illetve a neurális hálózatok „fekete doboz” (black box) modellként viselkednek, ezért alkalmazhatóságuk a távérzékelésben kétségeket von maga után.

Mind a három fentebb ismertetett módszernek számos változata létezik. Jelen munkában is több típust vizsgáltunk, azonban a számított regresszió statisztikai alapján a következő modellek elemzésével foglalkozunk:

- SVM-nél egy Gauss kernel függvényt használó modell, amely sikeresen tudja az adat nem lineáris természetét megtanulni;
- GPR-ban két variáns eredményezte a legerősebb regressziót: a négyzetes exponenciális, illetve az exponenciális kernel függvényvel tanított modellek;
- NN-ek esetében négy variánst használtunk: a keskeny, a közepes, a széles és a mély gépi tanulásos hálókat vizsgáltuk. A különbség ezen NN-ek között a neuronok és rétegek számából adódik.

A felhasznált MI módszerek tanítása és használata kétféleképpen történt. Az első esetben nem korlátoztuk az input Rrs adatforrások számát, és az S3 OLCI műszeren található összes (11) spektrális csatornát tartalmazta, míg a második esetben a tanításhoz felhasznált spektrális csatornák XAI algoritmussal lettek kiválasztva (Blix és társai 2018). A második módszer esetében a tanuláshoz a 443, 665, 673 és 683 nm-es hullámsávú Oa03, Oa08, Oa09, illetve Oa010-csatornákat használtuk.

Vizsgálati módszer

A tanító adatsort három részre osztottuk: az adatok többségét (70%-át) tanításra, míg az adatsor 20%-át tesztelésre és 10%-át validációra használtuk. A teszt és validációs adatokra regressziót illesztettünk, azonban jelen dolgozatunkban csak az átlagos abszolút hiba, a regressziós korrelációs koefficiens, valamint a tanuláshoz és a predikcióhoz szükséges időt mutatjuk be. Az algoritmusok közül kiválasztottuk a legjobb statisztikával rendelkezőket és azokon teszteltük a 2019. szeptember 5-ei műholdas felvételeket. Az egész folyamatot MATLAB-ban végeztük (www.mathworks.com). A legjobb teljesítményt (legalacsonyabb átlag abszolút hiba és legmagasabb regressziós korrelációs koefficiens) mutató modellek kerültek kiválasztásra az adatelemzési teljesítményük összevetéséhez, melyhez a 2019-es balatoni algavirágzás felvételeit használtuk fel, hiszen a kiemelkedően magas a-klorofill tartalom nagy hibákat is eredményezhet.

EREDMÉNYEK, KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Eredmények

Algoritmusok kiértékelése

Az 1. táblázat összefoglalja az MI módszerekkel, a validációs adatsorra számított statisztikai értékeket, me-

lyeket a tanítás során az összes elérhető csatorna felhasználásával kaptunk. Az eredményekből jól látható, hogy a modellek az SVM kivételével közel hasonló hatékonyság-

gal teljesítettek, és a mély tanulással számított regressziós statisztikai értékek mutatták a legpontosabb becslést (1. táblázat).

1. táblázat. Regressziós statisztikai értékek összefoglaló táblázata: átlag abszolút hiba, regressziós korrelációs együttható (R^2), a tanuláshoz használt idő (s) és az előrejelzéshez szükséges idő (megfigyelés/s)

Table 1. Regression performance measures: mean absolute error, regression correlation coefficient (R^2), time used for learning (sec) and time used for prediction (observations/ sec)

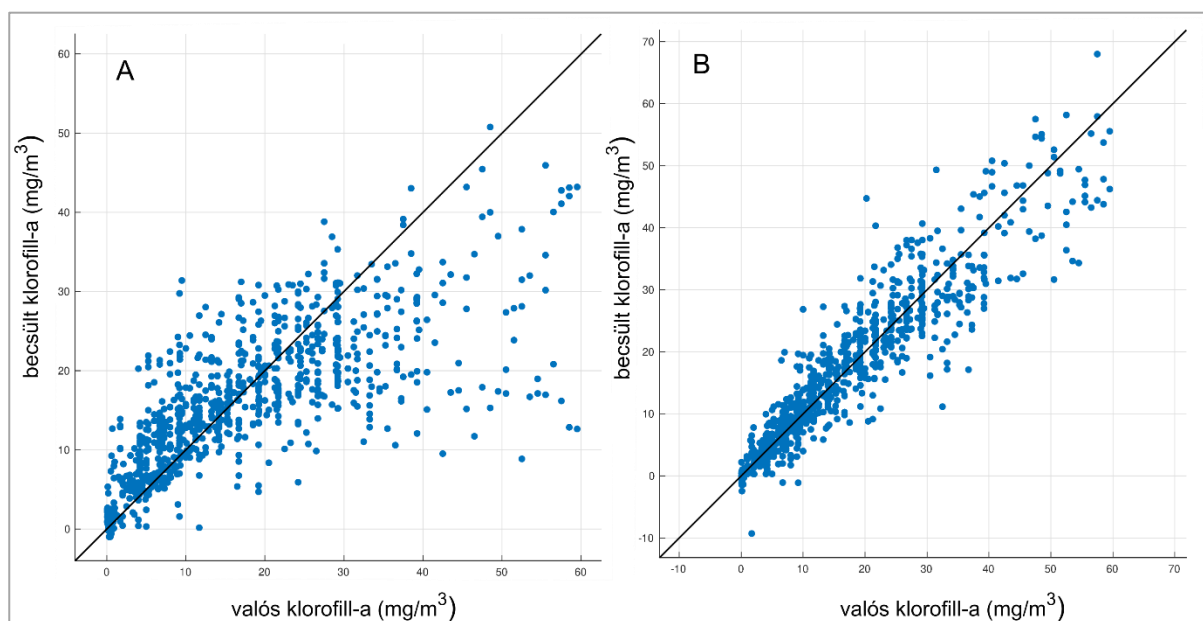
Módszer (összes csatorna)	Átlag abszolút hiba	R^2	Tanulás idő (s)	Predikciós idő (megfigyelés/s)
SVM	5,6	0,59	1,2	36 000
GPR 1	3,9	0,82	10,4	23 000
GPR 2	3,8	0,81	11,5	30 000
NN 1	3,9	0,82	5,7	38 000
NN 2	3,7	0,85	4,5	58 000
NN 3	3,4	0,86	8,1	43 000
mély tanulás	3,2	0,88	7,4	18 000

Megjegyzés: A modellek tanításánál az összes elérhető (11) spektrális csatorna használva volt. A modellek számozása a GPR esetében a kernel függvény típusára, míg a neurális hálóknál a háló méretére utal.

Note: All channels (11) were used in the training process. Model numbers indicate the type of the kernel function and the number of neurons for the GPR and NN, respectively.

A 3. ábra bemutatja az 1. táblázatban összefoglalt MI módszerek közötti különbségeket a legkevésbé (SVM - A) és a legjobban (mély tanulás - B) teljesítő modellek példáján. Jól

látható, hogy míg az adat a mély tanuláshoz követi az 1-1 egyenest, addig az SVM esetében a magasabb a-klorofill értékeknél jelentős alul becslés tapasztalható (3A. ábra).



3. ábra. A valós és becsült α -klorofill értékek közötti korreláció

(Megjegyzés: A felhasznált MI módszerek közötti különbségeket a legkevésbé (SVM - A) és a legjobban (mély tanulás - B) teljesítő modellek példáján. Az egyenes fekete vonal az 1-1 eloszlást mutatja.)

Figure 3. Scatterplots of the measured and predicted Chlorophyll-a content by using the SVM-A and deep learning-B algorithms (Note: The differences between the AI methods used are illustrated by the example of the least (SVM - A) and the best (deep learning - B) performing models. The straight black line shows the 1-1 distribution.

A 2. táblázat összefoglalja a kiválasztott 3, illetve 4 csatornát használó MI modellekre számított statisztikai értékeket. Ebben az esetben a felhasznált algoritmusok között jelentős eltérés figyelhető meg. Míg a 3 spektrális csatornát használó modellek közel egyforma teljesítményre voltak ké-

pések (a legszorosabb kapcsolatot mutató korrelációs együttható a GPR módszernél 0,80, míg a legrosszabb a mély tanulás modellé 0,78), addig a 4 spektrális csatorna esetében a legjobban és a legrosszabb közötti eltérés jelentősen nagyobb volt (GPR – 0,80 és SVM – 0,55; 2. táblázat).

2. táblázat. Regressziós statisztikai értékek összefoglaló táblázata: átlag abszolút hiba, regressziós korrelációs koefficiens (R^2), a tanuláshoz használt idő (s) és a predikcióhoz szükséges idő (megfigyelés/s)

Table 2. Regression performance measures: mean absolute error, regression correlation coefficient (R^2), time used for learning (sec) and time used for prediction (observations/ sec)

Módszer (csatorna db)	Átlag abszolút hiba	R2	Tanulás idő (s)	Predikciós idő (megfigyelés/s)
SVM (4)	6,2	0,55	2,1	21 000
GPR 1 (4)	4,3	0,80	10,4	35 000
GPR 2 (4)	4,1	0,80	13,0	32 000
GPR 2 (3)	3,9	0,80	7,9	39 000
NN 1 (4)	5,0	0,74	7,3	61 000
NN 2 (4)	4,4	0,79	5,5	57 000
NN 3 (4)	4,4	0,79	7,1	50 000
Mély tanulás (4)	4,7	0,77	5,8	64 000
Mély tanulás (3)	4,5	0,78	5,4	42 000

Megjegyzés: A modellek számozása a GPR esetében a kernel függvény típusára, míg a neurális hálóknál a háló méretére utal. A modellek mögötti zárójelben a tanításánál felhasznált csatornák számát mutatja. A 3 csatornás felosztásnál a 443, 665 és 671 nm-es hullámsávoknál lévő Rrs-ek lettek alkalmazva, míg a 4-s input adatoknál az előbbiekhöz hozzáadódik a 683 nm-es hullámsáv.

Note: Model numbers indicate the type of the kernel function and the number of neurons for the GPR and NN, respectively. The numbers in the parentheses refer to the number of channels used in the models. In case of the three channels configuration only bands centered at 443, 665 and 671 nm were used, while for the data with four input features the band centered at 683 nm was also used in addition to the 3 channels setup.

Alkalmazás

A 3. táblázat összefoglalja a 2019. szeptember 5-ei terepi a-klorofill mérések eredményeit. A 2. ábrán látható kép visszaköszön a mért eredményeken, hiszen jól látható,

hogyan a tó nyugati medencéiben (Zala torkolat, Keszthelyi és Szigligeti medencék) nagyon magas a-klorofill értékeket mértek. Ezzel ellentétben a siófoki mérési ponton már nem volt megfigyelhető az algavirágzás (3. táblázat).

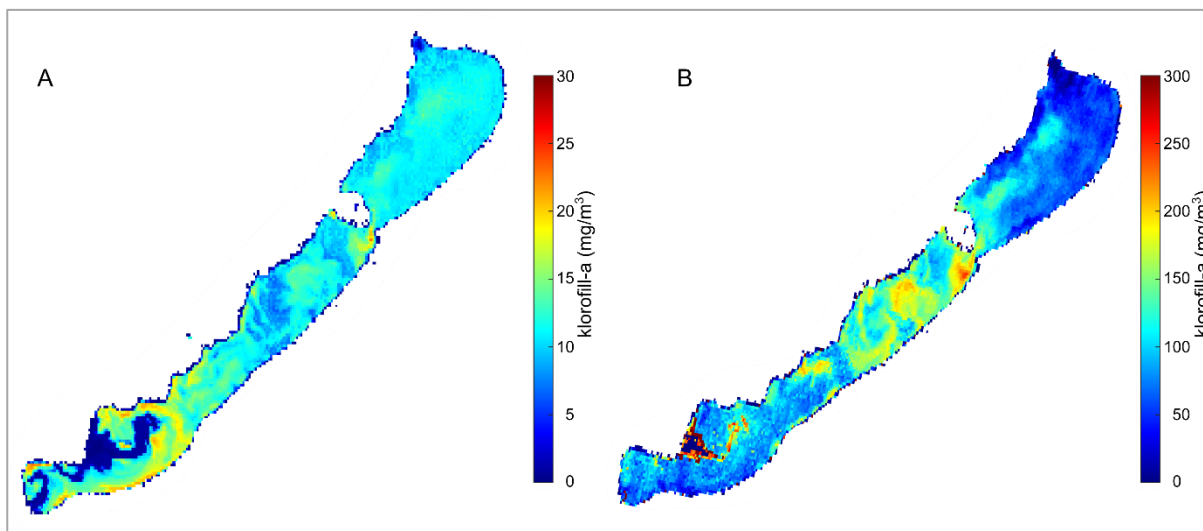
3. táblázat. Terepi mérések 2019. szeptember 5-én a Balatonban (Forrás: KDTVIZIG 2019)
Table 3. In situ measurements in Lake Balaton on the 5th of September 2019 (Source: KDTVIZIG 2019)

Mérési hely	a-klorofill (mg/m ³)
Zala torkolat	618,0
Keszthely	314,0
Szigliget	53,0
Balatonszemes	21,0
Siófok	3,6

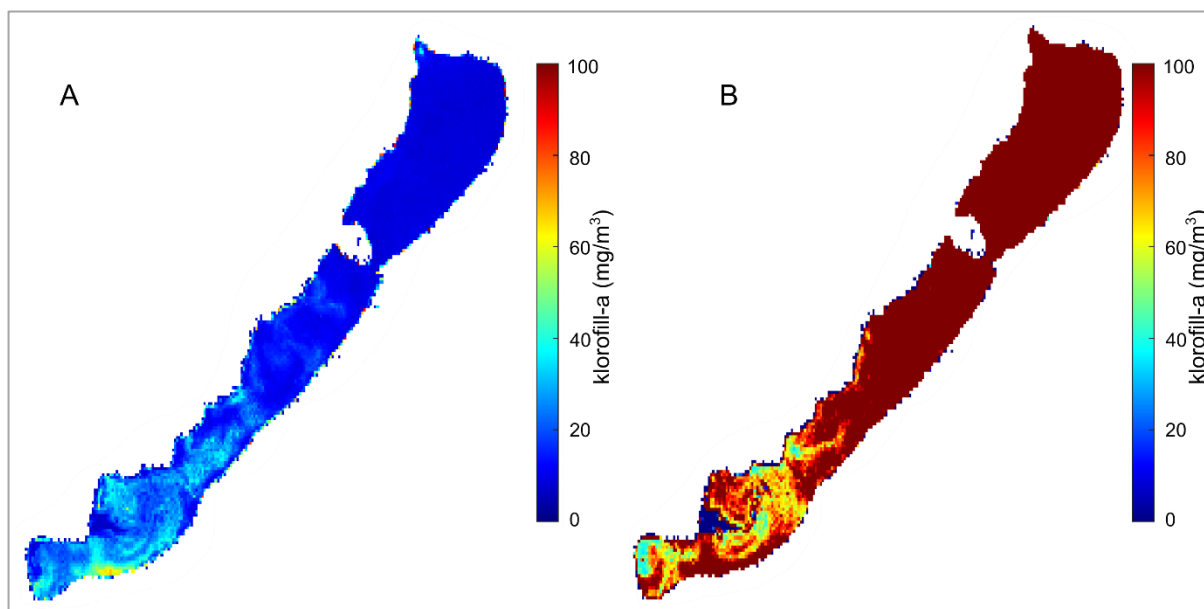
A 4. ábra mutatja a Balaton becsült a-klorofill értékek térképes megjelenítését a 2019 szeptember 5-re. Az ábrákon egyrészt a standard C2RCC algoritmussal számolt adatokat (4A. ábra), másrészt a mély tanulás módszerrel kalkulált, az összes (11) spektrális csatornára tanított (4B. ábra) eredményeket mutatjuk be. Az általános használt C2RCC processzor jelentősen alábecsülte a víz a-klorofill tartalmát, sőt, a keszthelyi, illetve szigligeti medencéknél, vagyis a legmarkánsabb algavirágzás helyein az algoritmus teljes mértékben csődöt mondott, hiszen a reális 200-300 mg/m³ értékek helyett 0 körüli értékeket mutatott (4A. ábra). Ugyanakkor a modell a keleti (Siófoki) medencében az alacsony a-klorofill értékeket helyesen becsülte meg. Ezzel ellentétben a mély tanulás modell a becsült a-klorofill értéket összességében a megfelelő tartományba helyezi, illetve a Szigligeti medence nyugati részéhez társítja sikeresen

az extrém magas a-klorofill értékeket (4B. ábra). Ugyanakkor a mély tanulás modell a viszonylag magasabb értékeket (150 – 200 mg/m³) a Balaton középső részéhez társítja, nem pedig a Keszthelyi medencéhez.

Az 5. ábrán láthatóak a GPR (5A. ábra) és mély tanulás (5B. ábra) algoritmusokkal becsült a-klorofill térképek. A mély tanulás modell (5B. ábra) helytelenül becsülte a víz a-klorofill tartalmát és a keleti medencében is kiemelkedően magas a-klorofill értékeket kalkulál. Ezzel szemben a GPR algoritmus ugyan sikeresen tudta a nyugat-kelet irányú trofikus gradienst követni (5A. ábra), de a Szigligeti-medence nyugati részének extrém algavirágzásával nem tudott megbirkózni. Ugyanis az értékek tartománya alacsonyabb, mint az *in situ* mérések eredményei (3. táblázat), tehát a modell valószínűsíthetően alábecsülte a kiemelkedően produktív vizekben (5A. ábra).



4. ábra. A Sentinel-3 OLCI adatokból C2RCC (A) és mély tanulás (B) algoritmusokkal becsült balatoni víz a-klorofill (mg/m^3) értékek 2019.09.05-én az összes elérhető csatorna felhasználásával
 Figure 4. Predicted Chlorophyll-a content (mg/m^3) by using the C2RCC (A) and deep learning (B) algorithms to data acquired by Sentinel – 3 OLCI on the 5th of September 2019. All channels were used



5. ábra. A Sentinel-3 OLCI adatokból GPR (A) és mély tanulás (B) algoritmusokkal becsült balatoni víz a-klorofill (mg/m^3) értékek 2019.09.05-én, 3 csatorna (443, 665 és 671 nm) felhasználásával
 Figure 5. Predicted Chlorophyll-a content (mg/m^3) by using the GPR (A) and deep learning (B) algorithms to data acquired by Sentinel – 3 OLCI on the 5th of September 2019. Only selected channels (443, 665 és 671 nm) were used

Következtetések és javaslatok

A tanulmányunkban vizsgált algoritmusok közül két modell emelkedett ki regresszió tekintetében. Az egyik a mély tanulás algoritmus volt, mely az összes elérhető (11) csatornát használta a regressziós folyamatban. Ezen modellre kaptuk a legjobb regressziós statisztikákat. Ugyanakkor észrevehető, hogy a többi algoritmushoz viszonyítva a tanításhoz használt idő közepes (7,4 s) és a predikcióhoz szükséges idő (18 000 megfigyelés/s) a legkevésbé megfelelő. A modellel jól meg lehet becsülni a magas a-klorofill értékeket, ami ígéretes, tekintettel arra, hogy a tanító, 2017-es adatsorban található maximum a-klorofill koncentráció $60 \text{ mg}/\text{m}^3$ volt. Jó volt a modell diszkriminációs képessége is, hiszen helyesen becsülte meg a Balatonban megfigyelhető nyugat-keleti trofikus gradienst (4. ábra). Ugyanakkor

a módszer helytelenül becsülte meg a közepes a-klorofill értékekhez társított reflektanciákat, így a modell a Balaton középső részéhez magas a-klorofill koncentrációkat társított.

A másik kiemelkedő algoritmus a GPR 2 (3) modell volt. A módszer 3 hullámhossz-csatornát használt a a-klorofill becslésére, ahogy már egy korábbi közleményben is jelezték (Blix és társai 2018). A modell kiemelkedő predikciós idővel jellemezhető, hiszen nagy mennyiségű adatot (39 000 megfigyelés/s) tud megbecsülni, amihez közepes (7,9 s) tanítási idő párosul. Ezen modell sikeresen becsülte meg a a-klorofill koncentrációkat a trofikus gradiens mentén. Azonban a modell az új input adat alapján sem tudott magasabb értékeket becsülni, mint amit tanult (maximum $60 \text{ mg}/\text{m}^3$).

Összefoglalva megállapítható, hogy mind a két itt közölt kiemelkedő modellt (a mély tanulás és a GPR 2(3)) tovább érdemes vizsgálni. Fontos lenne a modellek további tesztelése a Balatontól különböző, optikailag komplex vizeken is, ezzel biztosítva a modell robusztusságát. A GPR 2 (3) algoritmus további vizsgálata a modell belső mechanikájának felderítése miatt is javasolt, így elősegítve, hogy az MI „fekete doboz” jellege kiküszöbölésre kerüljön. Végetül megemlítendő, hogy ezen modellek már atmoszférára korrigált adatra lettek tanítva, így az atmoszférás korrekciós algoritmusból származó esetleges hibák közvetve jelen vannak az algoritmusokban, vagyis a Balaton adatainak specifikus atmoszférikus kalibrációja is szükséges lehet a modellek megfelelő pontosságának elérése érdekében. Ez csak *in-situ* radiometrikus adat gyűjtésével érhető el. A jövőben javasolt ilyen típusú adatgyűjtés ahhoz, hogy a Balaton vízminősége magas megbízhatósággal megfigyelhető legyen műholdas technológia alkalmazásával.

ÖSSZEFOGLALÁS

Ez a tanulmány bemutatta, hogy a Balaton viszonyaihoz igazított és tanított MI algoritmusok segítségével megbecsülhető a víz a-klorofill tartalma műholdas adatokból. A felhasznált módszerek közül két modell emelkedett ki, a mély tanulás és a GPR 2 (3) algoritmus. Mindkét algoritmusnak vannak előnyei és hátrányai, de összességében elmondható, hogy az átlagostól eltérő adatok esetében is használhatóak, még az atmoszférás korrekció pontosságának vizsgálata nélkül is.

Megállapítható továbbá, hogy a MI elősegítheti a Balaton vízminőségének folyamatos megfigyelését műholdas adatok felhasználásával, feltételezve, hogy a tanított MI modellek helyesen vannak kalibrálva és a jövőben terepi mérésekkel validálva.

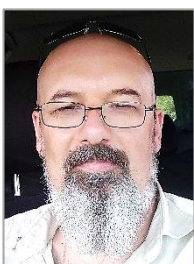
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben bemutatott kutatás az NKFIH K 135832 számú pályázatnak és a Nansen Legacy projekt (Norvég Kutatói Alap, A31161) támogatásával valósult meg.

A SZERZŐK



BLIX KATALIN PhD fokozatát 2019-ben szerezte reál és technológia szakon az „UiT The Arctic University of Norway” egyetemen, ahol 2014 óta tudományos munkatárs. Kutatási területe sarki óceánok, optikailag komplex vizek és sarki tengerjég távérzékelése, gépi tanulás és mesterséges intelligencia algoritmus fejlesztés és alkalmazás.



TÓTH R. VIKTOR PhD fokozatát 2001-ben szerezte teresztrisz ökológiából a Debreceni Egyetemen. 1998 óta a Balatoni Limnológiai Kutatóintézet munkatársa. Elsősorban magasabb rendű növények ökofiziológiájával, ökológiájával, limnológiával és távérzékelésével foglalkozik. MHT tag, a Limnológiai Szakosztály volt titkára (2014-2018).

IRODALOMJEGYZÉK

Blix, K., Pálffy, K., Tóth, R. V., Eltoft, T. (2018). Remote sensing of water quality parameters over Lake Balaton by using Sentinel-3 OLCI. *Water*, **10**(10).

Camps-Valls, G., Gómez-Chova, L., Muñoz-Mari, J., Vila-Francés, J., Amorós-López, J., Calpe-Maravilla, J. (2006). Retrieval of oceanic chlorophyll concentration with relevance vector machines. *Remote. Sens. Environ.*, **105**, 23–33.

Camps-Valls, G., Muñoz-Mari, J., Gómez-Chova, L., Calpe-Maravilla, J. (2009). Biophysical Parameter Estimation With a Semisupervised Support Vector Machine. *IEEE Geosci. Remote. Sens. Lett.*, **6**, 248–252.

Hieronymi, M., Müller D., Doerffer R. (2017). The OLCI Neural Network Swarm (ONNS): A Bio-Geo-Optical Algorithm for Open Ocean and Coastal Waters. *Front. Mar.*, **4**(140).

KDTVIZIG (Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság) (2019). Adatszolgáltatás

Kwiatkowska, E. J., Fargion, G. S. (2003). Application of Machine-Learning Techniques Toward the Creation of a Consistent and Calibrated Global Chlorophyll Concentration Baseline Dataset Using Remotely Sensed Ocean Color Data. *IEEE Trans. Geosci. Remote. Sens.*, **41**, 2844–2860.

Pasolli, L., Melgani, F., Blanzieri, E. (2010). Gaussian Process Regression for Estimating Chlorophyll Concentration in Subsurface Waters From Remote Sensing Data. *IEEE Geosci. Remote. Sens. Lett.*, **7**, 464–468.

Rasmussen, C.E., Williams, C.K.I. (2006). *Gaussian Process for Machine Learning*; MIT Press: Cambridge, MA, USA

Smola, A. J., Schölkopf, B. (2004). A tutorial on support vector regression. *Stat. Comput.*, **14**, 199–222.

Zhan, H., Shi, P., Chen, C. (2003). Retrieval of Oceanic Chlorophyll Concentration Using Support Vector Machines. *IEEE Trans. Geosci. Remote. Sens.*, **41**, 2947–2951.

Természetközeli árvízvédelmi megoldás vizsgálata a Tisza-völgyben HEC-RAS 1D-2D kapcsolt modellezéssel Csongrád környékén

Murányi Gábor¹ és Koncsos László¹

¹Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék,
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.
(E-mail: muranyi.gabor@emk.bme.hu és koncsos.laszlo@emk.bme.hu)

Kivonat

A világszerte elismert HEC-RAS hidrodinamikai modellező szoftver alkalmazásával a Tisza-völgyben a mélyártéri tározás lehetőségét vizsgáltuk egy Csongrád környéki mintaterületen. A Tisza menti területeken magas az árvíz-, belvív- és aszály kockázata, ami a mélyártéri tározási koncepcióval mérsékelhető. A Tisza 1999. évi árhullámra kalibrált és a 2000. évi árhullámmal validált 1D modelljét a 0D majd 2D tározótér modellrészhez történő összekapcsolással, szimulációs alapú vizsgálattal összehasonlítottuk a mélyártéri üzemrendet és az árvízcsúcs csökkentő üzemrendet. Míg utóbbi megoldással számottevő eredmény érhető el rövid idő alatt, akár 87 cm-es vízszintcsökkentés is, addig az előbbi megoldással a fokozatosság elvét követve kisebb, 30 cm körüli vízszintcsökkentéssel ugyanúgy kihasználható a tározótér kapacitása. A mélyártéri tározás esetén 52 millió m³, míg az árapasztó esetén 100 millió m³ tározási kapacitást számítottunk.

A mintaterülettől 13 km-re elhelyezkedő Csongrádi Kónya-szék Természetvédelmi Terület vízháztartási problémákkal küzd. Az alkalmazott domborzati modell alapján megvalósítható lenne a terület mélyártérről történő vízpótlása a tározó 82 mBf vízszintje mellett. Ebben az esetben a tározó még töltésépítés nélkül megfelelő, kapacitása 80 millió m³.

Kulcsszavak

Mélyártér, HEC-RAS, 1D/2D kapcsolt modell, árvíz, víz visszatartás, természetközeli megoldás.

Examination of a nature-based flood control solution in the Tisza River Valley nearby Csongrád town with HEC-RAS 1D-2D coupled model

Abstract

With the use of HEC-RAS a world recognized hydrodynamic model system a comprehensive analysis the inundation of deep floodplains was examined in the Tisza River Valley. The sample area located to south from Csongrád town. The near fields of the Tisza River the flood risk, the drought risk and the excess water risk are high. With the conception of the deep floodplain reservoirs the risk can be decreased. This nature-based solution offers a sustainable flood management instead of the flood peak reduction methods.

The 1D hydraulic model was calibrated with the flood of 1999 and verified with the flood in the year 2000. Then the first step was the optimizing of the sluice gate openings with a 0D storage area (SA) model coupled with the 1D river model. In the next step, the 0D SA was converted into a 2D flow area.

In the first phase a comparative test was examined between the deep floodplain storage method (DFSM) and the flood peak reduction method (FPRM). The essential of the DFSM is that the sluice gates are basically opened, and they are closed only when the water surface reached its maximum level in the SA. So, the charging is gradually. By the DFSM the capacity of the reservoir was 52 million m³, due to the natural relief of the SA. The maximal reduction of the water surface level was about 30 cm whilst the flood was in increasing phase. The method has not effect on the peak. The mean of water depth in the SA was 2 m and the water surface level 81 meters above sea level (MASL). The essential of the FPRM is that the sluice gates are basically closed, and they are opened only in emergency near the peak of the flood. By the FPRM the capacity of the reservoir was upgraded with dams to 100 million m³ which means 86 MASL. With this method the peak can be reduced effectively, in our model the maximal reduction was 87 cm, and the peak reduction was 33 cm. With both methods we can use 100% of the reservoir capacity, but the FPRM is riskier because the dam heightening, and the powerful water flux drive to worse environment for the vegetation. The water flux by the DFSM is lower, so with proper selection of the plants the land-use change can increase the biodiversity. All in all, with both methods we can decrease the flood risk, but the DFSM as a nature-based solution can solve ecological problems more effectively. The analysis reveals that one SA with DFSM is not enough to solve the flood peak reduction, but with a proper river basin management plan a deep floodplain SA system could be as effective as the emergency flood retention reservoir system, or better.

In the second phase a theoretical analysis was taken for the water replenishment of Csongrádi Kónya-szék nature conservation area, which ended positive result.

Keywords

Deep floodplain, HEC-RAS, 1D-2D coupled model, flood, water retention, nature-based solution.

BEVEZETÉS

Jelen dolgozat egy szélesebb ívű kutatás bemutatásának első cikke. A kutatás nagy térbeli kiterjedésben, az Alföld területén vizsgálja a hidrológiai ciklus egyensúlyvesztésével kapcsolatos tünetek feltárását, és az egyensúly helyreállításának lehetőségeit. A fokozódó aszályosság, a talajvízszintek csökkenése és a szélsőséges árhullámok kezelésének eszközeként elemzi az Alföld területén a tározás lehetőségeit mind a Tisza-folyó mentén adódó direkt táro-

zók, mind a távolabbi (háttér) tározók létesítésével, összekapcsolásával, működési problémáival, kockázat csökkentési hatásaival, az ökológiai szolgáltatásokra gyakorolt hatások elemzésével kapcsolatosan. A vizsgálatok kiinduló pontja az a sarkalatos elv, hogy a korszerű vízgazdálkodás feladata nem a tradicionális területhasználat minden áron való fenntartása, hanem a mezőgazdasági alkalmassághoz és a természeti érzékenységhöz igazodó differenciált megközelítés. Ez az elv bizonyíthatóan nagyon sok tározási

hely kijelöléséhez, majdan tározó, illetve tározó-rendszer létesítéséhez vezet. A hidrológiai mérleg elemzése alapján jutunk el oda, hogy a vízmegtartás koncepciója mellett (helyett) az árvízi vízkivezetés lehetőségeit kell elsősorban szemügyre venni. A területhasználati állandóság feladása révén átértékelésre kerül a belvízvédelmi-rendszerek szerepe is. A jelen cikk ennek a vizsgálatnak első módszertani megalapozó eleme.

A klímaváltozáshoz való alkalmazkodás új szemléletet kíván a hagyományos területi vízgazdálkodással szemben. Egyes hatások már érzékelhetők, elegendő az Alföld folytonosan csökkenő talajvízszintjére, vagy a térben és időben egyre szabálytalanabban jelentkező, szélsőségesebb meteorológiai eseményekre gondolnunk. A vízkészletek megőrzése és növelése a XXI. század egyik nagy kihívása. Az árvízvédelmi szempontból kiindulva, de azon túlmutatóan meg kell vizsgálnunk a többlet vizek fenntartható kezelésének módjait. Ennek vizsgálatához, az új módszerek kidolgozásához választottuk mintaterületül a Tisza-völgyet.

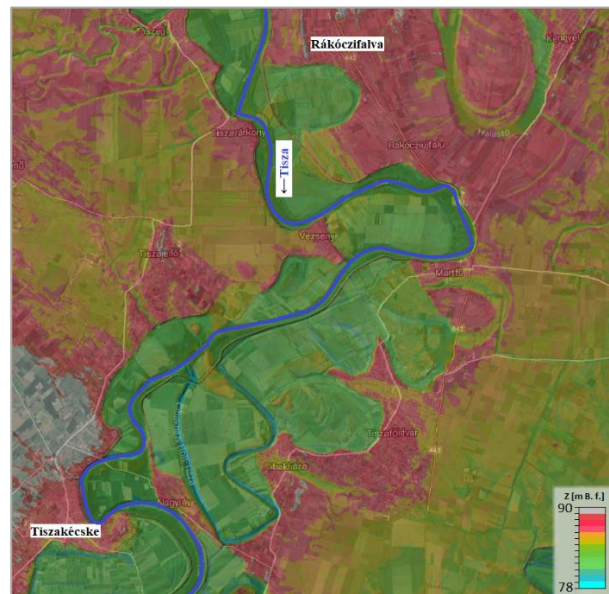
A Tisza teljes vízgyűjtője 157 000 km², melyből hazánk területén 46 380 km² található. Ez a terület nagyrészt az Alföldön helyezkedik el, de részét képezi az Északi-középhegység is. Ebből fakadóan a vízgyűjtő területére esik országunk legmagasabb pontja, a Kékes, 1 014 m Balti tengerszint feletti magassággal (a továbbiakban: mBf) és a legmélyebb pontja is, Szeged-Gyálarét, 75,8 mBf szinttel. Az évi csapadékmennyiség 500-700 mm között mozog, az évi napsütéses órák száma 2 000 óra felett van. A folyó vízjátéka pedig igen nagy, különösen a folyószabályozás előtti vízszinteket tekintve.

A XIX. századra áldatlan állapotok alakultak ki az Alföldön a vízjárta területek kiterjedtsége miatt. Az iparosodás és a gabona konjunktúra következtében megnőtt az árvízmentes területek iránti igény. 1846-ban Vásárhelyi Pál tervei alapján megkezdődött a folyószabályozás. A szabályozás előtt a Tisza hossza meghaladta az 1400 km-t, ebből az ország mai területére vetített hossza 900 km volt. Az ártér leszűkítése azonban a tetőző vízszintek vártnál nagyobb mértékű emelkedéséhez vezetett, ezért a kiépült védműveket több ütemben is magasítani kellett. Ez a folyamat vezetett az ún. „hagyma-keresztmetszetű” töltések kialakulásához (Derts és társai 2018). A „második honfoglalás” kimagasló mérnöki munka eredményeként sikeresen megtörtént.

A Tisza hullámterében az árvízi kockázatot növeli a feltöltődés, illetve a talajvízháztartás szempontjából kedvezőtlen folyamat, a meder bevágódása. Az Alsó-Tisza szakaszon az éves feltöltődés átlagos mértéke 0,8 cm körüli. A Sárga-folyó 11 km széles hullámterét – folyamatos gátmagasítás mellett – a hordalék 11,5 m magasságban töltötte fel az évszázadok során. Bár a tiszai helyzet még nem ilyen drasztikus, de a jelenséget nem hagyhatjuk figyelmen kívül a megoldások feltárásakor, a beavatkozások tervezésekor. A tiszai hullámterek feltöltődése még a kiskörei tározó ülepítő hatása mellett sem hanyagolható el (Schweitzer és társai 2002, Schweitzer 2017). A Tiszán 1998 és 2001 között levonuló árhullámok a vízhozam jelentősebb növekedése nélkül okoztak kiemelkedő növekedést a tetőző vízszintekben.

Ez a hullámterek feltöltődésének és a nagyvízi meder karbantartási hiányainak tudható be. Ezzel a XXI. század elejére nyilvánvalóvá vált, hogy a kiépült árvízvédelmi rendszer tartalékai kimerültek. A hazai árvízi védekezésben a válaszlépésnek szánt Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztése (továbbiakban: VTT) korszakos fordulópont lehetett volna, azonban már a koncepció kidolgozásakor megfogalmazásra került olyan szakmai vélemény, mely szerint nem váltja be a hozzá fűzött reményeket, nem oldja meg a víztöbblet mellett jelentkező súlyos vízhiány kezelésének komplex problémáját (Koncsos 2011).

Az Alföld árvízmentesítésével új kihívások is jelentkeztek. Az árvízvédelmi töltéseken át kell juttatni a mentett oldalon keletkező vizeket. Kiépültek a szivattyútelepek, illetve a belvizeket levezető csatornák. Míg egyes területeken a víz megjelenése, máshol annak eltűnése jelentette a problémát, így az öntözőrendszerek kiépítésére is megjelent az igény. A belvíz kezelésére 42 400 km hosszúságú csatornarendszer üzemel, ez meghaladja az Egyenlítő (kb. 40 075 km) hosszát. A csak öntözési célú csatornák hossza hozzávetőleg 1 000 km, a kettős működésű csatornák pedig mintegy 3 000 km-es hosszban épültek ki. Mind a belvízelvezető, mind az öntöző csatornarendszerről elmondható, hogy rugalmatlanul szolgálja ki a rendszerváltozás óta kialakult birtokviszonyokat (Simonffy 2011, Kozma 2013, Derts és társai 2018). Fontos megjegyezni, hogy az aktív belvízvédekezés hozzájárulhat az aszály kialakulásához. 2100-ig a globális éghajlatváltozás következtében 2-5 °C-kal növekedhet a globális hőmérséklet. Az előrejelzések bizonytalanok, de valószínűsíthető hatás lesz a villámárvizek („flash floods”) kialakulásának gyakoribbá válása, a vízfelületeken a párolgási veszteség növekedése, a talajba történő beszivárgás mértékének csökkenése, az aszályos évek gyakoriságának növekedése (Nováky 2011).



1. ábra. Domborzati viszonyok a Tisza mentén, Rákóczi falva és Tiszakécske között (Alaptérkép forrása: Google Térkép 2018)

Figure 1. Topography along the Tisza River between Rákóczi falva and Tiszakécske town

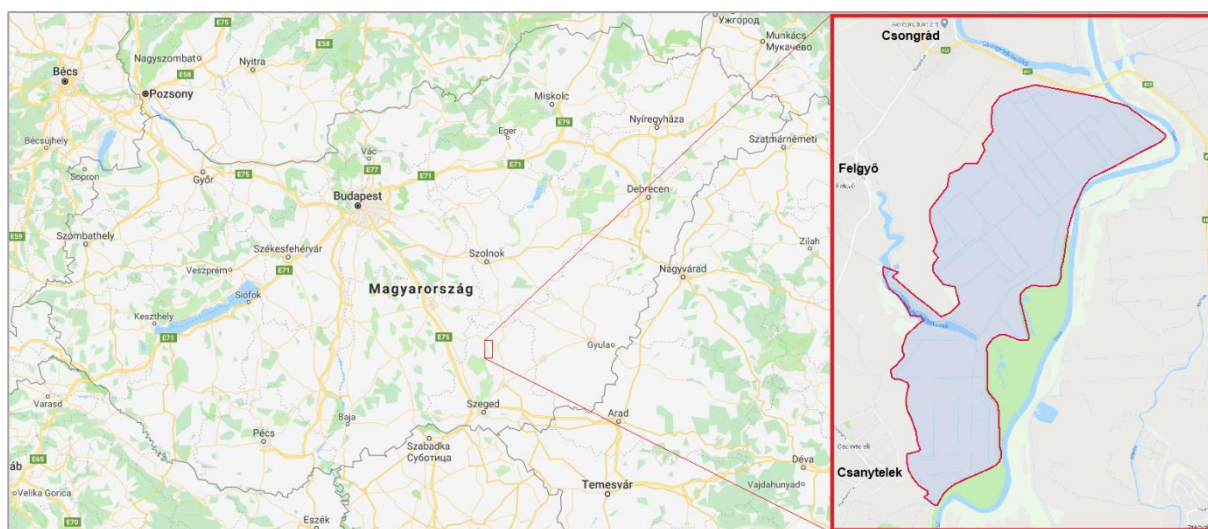
(Source of the base map: Google Maps 2018)

Annak ellenére, hogy az EU Víz Keretirányelvben és annak szellemiségét tükröző Vízgyűjtő-gazdálkodási Tervekben felbukkan az integrált vízgyűjtő-gazdálkodási szemlélet, az árvizek kezelése mintha továbbra is a természeti környezettől függetlenül történne. Tehát a Tisza-völgyben fennáll az árvíz, a belvíz és az aszály kockázata is, zömében térben azonos helyen. Ezek kezelésére az integrált szemléletbe illeszkedő megoldás a mélyártéri tározás lehet.

A Tisza mentén olyan mélyfékvésű területek találhatóak, melyek valaha az ártér részét képezték, azonban a folyószabályozási munkák során a mentett oldalra kerültek. Ezeket nevezzük mélyártereknek. A domborzati viszonyok alkalmassá teszik ezen területek tározási célú hasznosítását, oly módon, hogy nem szükséges külön töltéseket emelni a tározótér köré, legfeljebb lokálisan kell csak elzárni egy-egy völgyet, mélyületet. A történelmi települések jellemzően magaspartra települtek, ahol a szabályozás előtti árvizek nem érték el őket. Ahol a mentett oldalon a korábbi mélyárterben terjeszkedni kezdtek a települések, ott körtöltés kiépítésével az árvízvédelem továbbra is biztosítható. A napjainkra kiépült közúti és vasúti hálózat mind saját töltésen fut. Ezért a tározóterek lehatárolásánál tekintettel voltunk a közlekedési infrastruktúra nyomvonalaira és települések elhelyezkedésére is. További kijelölési szabályként alkalmaztuk, hogy teljes feltöltés esetén egy tározónak legalább 20 millió m³-es tározási kapacitással kell rendelkeznie. Megfelelő, diszkrét színskála mellett a domborzati modellen kirajzolódnak az ártér szintjei. Erre mutat példát az 1. ábra, amely a Rákóczi-falva-Tiszakécske közti folyószakaszt öleli fel. Korábbi kutatások 36 db mélyárteret vizsgáltak a Tisza mentén. A módszer lényege, hogy elsődlegesen víztérfogat kivétellel történik az árvíz apasztás, a műtárgyak jellemzően állandóan nyitva vannak, csak a tározóban megengedhető maximális vízszint esetén történik zárás. Az üzemből következő kisebb szükséges műtárgyméret gazdasági előnyt jelent. A kiválasztott területeken összesen 2,5 milliárd köbméternyi tározási kapacitást mutattak ki, ami azonos nagyságrendű a Tisza teljes hullámterének térfogatával, sőt, meghaladja a Balaton 1,9 milliárd köbméteres víztérfogatát is. Ezen területekről kijelenthető, hogy egyaránt magas, 90%-ot meghaladó az árvíz és a belvízkockázatuk, továbbá a területek több, mint fele súlyosan aszályos (Derts és társai 2018). A három hatás egymástól időben eltolva okoz víz-

többletet és vízhiányt. Eme adottságok tudatában felülvizsgálandó, vajon helyes-e a jelenlegi tájhasználat a mélyártereken, ahol túlnyomó részt – a 2011-es CORINE CLC50 adatbázis alapján kb. 69% a nagytáblás és a kistáblás szántóföldek aránya (Derts és társai 2018) – szántóföldi művelést végeznek. Egy 2003. évi kutatás szerint a magyarországi szántóföld területi arány közel négyszerese az OECD tagállamokénak (Angyán 2003). Mivel a mélyártéri tározási koncepció szerint már a nagyvízi mederbe kilépő folyó is elkezd felülteni a tározóteret, a vízborításra érzékeny vegetációt víztűrő, vízkedvelő vegetációra kell cserélni. Ez a mélyártéri területeken nagyrészt azonos a szántóföldi művelés felhagyásával, új tájgazdálkodás kialakításával. A kockázat Bayes fogalma szerint a veszteségek várható értéke a károkozás mértékének és a kárt előidéző esemény valószínűségének a szorzatából számítható. Belátható, hogy a mélyárterek tározóterekké alakításához kapcsolódó tájhasználat váltással csökken a veszteség várható értéke, vagyis a kárt előidéző esemény bekövetkezési valószínűségének csökkentése nélkül csökkenthető az aszály és a belvíz kockázata (Derts és társai 2018). Tehát ahhoz, hogy a mélyártéri tározás megvalósítható legyen, alapvetően szükséges a tájhasználat váltás. A tározási célra kijelölt területeken a szántóföldi hasznosítás helyett legelőt, kaszálót, ártéri gyümölcsöst kell előnyben részesíteni, mely jobban tűri az elöntést. Ezzel a vizsgált területeken eltekinthetünk a jelenleg fellelhető belvíz- és öntözőcsatornák figyelembevételétől, mivel azok funkciója a területen várhatóan átalakul vagy megszűnik.

A helyes tájgazdálkodással az előbbi kockázatok csökkentésén túlmenően javíthatjuk az érintett területeken és környékükön a biodiverzitást. A Dráva-völgyében végzett kutatások rámutattak, hogy a mentett oldali holtágak részben őrzik az őshonos vizes élőhelyi növényfajta sokaságokat. Azonban ezekre veszélyt jelent és szukcesszióhoz vezet a folyó bevágódása, a csökkenő talajvízszint és az aszály kockázata. Lehetséges megoldásként felmerült a Drávából történő vízkivezetés a holtágak vízpótlásának megoldására. Ezzel egyensúlyba hozható az ökológiai és a mezőgazdasági vízigény is (Salem és társai 2018, Lóczy és társai 2019, Ortmann-Ajkai 2019). Fentiekkel párhuzamot vonva feltételezhető, hogy a mélyártéri tározási koncepció megvalósításával a talajvízszint emelése is megoldható. Ennek vizsgálata további kutatásaink tárgyát képezi.



2. ábra. A mintaterület elhelyezkedése (Alaptérkép forrása: Google Térkép 2018)
Figure 2. The location of the sample area (Source of the base map: Google Maps 2018)

Árnyoldala a mélyártéri tározásnak, hogy a kivitelezéshez az érintett területen jelen lévő összes tulajdonosnak hozzá kell járulnia, vagy ki kell sajátítani a területet. Jelenleg nincs tudomásunk olyan kidolgozott gazdasági ösztönző rendszerről, ami rávezeti a helyi gazdákat a tájhasználat váltásra, az ökológiai és vízgazdálkodási szempontból is helyes tájgazdálkodásra. Ez erős gátat szabhat a rendszer megvalósításának, azonban a feladat nem megoldhatatlan. További nehézségeket okoz, hogy nem sematizálható a tározók kialakítása. Minden lehetséges helyszín külön műtárgyméret optimalizálást, tározótér lehatárolás optimalizálást és a környéki egyéb lehetőségek és kötöttségek (például vízkivezetés a tározótérből, beérkező kisvízfolyások vízének kezelése) feltárását igényli. Mivel egy-egy mélyártéri tározónak önmagában véve viszonylag kis hatása van a tetőző vízszintekre, mérnöki kihívásként a teljes Tisza-völgyben kell vizsgálni az összes tározó együttes hatását és összehangolni a működésüket.

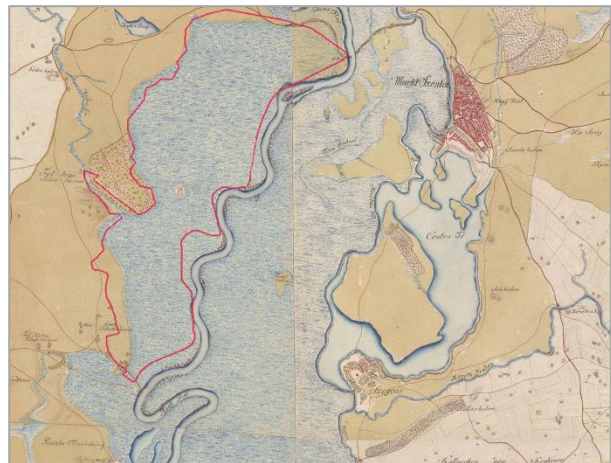
Mivel a teljes rendszer vizsgálata munkaigényes, első lépésként a koncepció működőképességét egy kiválasztott mintaterületen ellenőriztük. A mélyártéri tározás lehetőségének vizsgálatára a korábbi kutatásokra (Koncsos 2006, Derts és társai 2018) támaszkodva Csongrád város közelében került kijelölésre a 2. ábrán látható mintaterület, a Tisza jobb partján. A terület nyugati lehatárolása a természetes domborzati viszonyokat követi 82 mBf szintvonalon. A tározótér határát északról hozzávetőleg a 451 számú főút, keletről a Tisza jobbparti árvízvédelmi fővédvonal, déli oldalról pedig közelítőleg a Csanytelekhez tartozó Tiszai út jelöli ki. A területet csatornarendszer hálózta be, illetve itt található a Vidre-éri halastavak is. A folyószabályozási munkákat megelőzően a terület a tiszai árvíz akadálytalanul előnthette, ez látható a 3. ábrán, mely az Első Katonai Felmérés (1782-1785) térképrészlete (Molnár és társai 2014). Napjainkra a terület árvízmentesítése megvalósult, a területen szántóföldi művelés zajlik. A Mezőgazdasági Parcella Azonosító Rendszer (2021) adatai alapján a Tisza hullámtere Natura 2000 terület, a tározótérként kijelölt területnek pedig több mint fele belvíz-érzékeny, tehát a vizsgálat céljára megfelelő. A kijelölt területtől északnyugati irányban mintegy 13 km-re található a Csongrádi Kónya-szék Természetvédelmi Terület. Ez a terület a Duna-Tisza közének jellegzetes, természetközeli állapotú tájrészlete. Fennmaradását azonban veszélyezteti az intenzív kaszálás, a legeltetés hiánya, a mezőgazdaságból származó biológiai és kémiai anyagok, a vízkészlet szűkössége és a Vidre-éren történt beavatkozások is (Margóczy és társai 2016).

ANYAG ÉS MÓDSZER

Az alkalmazott modell

Robosztus, kis számítású igényű modellt kívántunk alkalmazni a Tisza esetében. Feltételeztük, hogy a vizsgálni kívánt folyóbeli árhullám-jelenségek jól közelíthetők 1D leírással, így ezt a lehetőséget választottuk. Az 1D folyómodell (a nempermanens vízmozgás Saint-Venant modellje) alkalmas a tározó üzembe helyezéséből fakadó

változások vizsgálatához (Novak és társai 2010). Az 1D folyómodell és a tározótér összekapcsolásához feltételeztük, hogy a kifolyó vízhozam bukóképlettel számítható, a kialakuló vízszintekhez pedig a domborzati adottságok alapján előállított tározási jelleggörbe alkalmazható. Ezért a tározótér beeresztő műtárgyának optimalizálásához 0D modellként vettük figyelembe a tározót. A műtárgy méretének optimalizálását követően a mélyártéren kialakuló áramlási viszonyokat, eléricsi időket 2D modell segítségével lehet vizsgálni, így a 0D modellt át kellett alakítanunk 2D áramlási felületté. A mintaterülettől 13 km-re, északnyugatra elhelyezkedő természetvédelmi terület vízpótlásához a Vidre-ér vizsgálatát is célul tűztük ki. Mivel erre a víztestre nem álltak rendelkezésre sem hidrológiai, sem morfológiai adatok, a domborzati modellen kirajzolódó völgyben lehetséges vízmozgást 2D-ben modelleztük. Ezen célok elérésének eszközeként az Amerikai Egyesült Államok Mérnök Testületének Vízmérnöki Központja által fejlesztett folyóvizsgálati rendszer, azaz a HEC-RAS modell került alkalmazásra. A szoftver többek közt alkalmas 0D, 1D és 2D hidrodinamikai modellezésre. Az 1D nem-permanens vízmozgás leírásához a program a Saint-Venant egyenleteket implicit véges differencia séma alkalmazásával számítja ki. A 2D nem-permanens vízmozgások esetén a sekélyvízi hullámterjedés számítása diffúziós hullám közelítéssel vagy a Saint-Venant egyenletek teljes 2D számításával történhet véges térfogat módszer alkalmazása mellett. A HEC-RAS Felhasználói Kézikönyv (a továbbiakban: kézikönyv) (Brunner 2016a, 2016b) a hirtelen, gátszakadás szerű előntés számításához a St. Venant egyenletek 2D számítási módszerét javasolja, ezért a mélyártér előntése ezt alkalmaztuk.



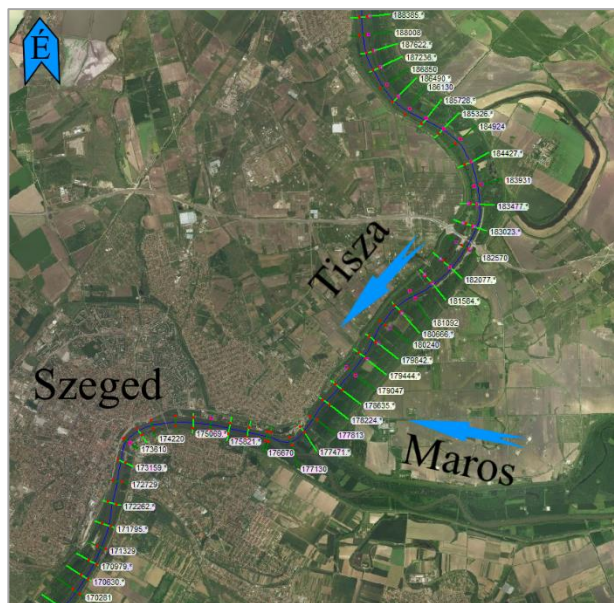
3. ábra. A mintaterület hozzávetőleges elhelyezkedése az Első Katonai Felmérés (1782-1785) térképén (Alaptérkép forrása: Molnár és társai 2014)

Figure 3. Approximate position of the sample area on the First Military Survey (1782-1785) map before the river regulation (Source of the base map: Molnár et al. 2014)

1D modell

Az 1D modell a HEC-RAS 5.0 verzióban megújult RAS Mapper modulban épült fel. A BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék bocsátotta rendelkezésünkre a Tisza keresztmetszésvényeit, az 1998., 1999., 2000. és 2001. évi vízhozam és vízállás idősorokat, az Egységes Országos

Vetületi Rendszernek megfelelő projekciós fájl, illetve a 2014-es, 25x25 méteres rácsfelbontású HYDRODEM digitális domborzati modellt (a továbbiakban: DDM). A szelvények importálását manuálisan, a felvív irányából az alvíz irányában végeztük, majd kijelölésre kerültek a partélek és a nyárigátok, övzátonyok. A modellt a kiskörei duzzasztómű szelvényétől (0+100 fkm) a Tisza Titel alatti torkolatáig (0+000 fkm) építettük fel 1D modellként. Az alkalmazott keresztmetszetek a Tisza 2001-2002 közötti felméréséből származnak. A szelvényeket lineáris interpolációval 200 méteres távolságra sűrítettük. A modellbe összesen 969 db szelvény került felvételre. A nagyobb mellékfolyókat pontszerű hozzáfolyásként építettük be a modellbe, a Tiszához legközelebbi mérészelvényben mért vízhozam idősor adataival. A 4. ábra az 1D modell egy részletét mutatja be. A vizsgálatra kijelölt mintaterület (kb. 238+500 fkm – 229+000 fkm szelvények közötti szakasz) így kellően távol került a peremfeltételektől, a peremi hatás nem érvényesült. A HEC adattároló rendszerében (DSS), a HEC-DSSVue szoftver segítségével rögzítésre kerültek az idősorok. Az alkalmazott peremfeltételek: a Tisza vízhozam idősora Kiskörénél, pontszerű hozzáfolyásként a Zagyva, a Körös és a Maros vízhozam idősora, illetve a Titeli vízmércén a Tisza (gyakorlatilag a Duna) vízállás idősora. A titeli adatsor hiányos volt, a hiányzó adatokat a HEC-DSSVue szoftverben lineáris interpolációval szintetizáltuk.



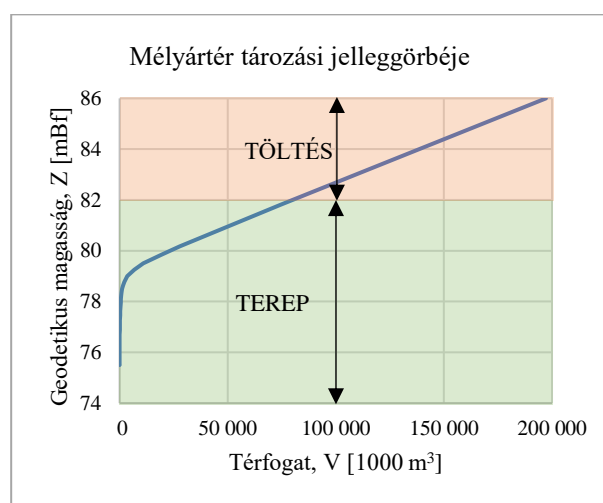
4. ábra. 1D modell részlet, Szegeď környéke (Alaptérkép forrása: Google Térkép 2018)

Figure 4. Szegeď area, detail of the 1D model (Source of the base map: Google Maps 2018)

0D modell

A célunk a műtárgy nyitási idő optimalizálása volt. A számítási idő csökkentéséhez először 0D modellként definiáltuk a tározóteret. Az 5. ábrán látható mélyártéri tározási jelleggörbét a HEC-RAS segítségével állítottuk elő a DDM adataira támaszkodva. Látható, hogy a természetes terepalakulat képezi a tározótér határait 82 mBf magasságig. E felett a magasság felett a szoftver falként veszi figyelembe a tározótér határvonalát. A partfal meredek emelkedése és a fal-szerű lehatárolásra utal a görbe

egyenletes emelkedése 80 mBf magasság felett. Derts és társai (2018) a kijelölt tározóra végzett előzetes vizsgálatokban 82 mBf magasságon határozták meg a tározó maximális üzemi vízszintjét, melyhez 63 millió m³ tározási kapacitást számítottak. Jelen modellben a tározási jelleggörbe alapján a tározókapacitás 80 millió m³ ezen szint mellett. Az eltérés feltehetően az alkalmazott modellek és a tározótér kontúrvonalának különbségeiből ered. Mivel a mintaterületre érkező Vidre-ér, Felső-csatorna, Alsó-fő-csatorna és egyéb kisebb csatornák vízhozamának nagysága ismeretlen, a biztonság javára csak 81 mBf maximális üzemi vízszintet vettünk figyelembe a számítások során, azaz 52 millió m³ tározási kapacitást. A 81-82 mBf szintek közötti tározótérpuffert puffer kapacitásként meghagytuk, hogy a tározótérbe érkező ismeretlen hozamú csatornák vízmennyisége elhelyezhető maradjon, még a maximális tározási szint mellett is.



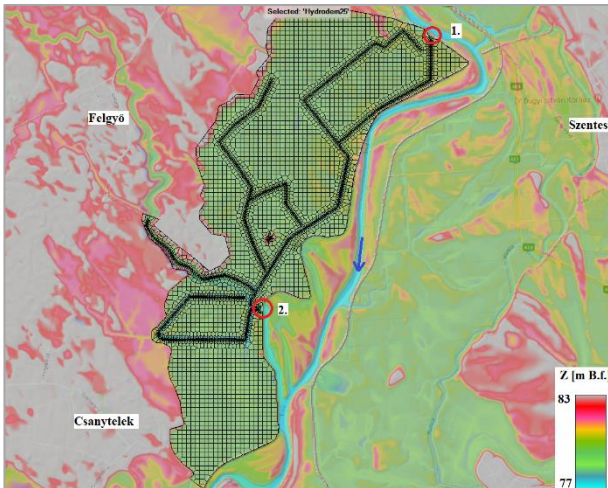
5. ábra. Mélyártéri tározási jelleggörbéje
Figure 5. Elevation-Volume Curve of the deep flood-plain reservoir

2D modell

A mélyártéri 2D számítási felülete a 0D tározóterület konvertálásával lett előállítva. Az alkalmazott megközelítésben a vízszintes impulzuscsere elhanyagoltuk, a 2D modell a mélység mentén integrált szemléletű, azaz a számított sebességek a függőleg mentén középsebességekkel kerültek közelítésre. A 6. ábrán közzétett strukturálatlan számítási rácsháló felbontása 100x100 méter. A csatornahálózat mentén a rácshálót sűrítettük 10x10 méteres felbontásig. A számításokhoz 12 544 cella került alkalmazásra. A terület pontos növényborítását nem ismertük, ezért egységesen, a kézikönyv által szántóföldekre javasolt $n = 0,04 \text{ s/m}^{1/3}$ Manning-féle érdességi értéket tételeztünk fel.

Csongrádi Kónya-szék Természetvédelmi Terület vízpótlásának 2D modellezéséhez a Vidre-ér völgyének pontos szelvénye és a keresztező 4517 és 4519 sz. út hídjainak adatai nem álltak rendelkezésünkre. A modellezés során a DDM-re támaszkodtunk. A hidak modellbe illesztésekor a DDM szerinti völgyfenékhez illesztettük a szabad nyílások fenékszintjét. A terület déli peremének magassága 80-81 mBf között alakul, ezért feltételezésünk szerint a tározótérből 82 mBf vízszint esetén megvalósulhat gravitációs úton a terület vízpótlása. A számítási rácsháló átlagosan 1

km-es szélességben fedi le a Vidre-ér völgyét. A számításokhoz 8466 cellát generáltunk, a rácsháló felbontása 50x50 méter, ami a keresztvező műtárgyaknál 10x10 méteres felbontásra sűrűsödik. A terep felvett érdessége megegyezik a mélyártérben alkalmazottal. A rácsméretet minden esetben úgy állítottuk be, hogy az jól leírja a vizsgált terület morfológiáját, de lehetőleg a számítási pontok száma minimalizálva legyen a modell gyorsaságának megőrzéséhez. További kritérium volt, hogy kellő számítási pontosságot tegyünk lehetővé hirtelen változó vízmozgás esetén is, ezért a csatornák és a műtárgyak környezetében a rácsméretet csökkentettük.



6. ábra. Mélyártér 2D számítási rácshálaja

Jelölés: 1. - Beeresztő műtárgy, 2. - Leeresztő műtárgy

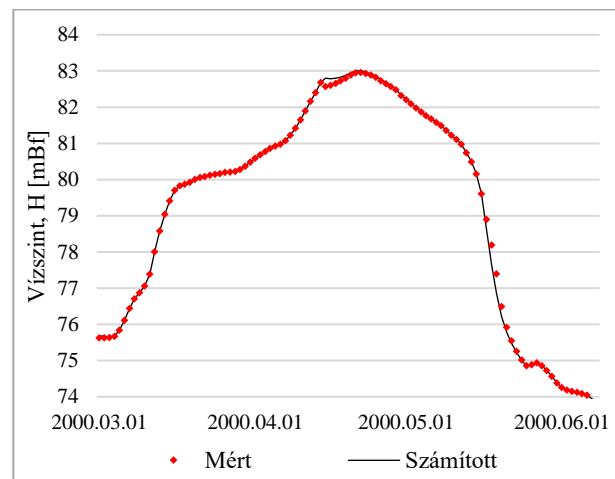
Figure 6. Deep floodplain 2D computational grid

Note: Red circle No. 1 – Inflow sluice gate, No. 2 – Outflow sluice gate

1D modell kalibrációja és validációja

A kalibrációt manuálisan végeztük az 1999.03.01.-1999.06.08. közti időszakra. Ehhez a kiskörei (403+100 fkm), a szolnoki (334+600 fkm), a csongrádi (246+200 fkm), a mindsenti (217+700 fkm) és a szegedi (173+590 fkm) vízmércék idősorait használtuk fel. A modell kalibrálása a Manning-féle érdességi értékek (n) szakaszos változtatásával történt. A legjobb egyezést mutató modellváltozatban alkalmazott simasági értékeket ($k=1/n$) az 1. táblázatban adjuk közre. A kézikönyv alapján a hullámtérre kapott értékek aljnövényzettel sűrűn benőtt er-

dőnek vagy sűrű fűzfás területnek, míg a meder tiszta, ki-mélyülésekkel és zátonyokkal tarkított kanyargós folyónak feleltethető meg. Ez a Tisza esetében elfogadható. A modell kalibrációjának jóságát a Nash-Sutcliffe index (NSE) alkalmazásával és az átlagos négyzetes hiba gyökének számításával (RMSE) is vizsgáltuk, továbbá megadtuk az árhullámcúcsok leírásánál jelentkező abszolút értékű hiba nagyságát. Az NSE jó illeszkedés esetén 1,00 értéket vesz fel, a modellezési gyakorlatban 0,70 érték felett a modell elfogadható. A kapott eredményeket a 2. táblázatban foglaljuk össze. Az illeszkedés vizsgálatának kritériumaként felülről nyitott szűrő szabályt alkalmaztunk, miszerint csak az adott mércén regisztrált árhullámcúcs alatti 2 méteres magassági tartományba eső értékeket vesszük figyelembe, tekintve, hogy a modell a tetőző vízszintek leírására készült. A modell igazolásához 2000.03.01.-2000.06.08. közötti időszakra végeztünk szimulációt. Ennek eredményeit szintén a 2. táblázatban mutatjuk be. Mivel az árhullámcúcsok leírásában jelentkező abszolút értékű hiba a ± 12 cm-t nem haladta meg, a modellt igazoltnak tekintjük. Példaként a 7. ábrán bemutatjuk a mért és a modellezett vízállás idősort a szegedi vízmércé szelvényében.



7. ábra. Validáció vízállás idősora a szegedi vízmércén (piros pont – mért, fekete vonal – számított)

Figure 7. Model validation - Water surface elevation time series on the Szeged gauge

(red dot – measured, black line – computed)

1. táblázat. A kalibrált Manning-féle simaság, azaz " k " értékek [$m^{1/3}/s$]

Table 1. Calibrated reciprocal values of Manning's roughness factor, " k " values [$m^{1/3}/s$]

Szakasz [fkm] kezdete - vége		Bal part	Meder	Jobb part
403+100	334+600	5,90	30,00	5,90
334+600	259+748	7,10	30,00	7,10
259+748	228+140	5,00	30,00	5,00
228+140	202+864	6,30	30,00	6,30
202+864	173+590	5,00	30,00	5,00
173+590	0+000	5,00	34,50	5,00

2. táblázat. Az illeszkedés jósága (kalibráció és validáció)
Table 2. The goodness of fit (calibration and validation)

Folyamat:		Kalibráció			Validáció		
Vizsgált időszak:		1999.03.01.-1999.06.08.			2000.03.01.-2000.06.08.		
Szelvény [fkm]		NSE	RMSE [m]	$\Delta h_{csúcs}$ [m]	NSE	RMSE [m]	$\Delta h_{csúcs}$ [m]
403+100	Kisköre	0,96	0,13	0,02	0,83	0,24	0,12
334+600	Szolnok	0,82	0,27	0,01	0,95	0,12	0,07
246+200	Csongrád	0,82	0,27	-0,02	0,99	0,06	-0,01
217+700	Mindszent	0,86	0,20	0,00	0,99	0,07	0,06
173+590	Szeged	0,93	0,12	-0,11	0,99	0,06	0,03

Jelölés: NSE – Nash-Sutcliffe index, RMSE – átlagos négyzetes hiba gyöke méterben kifejezve, $\Delta h_{csúcs}$ – mért és modellezett árhullámcsúcs különbsége
Note: NSE – Nash-Sutcliffe index, RMSE – root-mean-square error in meters, $\Delta h_{csúcs}$ – difference between the measured and modeled flood peak level

Az elöntés modellezése

Az 1D Tisza modell és 0D tározó modell összekapcsolását az árvízvédelmi fővédvonal tengelyében definiált, két nyílású beeresztő és leeresztő műtárgy biztosítja. A 6. ábrán látható a műtárgyak elhelyezkedése is. A beeresztő műtárgy az 1. számmal jelzett 238+410 fkm szelvényben, a leeresztő műtárgy a 2. számmal jelzett 229+250 fkm szelvényben található. Ez utóbbi szelvény közelében található egy szivattyútelep, így, mint a belvízvédelmi öblözet mélypontja, alkalmas a leeresztő műtárgy elhelyezésére. A két műtárgy azonos kialakítású, nyílásaik szélessége 10 méter, magassága 7 méter. A műtárgyak széles küszöbű bukóként csatlakoznak a szelvényben a tározótér fenékszintjéhez. Az elzárást a modellben alsó átfolyású zsilipek biztosítják. A zsilipekre a szabad átfolyás és az alulról befolyásolt átfolyás egyenletét alkalmaztuk, melyek között a váltást fokozatosan történik (Brunner 2016 b). Amennyiben az átfolyás szabadon, a zsilipablával való érintkezés nélkül történik meg, a számítás a bukó képlettel történik. A műtárgyak nem kerültek részletesen megtervezésre, a felvett nyílás magasság csak a modellezés egyszerűsítését szolgálja.

A mélyártéri tározási üzemrend alapelve a fokozatosság. Lehetőség szerint már a középvízi mederből kilépő vízhozamokat kivezetjük a tározóba, ezért a beeresztő műtárgy zsilipjei alapállapotban nyitva vannak. A zsilipek zárása csak akkor szükséges, ha a tározótérben elértük a megengedhető maximális üzemi vízszintet. Mivel az árhullámot annak kezdeti időpontjától megcspoljuk, az elárasztás kis térfogatáramok mellett, kisebb műtárgyméret mellett történhet meg. Ezzel az üzemrenddel szemben vizsgáltuk a VTT tározókra jellemző vész nyitási, árvízcsúcs csökkentő üzemrendet is. Ennek leírásához a 86 mBf töltéskorona alatt 1 m-t elérő vízszintet vettük alapul.

A 0D tározómodell esetén lehetőség nyílik a zsilipek irányítását egyedi szabályokkal leírni. A műtárgy küszöbszintje 78 mBf, a tározó megengedhető vízszintje 81 mBf. A Tisza vízszintjét a műtárgy felvízi oldaláról, az 1D modell adott időpillanatban számított vízfelszín magassági értékéből veszi át a szabály. A mélyártéri üzemrend szabálya: ha a tározótérben a vízszint alacsonyabb az adott időpillanatban a folyó oldali felvízszintnél és nem magasabb a maximális üzemi víz-

szintnél, a zsilipek nyitva vannak. Ha a felvízi vízszint alacsonyabban van a mélyártér vízszintjénél és a tározó vízszintje a műtárgy küszöbszintje alatt van, akkor a zsilipek teljesen nyitva vannak. Minden egyéb esetben a zsilipek zárt állapotban vannak. Az árvízcsúcs csökkentő üzemrend szabálya: a zsilipek mindaddig zárva vannak, amíg a Tisza vízszintje a műtárgy felvízi oldalán nem éri el a 85 mBf magasságot. Ekkor a zsilipek nyitnak. Ha a tározótérben elértük a megengedhető vízszintet, a zsilipek lezárnak.

Az összehasonlításhoz és a zsilip méretének optimalizálásához 15 forgatókönyvet elemeztünk. Ennek egyik futó változója a zsilip nyílásának szélessége volt. 10, 20, 30, 40 és 50 m összes nyílásszélességű kialakítást vizsgáltunk, egy-egy nyílás minden esetben 10 m szélességű volt. Másik változónk a víz kieresztéséhez a felvíz oldali tiszai vízszint volt. A mélyártéri üzemrendhez a 78 mBf kieresztési szintet alkalmaztuk, az árvízcsúcs csökkentő üzemrendhez pedig a 85 mBf szintet. A kettő közti állapot vizsgálatához 81 mBf nyitási vízszintet alkalmaztunk.

A fenti módszerrel megvizsgáltuk a két szélső esetet is. Az egyik egy 20 m nyílású műtárgy mélyártéri üzemrend alkalmazásával, a másik egy összesen 50 m szabad nyílású műtárgy árvízcsúcs csökkentő üzemrend mellett. Ekkor azonban a tározótér töltéssel való növelését feltételeztük, így 81 mBf helyett már 86 mBf üzemi vízszintet engedtünk meg az árvízcsúcs csökkentő üzemrendben. Az így előállított zsilip nyitási idősorokat felhasználva a tározó 0D modelljét 2D modellel alakítottuk át. Ezzel lehetővé vált a tényleges elöntés modellezése. A 0D modell esetén a tározási jelleggörbe segítségével számoltuk a tározótér vízszintjét, a mélypontról történő feltöltéssel. 2D modellezés esetén nem várható 100%-os pontosságú egyezés a 0D modellben kialakult vízszinttel.

A távol fekvő természetvédelmi terület vízpótlására tett kísérlethez a tározótér ismét 0D modelleként, 82 mBf szintig töltjük fel. A Vidre-ér völgyében 2D számítási rácsalót alkalmaztunk. A tározó és a völgy összekapcsolása a fentiekhez hasonlóan zsilipekkel történt, azonban, míg az előző esetekben a műtárgyakat mint párhuzamos műveket definiáltuk, jelen esetben a szoftver külön 0D-2D kapcsolati leírását alkalmaztuk. A zsilip működését nyitási idősorral adtuk meg. A zsi-

muláció 0. időpillanatában a beeresztő zsilip zárva van, majd fokozatosan nyílik, teljes magasságig. A két közúti hidat állandóan nyitott zsilipként építettük be a modellbe. A tározó és a Vidre-ér kapcsolatát leíró műtárgy három nyílású, a nyílásméretük (sz/m): 30/4, 50/5 és 6/100 m. A legnagyobb nyílás folyásfenék szintje 78,95 mBf. A 4519 sz. út hídjának felvett nyílásmérete 15/3,5 méter, folyásfenék szintje 81,43 mBf. A 4517 sz. út hídjának nyílása 100/4 méter, folyásfenék szintje 81,05 mBf. A megadott műtárgyméretük becslésen alapulnak.

Érzékenységvizsgálat

A tározóterületen a pontos növényborítottság és a mikrodomborzati viszonyok nem ismertek, vagy túl nagy felbontású modellt igényelnének, ezért a terület leírását a felület simasági együtthatójával tesszük meg. A kijelölt területre jellemző a szántóföldi művelés, ezért a modellezési gyakorlat szerint, az érett szántóföldi növényekre javasolt $k = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ értéket vettük fel. A modell érzékenységének vizsgálata során a simaság értékeit az egyik esetben 25%-kal növeltük, míg a másokban ugyanennyivel csökkentettük és vizsgáltuk az előtérésre gyakorolt hatásukat egy-egy kiválasztott referencia célában. A számítás eredményei a simaság csökkentésével rendre 1,9 cm vízszint növekedést (+0,2%), a simaság

növelésével pedig 5 mm vízszint csökkenést (-0,1%) mutattak. Az előtérés során hangsúlyosabb különbségek mutatkoztak. Helyenként ± 1 nap differenciával értünk csak el bizonyos elárasztási szinteket. Elsődleges közéletként elfogadtuk az alkalmazott simasági értékeket, azonban a vizsgálatunk rámutatott, hogy a későbbi munka során az elérési idők jobb becslés érdekében a felszínborítás részletesebb leképezése kívánatos.

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

Műtárgyméret optimalizálás

Vizsgálódásainkhoz a 2000. évi árvizet választottuk, mert ekkor új LNV szint is kialakult. A műtárgyméret optimalizálásához használt forgatókönyvek adatait és eredményeit az 3. táblázatban adjuk közre. A vizsgálatához referencia szelvényként a szegedi vízmércét választottuk, mely a tározótól alvízi irányban helyezkedik el. A megjelenített maximális vízszintcsökkentési értékek a teljes árhullámra vonatkoznak, nem az árhullám csúcsára. Ennek jelentősége, hogy bár jelenleg csak egy területet vizsgáltunk, a jövőben egy egész mélyártéri tározórendszer kiválasztásához modellezni. A vízszint csökkentő hatások alvízi irányban terjednek, vagyis várható, hogy egy tározórendszer esetén a halmozott vízszintcsökkentő hatással már jelentős csökkenést érhetünk el a tetőző vízszintek esetén is.

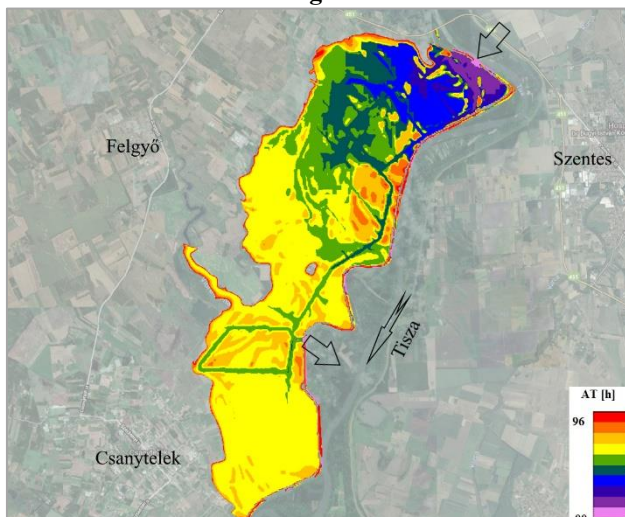
3. táblázat. Műtárgyméret optimalizálási forgatókönyvek és eredményeik
Table 3. Scenarios of the hydraulic structure optimization and the results

Üzemrend	Mélyártéri			Köztes			Árvízcsúcs csökkentő		
Nyitási szint	78 mBf			81 mBf			85 mBf .		
Nyílás méret, B [m]	Max. vízszint csökkentés, Δh [cm]	Töltési idő [nap]	Max. kiengedett hozam, Q [m ³ /s]	Max. vízszint csökkentés, Δh [cm]	Töltési idő [nap]	Max. kiengedett hozam, Q [m ³ /s]	Max. vízszint csökkentés, Δh [cm]	Töltési idő [nap]	Max. kiengedett hozam, Q [m ³ /s]
10	15	11,7	132,54	18	5,7	142,55	19	2,0	386,42
20	22	10,1	144,70	23	3,2	227,78	21	1,0	623,09
30	21	10,0	147,10	29	2,6	267,77	22	0,7	1015,16
40	21	10,0	191,28	32	2,6	311,82	24	0,5	1337,20
50	20	10,0	266,99	32	2,4	384,48	24	0,5	1538,89

Az alkalmazott nyílásméret és nyitási idő függvényében a tározótér 11,7 nap, vagy akár 0,5 nap alatt is feltölthető. Látható, hogy a mélyártéri üzemrend jellemzően kisebb vízszintcsökkentést eredményez, köszönhetően annak, hogy az árhullám növekvő szakaszában történik meg a vízkivétel. Azért az áradó ágon történik a vízkivétel, mert ezzel lehetséges a tetőző szintek csökkentése. A kapott eredményeket jelentősen befolyásolja, hogy a 2000. évi árhullám hosszú volt, a mélyártéri üzemrend mellett pedig az árhullám tetőzésétől időben távol történik meg a tározótér feltöltése. Ökológiai szempontból kedvezőbb a mélyártéri üzemrend, mely alkalmazásával a térfogatáram egészen a 40 m-es nyílás méretig 200 m³/s alatt marad. Árvízcsúcs csökkentő üzem mellett már a 10 m-es nyílásméret esetén is meghaladja a 380 m³/s-ot a kilépő vízhozam. A köztes

üzemállapot mutatja a legmagasabb vízszint csökkentést a szegedi szelvényben. Ez annak köszönhető, hogy az árhullám tetőzés előtti, emelkedő szakaszában történik meg a nyitás. Ezeket a vizsgálatokat célszerű volna több történelmi árhullám szimulációja mellett is elvégezni. Az is látható az eredményekből, hogy a mélyártéri üzemrend ugyan kisebb vízszint csökkentést okoz, de az eltérés csak néhány cm (22 cm - a maximális, elérhető 32 cm-hez képest). A „köztes” nyitás (ez okozza a legnagyobb vízszintcsökkentést) ugyanakkor csak akkor alapozható meg szemléleti értelemben, ha az árhullám előrejelzés elfogadható képességéhez kapcsolódik, hosszabb időhorizonton. A mélyártéri üzem mód nem igényel előrejelzést, és nem terheli annak hibája a téves nyitásból eredő károkozással, mert a feltételezett területhasználat igényli a vízpótlást.

A tározás hatásának vizsgálata

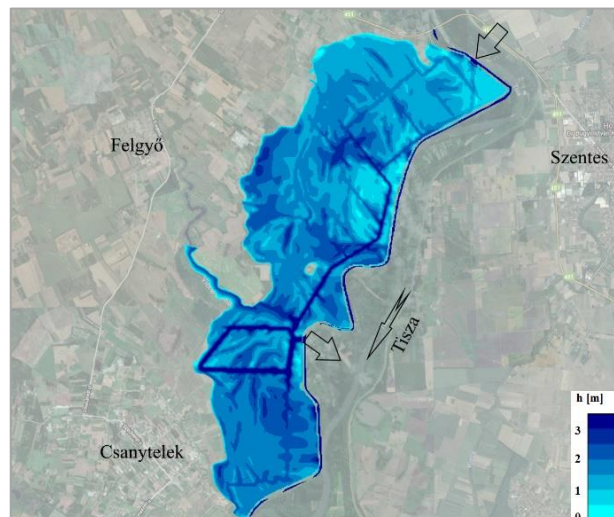


8. ábra. Elérési idők a mélyártéri üzem esetén (Alaptérkép forrása: Google Térkép 2018)

Figure 8. Arrival times in case of deep floodplain storage method (Source of the base map: Google Maps 2018)

A vizsgálat alapjául két modellváltozat szolgált. A mélyártéri üzemrend esetében 20 m szabad nyílás és 81 mBf üzemi vízszint, az árvízcsúcs csökkentő üzemrend esetén 86 mBf maximális üzemi vízszintet és 50 m összes szabad nyílást vettünk figyelembe.

A mélyártéri üzemrend mellett a 20 méteres összes szabad nyílású műtárgy esetén a kilépő vízhozam fokozatosan változik, a térfogatáram maximális mértéke 228 m³/s. Az elérési időt attól az időpillanattól kezdve számítjuk, hogy a Tisza vize kilép a tározótérbe. A 8. ábrán mutatjuk be az elérési időket. A tározó északi részén 6 órán belül kialakul a vízborítás, déli irányban a csatornákon keresztül „előre szalad” az elöntés. A teljes terület elérése 48 órát vesz igénybe, melynek során a Várhát nevű domborulat szárazon marad. A tározó töltési ideje hozzávetőlegesen 10,5 nap. A 9. ábrán megfigyelhető a kialakuló vízborítás. A vízmélység átlagos értéke 2 méter, a legmélyebb pontokon (csatornák szelvényeiben) kialakulhat 5 méteres vízborítás is. A legjobb vízszint csökkentő hatás a csongrádi vízmércén mutatható ki, mértéke 32 cm. Az árhullám csúcsot ugyanezen szelvényben 1 cm-rel csökkenti a vízkivétel. A 10. ábrán látható, hogy a tározó hatása az árhullám felszálló ágában érvényesül. A csökkentés mértékét az egyes vízmércé szelvényekben a 3. táblázatban adjuk közre. A tározótér leürítése nagyjából 8 napot vesz igénybe, teljes nyitás mellett. A modellben a leürítés során pangó vizes foltok alakultak ki. Ennek oka a DDM és a számítási rácsháló durva felbontása lehet. Az itt bemutatott vizsgálat egy nagyívű koncepció része. Az elképzelt működés a víz továbbvezetése (kivezetése) vízpótlás céljából. Minthogy az ehhez szükséges további rendszer elemek nincsenek meg, átmenetileg szükséges a kivett vizet visszavezetni a Tiszába, hogy a tározó a következő árhullámot képes legyen fogadni. Amint a végleges rendszer rendelkezésre fog állni, erre várhatóan nem lesz szükség. Addig is, szükséges becslést adnunk a tározótér szükség szerű leürítésének időigényére.



9. ábra. Kialakuló vízmélységek mélyártéri üzem esetén (Alaptérkép forrása: Google Térkép 2018)

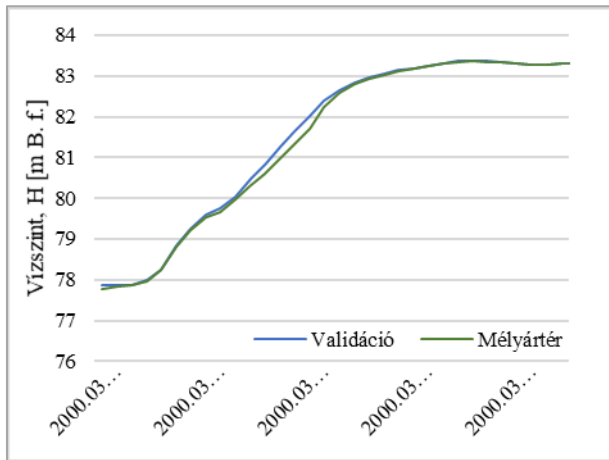
Figure 9. Water depth in case of deep floodplain storage method (Source of the base map: Google Maps 2018)

A mélyártéri tározás eredményeinek összehasonlításához megvizsgáltuk egy esetlegesen kialakítható árvízcsúcs csökkentő tározó hatásait. Ekkor a tározó nyitása 85 mBf tiszai felvízszint mellett történik. A műtárgy méretét megnöveltük 5 nyílásúra, azaz összes szabad nyílása 50 méter. A tározótér körül töltéspítést, töltésmagasítást feltételezünk, így 86 mBf a maximális üzemi vízszint. A térfogatáram maximális mértéke 1764 m³/s. Ez a kiugróan magas érték vetekszik a Szamos-Kraszna Közi VTT tározó vízbeeresztő műtárgyának kapacitásával. A 12. ábra alapján az elérési idő a teljes tározótérre kevesebb, mint 24 óra. A teljes északi medencét 3 órán belül éri el a víz. A Várhát nevű magasabb domborulatot is 48 órán belül elönti a víz. A feltöltés ideje 7,4 nap. A 13. ábrán látható, hogy a vízborítás szinte mindenütt meghaladja a 3 méteres mélységet. A csongrádi mérce szelvényében (11. ábra) látható, hogy a vízkivétel ugrást okoz a vízállás idősorban, hatása azonnali. A 4. táblázatból kiolvasható, hogy a legnagyobb csökkentés 55 cm-rel nagyobb, mint a mélyártéri üzemrend esetén, illetve minden esetben az árhullám tetőző szintje is csökkent.

Az eredményekből látszik, hogy a tározótér feltöltése mindkét üzemrend mellett megvalósítható. Ugyanakkor a vízbeeresztés megkezdésének időpontja nagyban befolyásolja, hogy az árhullám milyen mértékben transzformálható. A mélyártéri szemlélettel a töltés hamarabb kezdetét veszi, ezért az árhullám csúcsra nincs már hatása egy elnyúló árhullám esetén. A kialakuló áramlási sebességek még megengedik egy állandó vegetáció meglepedését, illetve a jól megválasztott üzemi vízszint és tartózkodási idő elősegíti a vegetáció fennmaradását is. Az árvízcsúcs csökkentő, vagy árapasztó üzemrend esetén a beavatkozás drasztikus hatású. Az árhullámcsúcs csökken. E mellett a tározótérben az elöntés is gyorsan végbemegy, nagy térfogatáram mellett. Ez kedvezőtlen a növényzet szempontjából, különösen, ha még – mint a modellben is tettük – töltésmagasítással növeljük a tározótér területét. Ez a megoldás már csak azért is kockázatosabb, mert a tározótér töltésének tönkremenetelével vagy meghá-

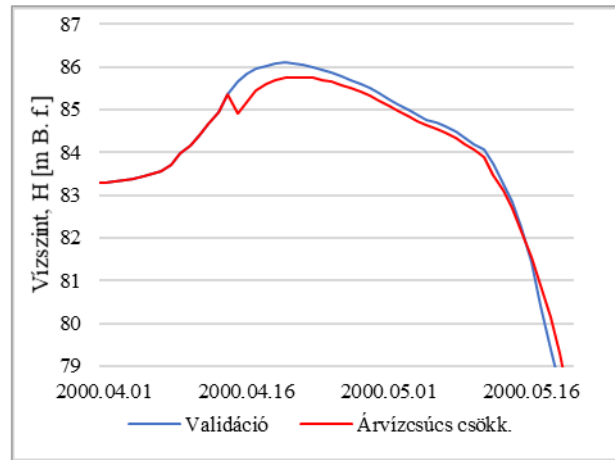
gásával lakott területek kerülhetnek veszélybe. A mélyártér domborzat által kijelölt határvonalán csak a „befutó” völgyekben kell elzárást építeni, melyek tönkremenetele esetén nagy valószínűséggel „csak” mezőgazdasági területek kerülhetnek veszélybe. Ezekből következik, hogy

természetközeli megoldásként a mélyártéri tározás jobb választásnak bizonyul, de csak és kizárólag akkor vezethet sikerre az alkalmazásuk, ha rendszerszemléletben a teljes folyószakaszon alkalmazásra kerülnek, így integrált hatásuk a teljes folyószakaszon csökkentheti a tetőző vízszinteket.



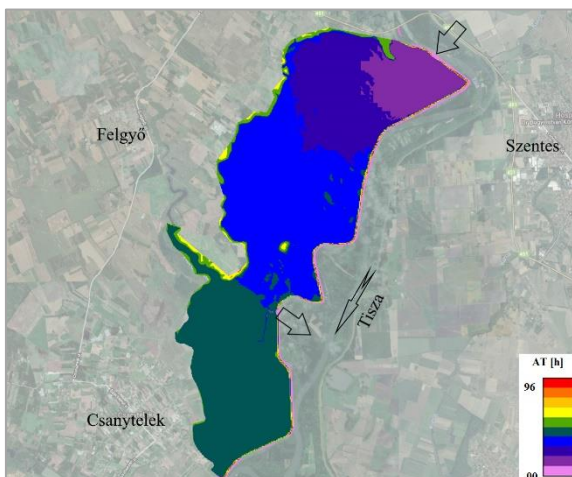
10. ábra. Vízállás idősor a csongrádi vízmércén – mélyártéri üzemű tározás hatása

Figure 10. Water surface elevation time series on the Csongrád gauge – effect of the reservoir with DFSM



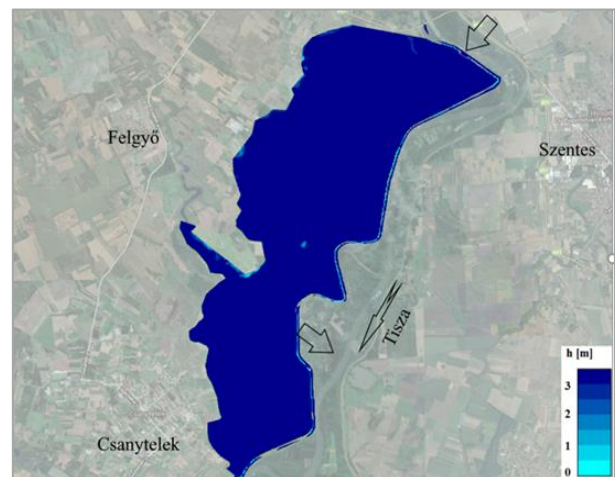
11. ábra. Vízállás idősor a csongrádi vízmércén – árvízcsúcs-csökkentő tározás hatása

Figure 11. Water surface elevation time series on the Csongrád gauge – effect of the reservoir with FPRM



12. ábra. Elérési idők az árvízcsúcs csökkentő üzem esetén (Alaptérkép forrása: Google Térkép 2018)

Figure 12. Arrival times in case of flood peak reduction method (Source of the base map: Google Maps 2018)



13. ábra. Kialakuló vízmélységek az árvízcsúcs csökkentő üzem esetén (Alaptérkép forrása: Google Térkép 2018)

Figure 13. Water depth in case of flood peak reduction method (Source of the base map: Google Maps 2018)

4. táblázat. Az egyes üzemrendek árhullám csökkentő hatásai

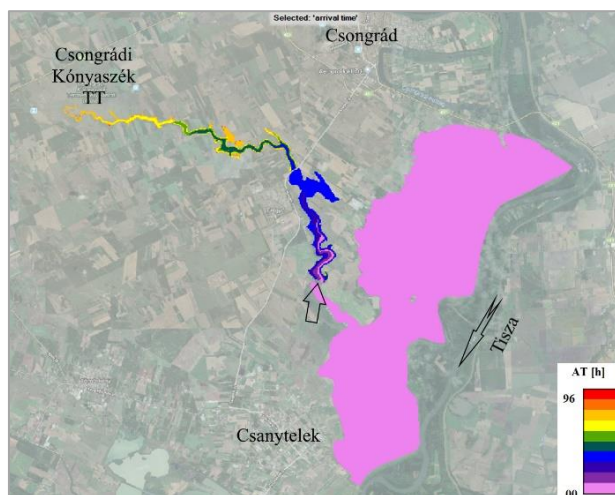
Table 4. Flood wave reduction effect of the methods

Szelvény		Mélyártér		Árvízcsúcs csökkentő	
		Árhullám csúcs [cm]	Legnagyobb csökkentés az árhullámban [cm]	Árhullám csúcs [cm]	Legnagyobb csökkentés az árhullámban [cm]
246+200	Csongrád	-1,00	-32,00	-33,00	-80,00
217+700	Mindszent	0,00	-32,00	-14,00	-87,00
173+590	Szeged	0,00	-22,00	-13,00	-55,00

A Csongrádi Kónya-szék vízpótlása

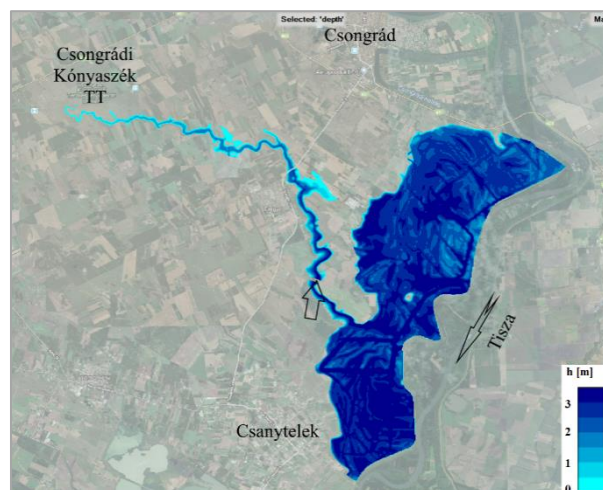
A tározó zsilipjének nyitásától számítva, mint az a 14. ábrán is látható, hozzávetőlegesen 3 nappal van szükség, hogy a víz elérje természetvédelmi területet. Az első medencét (tározótér – 4519 sz. út közötti szakasz) 6 órán belül, a második medencét (4519 sz. út – 4517. sz. út közötti

szakasz) 24 órán belül érheti el a gravitációs úton kiáramló víz. A kialakuló vízmélység a természetvédelmi terület közelében 1-50 cm közötti. A 15. ábra szerint az első és a második medencében is 3 méteres vízborítás várható. A tározónál lévő műtárgynál az áramlási sebesség elérheti a 3 m/s értéket is. Tehát a vízpótlás elvi síkon megoldható.



14. ábra. Elérési idők vízpótlás esetén (Alaptérkép forrása: Google Térkép 2018)

Figure 14. Arrival times in case of water replenishment (Source of the base map: Google Maps 2018)



15. ábra. Kialakuló vízmélységek vízpótlás esetén (Alaptérkép forrása: Google Térkép 2018)

Figure 15. Water depth in case of water replenishment (Source of the base map: Google Maps 2018)

ÖSSZEFOGLALÁS

A Tisza árvízvédelmi rendszerének fejlesztése már az 1800-as évektől zajlik. Az Alföld, mely a Tisza vízgyűjtő-területének szerves részét képezi, sújtott az aszálytól és a belvíztől, magas az árvíz kockázata és a globális éghajlatváltozás is kedvezőtlenül érinti. A jelenlegi vízkormányzó rendszer és a fejlesztési stratégia gyakorlati megvalósítása továbbra sem tükrözi a vizek visszatartásának szükségességét. Mint a természet adta lehetőségekre épülő, az ökoszisztéma szolgáltatásokat támogató rendszerként bemutatásra került a mélyártéri tározás egy példája. A mélyárterek a magyarországi Tisza szakaszon kétséget kizáróan jelen vannak, azonban azok hatékony árvízcsökkentésre való alkalmasságát sok szakember megkérdőjelezi. A további tervezett cikkekben a mélyárterek alkalmasságának igazolására törekszünk majd. A Tisza-völgyben meglévő vízgazdálkodási rendszer (TIKEVIR) napi 50-60 m³/s vízhozamú vízpótlást jelent az Alföld számára, de ez csak az öntözési vízigény fedezésére lehet elegendő, ez látható a süllyedő talajvíz szintekből is. Tehát szükséges a vízgazdálkodás újrarendelése, melynek első eleme lehet a mélyártéri tározás.

Egy Csongrád környéki mintaterületen elvégzett kapcsolt 1D-2D hidrodinamikai modellezés segítségével bemutatásra került a mélyártéri tározóként történő hasznosításának lehetősége. Mint az várható volt *Derts és társai (2018)* munkája nyomán, egy darab mélyártéri tározóval nem lehet olyan jelentős árvízcsúcs csökkentést végezni, mint egy árapasztó tározóval, azonban a nyitás időpontjának helyes megválasztásával ezek a különbségek csökkenthetők. Az árhullámcúcsok leírására megalkotott, validált modellel bemutattuk, hogy a tározóteret fel lehet tölteni mindkét üzemrend esetén, tehát a térfogat kivétel megvalósítható. A modell megfelelően írja le a hidraulikai jelenségeket, azonban a beszivárgást és a párolgási veszteségeket nem vettük figyelembe. Mélyártéri tározási üzemrend mellett az árhullám felszálló ágában 30 cm körüli vízszint csökkentést lehet elérni, míg árvízcsúcs csökkentő üzemrendben, nagyobb műtárgyméret mellett akár 87 cm-es csökkenés is lehetséges. A mélyártéri tározás mellett szól, hogy költséghatékonyabb a kisebb műtárgyméret

igény miatt, illetve tájhasználat váltás mellett javíthatja a területen és környezetében a biodiverzitást, az ökoszisztéma szolgáltatásokat.

A Csongrádi Kónya-szék Természetvédelmi Terület vízpótlására tett kísérlet a hidrodinamikai modellben sikeresnek bizonyult, azonban ez a vizsgálati eredmény csak alapot adhat a további kutatásoknak. A Vidre-ér völgyéről nem állt rendelkezésre kellő mennyiségű adat, illetve további kérdéseket vet fel, hogy hogyan kezelhető a csapadékos időszakban a feltehetően megnövekvő vízhozam, a vízpótlással megnövekvő talajvízszint okozhat-e problémát már megépült szerkezetek esetében, hogyan működhetne együtt a tározó és a Vidre-ér völgye stb.

Összességében elmondható, hogy a mélyártéri tározás valós megoldást jelent az árvizek kezelésében. Sőt, ezen túlmutatóan az aszály- és a belvízkárok enyhítésében is segíthet, mérsékelheti az éghajlatváltozás következményeit egy megfelelő, ténylegesen integrált, interdiszciplináris vízgyűjtő gazdálkodás – helyes tájgazdálkodás - mellett.

IRODALOMJEGYZÉK

Ángyán J. (2003). Védett és érzékeny természeti területek mezőgazdálkodásának alapjai. Mezőgazda Kiadó. <https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/vedett-erzekeny/vedett-erzekeny.pdf>, Letöltés időpontja: 2018.09.13.

Brunner, G. W. (2016). HEC-RAS River Analysis System User's Manual Version 5.0. US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, Davis, CA, USA. <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation.aspx>, Letöltés időpontja: 2018.09.03.

Brunner G. W. (2016). HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual Version 5.0. US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, Davis, CA, USA. <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation.aspx>, Letöltés időpontja: 2018.09.03

Derts Zs., Koncsos L., Simonffy Z. (2018). A Tisza árvízvédelmi helyzete Magyarországon: jelenlegi gyakorlat és alternatív lehetőségek. Kézirat, BME Vízi Közmű és

Környezetmérnöki Tanszék, Budapest. WWF Magyarország Alapítvány kiadványa – elbírálás alatt.

Koncsos L. (2006). A Tisza árvízi szabályozása a Kárpát-medencében. Magyar Természetvédők Szövetsége, Budapest.

https://mtvsz.hu/dynamic/tisza_koncsos.pdf, Letöltés időpontja: 2018.10.06.

Koncsos L. (2011). Árvízvédelem és stratégia. In: Somlyódy L. (szerk.): Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok, pp. 207-232. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest. ISBN 978-963-508-608-5 http://old.mta.hu/data/Strategiai_konyvek/viz/viz_net.pdf, Letöltés időpontja: 2018.10.06.

Kozma Zs. (2013). Belvízi szélsőségek kockázatalapú értékelésének és modellezési módszertanának fejlesztése. Doktori (PhD) értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék.

Lóczy D., Dezső J., Gyenizse P., Czigány Sz., Tóth G. (2019). Oxbow Lakes: Hydromorphology. In: Lóczy D. (ed.): The Drava River, pp. 178-198. Springer Geography https://doi.org/10.1007/978-3-319-92816-6_12, Letöltés időpontja: 2019.04.28.

Margóczy K., Körmöczy L., Deák J. Á., Gellény K., Molnár N., Ulcsini V. (2016). A Csongrádi Kónya-szék különleges természet-megőrzési terület HUKN20029 Natura 2000 fenntartási terve. Szegedi Tudományegyetem Ökológia Tanszék, Szeged.

http://knp.nemzetipark.gov.hu/_user/browser/File/natura/HUKN20029_fennt_terv_2016.pdf, Letöltés időpontja: 2018.11.29.

Molnár G., Timár G., Biszak E. (2014). Can the First Military Survey maps of the Habsburg Empire (1763-1790) be georeferenced by an accuracy of 200 meters? 9th International Workshop on Digital Approaches to Cartographic Heritage, Budapest, 2014.09.04-05. Térkép elérhetősége: <https://maps.arcanum.com/> Letöltés időpontja: 2018.10.13.

Novak, P., V. Guinot, A. Jeffrey, D. E. Reeve (2010). Hydraulic Modelling – an Introduction. Principles, methods and applications. Spon Press, New York, USA. ISBN 0-203-86162-0

Nováky B. (2011). Az éghajlatváltozás és hatásai. In: Somlyódy L. (szerk.): Magyarország vízgazdálkodása:

helyzetkép és stratégiai feladatok, pp. 85-102. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest. ISBN 978-963-508-608-5 http://old.mta.hu/data/Strategiai_konyvek/viz/viz_net.pdf, Letöltés időpontja: 2018.10.06.

Ortmann-Ajkai A. (2019). Oxbow Lakes: Vegetation History and Conservation: Environmental Problems and Solutions. In: Lóczy D. (ed.): The Drava River, pp. 199-213. Springer Geography https://doi.org/10.1007/978-3-319-92816-6_13, Letöltés időpontja: 2019.04.28.

Salem A., J. Dezső, D. Lóczy, M. El-Rawy, M. Slowik (2018). Modeling Surface Water-Groundwater Interaction in an Oxbow of the Drava Floodplain. In: G. La Loggia, G. Freni, V. Puleo and M. De Marchis (eds.), HIC 2018 (EPiC Series in Engineering, vol. 3), pp. 1832-1840. https://www.researchgate.net/publication/327387785_Modeling_Surface_Water-Groundwater_Interaction_in_an_Oxbow_of_the_Drava_Floodplain, Letöltés időpontja: 2019.04.28.

Schweitzer F., Nagy I., Alföldi L. (2002). Jelenkori övzátóny (parti gát) képződés és hullámtéri lerakódás a Közép-Tisza térségében. Földrajzi Értesítő 2002. LI. évf. 3-4. füzet, pp. 257-278.

http://www.mtafi.hu/konyvtar/kiadv/FE2002/FE20023-4_257-278.pdf, Letöltés időpontja: 2018.10.16.

Schweitzer F. (2017). Döntési kényszer a hazai árvízvédelemben. In: Schweitzer F. (szerk.): Tanulmányok a geomorfológia, a geokronológia, a hidrogeográfia és a Marskutató területéről, pp. 103-135. MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest.

http://www.mtafi.hu/konyvtar/kiadv/Schweitzer/6_Katasztrofak-tanulsagai.pdf, Letöltés időpontja: 2018.10.29.

Simonffy Z. (2011). „Vízkeszletek és igények” In: Somlyódy L. (szerk.): Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok, pp. 121-168. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest. ISBN 978-963-508-608-5 http://old.mta.hu/adta/Strategiai_konyvek/viz/viz_net.pdf, Letöltés időpontja: 2018.10.06.

*** (2018). Google Térkép. <https://www.google.com/maps>, Letöltés időpontja: 2018.10.16.

*** (2021). Mezőgazdasági Parcella Azonosító Rendszer. <https://www.mepar.hu>, Letöltés időpontja: 2018.10.08.

A SZERZŐK



MURÁNYI GÁBOR okleveles infrastruktúra-építőmérnök, MSc diplomáját 2019-ben a BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszéken szerezte. Jelenleg a Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék harmadéves doktorandusz hallgatója. Kutatási témája alternatív árvízvédelmi megoldások stratégiai lehetőségeinek tudományos megalapozása. Az MHT és a MASZESZ tagja, valamint a BME Zielinski Szilárd Építőmérnöki Szakkollégium Vízépítő Tagozatának szenior tagja.



KONCSOS LÁSZLÓ (1957), okleveles vízépítőmérnök, egyetemi tanár (BME Építőmérnöki Kar, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék), a vízminőségi modellezés, a hidrológia és az árvíz szabályozás kutatója.

Kisvízfolyások árvízi kockázatának csökkentése, a természetes vízvisszatartást elősegítő intézkedések alkalmazásának lehetőségei

Balatonyi László*, Filczer-Plósz Krisztina**, Berger Ádám*** és Koch Dániel ****

* Nemzeti Közszerződési Egyetem, Víz- és Környezetbiztonsági Tanszék, Országos Vízügyi Főigazgatóság, települési vízgazdálkodási osztály. (E-mail: balatonyi.laszlo@ovf.hu)

** Nemzeti Közszerződési Egyetem, Közigazgatás-tudományi Doktori Iskola

*** Nemzeti Közszerződési Egyetem Vízstudományi Kar, Víz- és Környezetbiztonsági Tanszék. (E-mail: berger.adam@uni-nke.hu)

**** Nemzeti Közszerződési Egyetem Vízstudományi Kar, Területi Vízgazdálkodási Tanszék (E-mail: koch.daniel@uni-nke.hu)

Kivonat

A Kvassay Jenő Terv (a továbbiakban: KJT) – Nemzeti Vízstratégia – készítése során megfogalmazásra került, hogy a dombvidéki területeinket a vizek visszatartásának hiánya, ezzel a belterületek védelmének és a gazdasági hasznok maximalizálásának elégtelensége, az erózió elleni védelem elhanyagolása jellemzi. A dombvidéki kisvízfolyások – főként az e területen is érvényesülő gyors vízvezetési kényszer miatt – igen messze kerültek a természetes állapottól, holott a dombvidéki területeknek jelentős a természetvédelmi szerepe. A KJT fontos célként azonosította a dombvidéki vízfolyások természetes állapotának visszaállítását, fenntartását, ezzel is elősegítve a vízvisszatartást. Így ez a szakmai tevékenység egyértelműen fontos vízügyi célkitűzés, amelynek egyik különösen kiemelt módja a természetes megoldások alkalmazása.

A szélsőséges időjárási eseményekkel már szinte nap, mint nap találkozhatunk. Ezzel összefüggésben, a klímaváltozás hatásait legerőteljesebben a hidrológiai ciklus módosulásán keresztül érezhetjük. Mindez mit jelent számunkra, hétköznapi emberek számára? Megváltozik a csapadék – eddig megszokott – térbeli és időbeli eloszlása. Az elmúlt pár évtized éghajlatváltozása hatására gyorsul a hidrológiai ciklus, továbbá az előrejelzések alapján a szélsőséges időjárási események megjelenésével egyre gyakrabban kell számolnunk. A hidrológiai ciklus gyorsulásának hatására gyakoribbá válhatnak a hidrológiai szélsőségek. Ugyanakkor a hegy- és dombvidéki kisvízfolyások gyakran kiszáradnak, vízkészletük a kritikus nyári kisvízi időszakban tározás nélkül nem tesz lehetővé számottevő hasznosítást.

Az utóbbi időszakban, legyen szó akár a 2020. évről, vagy az előző évtizedről, a legkülönfélébb hidrometeorológiai extrémításokkal kellett megküzdenie a vízügyi szolgálatnak. A vizek többlete vagy hiánya nem csak és kizárólagosan a vízgazdálkodási közigazgatási szereplőire lesz kihatással, hanem az egész államigazgatásra, az önkormányzatokra, és azokon keresztül az emberekre, a természetes élővilágra és a vizet felhasználó és attól függő olyan gazdasági ágazatokra, mint a mezőgazdaság, a turizmus, az ipar, az energia és a közlekedés, összességében tehát mindenkire és mindenre.

Kulcsszavak

Árvízi kockázat, kisvízfolyások, kockázatcsökkentés, vízmegtartás, tározás, természetes vízmegtartás, lefolyáslassítás, klímaváltozás.

Flood risk reduction in small watercourses, opportunities for natural water retention solutions

Abstract

During the preparation of the Hungarian National Water Strategy, also known as, Kvassay Jenő Plan (KJP), it was determined, that hills are characterized as poor water retention areas, due to insufficient protection, caused by profit maximization, and neglect of protection against erosion. Small watercourses in the hills, mainly due to the rapid drainage pressures in these areas, deteriorated from their natural state. However, the hills have a significant role to play in nature conservation. The KJP has identified the restoration and maintenance of hillside watercourses' natural state as an essential objective, thus promoting water retention. This professional activity is an important water management objective in general, one of the main opportunities for natural solutions.

Extreme weather events are already common. In this context, the effects of climate change are mostly felt through changes in the hydrological cycle. What does all this mean for us, ordinary people? First, it changes the spatial and temporal distribution of precipitation that we are used to. Over the last few decades, climate change accelerated the hydrological cycle, and projections suggest that all these phenomena will become more frequent. As a result of the acceleration of the hydrological cycle, extremes in weather may become more frequent while at the same time, small mountain and hillside rivers often dry up, and their water resources cannot be used to any significant extent without reservoir storage during the critical summer low flow period.

In the last period, whether 2020 or the previous decade, the water services and the professional and voluntary organizations involved in flood protection have had to cope with a wide range of extreme hydrometeorological events to ensure that the floods recede with as insignificant damage as possible. The surplus or shortage of water will impact the administrative actors involved in water management and the whole of public administration. It will directly impact local authorities and people, the natural environment and the economic sectors that use and depend on water, such as agriculture, tourism, industry, energy and transport, and everyone and everything in general.

Keywords

Flood risk, small watercourses, risk reduction, water conservation, reservoir storage, natural water conservation, runoff, climate change.

BEVEZETÉS

A Kárpát-medencében az éghajlatváltozás legjobban érzékelhető hatása a hőmérsékleti változások mellett a hidrológiai viszonyok módosulása (*Pirkhoffér és társai 2009, Czirágy és társai 2011*). Gyakrabban érezzük az egyre szélsőségesebb hidrometeorológiai jelenségek hatásait, vízhiányos időszakokra, aszályra, vagy árvizekre kell felkészülnünk. Mindezen jelenségek rengeteg többlet feladatot jelentettek és fognak jelenteni az államigazgatásnak, amelynek közgazdasági vetületei is meg fognak jelenni a költségvetésben. Mindemellett az állami, egyéni és önkormányzati vagyon veszélyeztetésén túl, a lakosok hétköznapi életét, a vállalkozások stabil működését is veszélyeztetik ezek a szélsőségek, legfőképpen az árvizek (*Wild 2008*).

A vízkészletek mennyiségi és minőségi védelme és az éghajlatváltozáshoz kapcsolódó kockázatok kezelése szempontjából a természetes megközelítések szerepe nem elhanyagolható. Az Európai Parlament és a Tanács a tagországokra vonatkozó *2007/60/EK számú árvíz kockázatok értékeléséről és kezeléséről szóló irányelvében* (a továbbiakban: *Árvízi Irányelv*) (*2007/60/EK 2007*) fogalmazta meg a szükséges teendőket. Az Árvízi Irányelv célja, hogy a kidolgozott módszertan alapján meghatározható legyen az árvíz kockázat. A szükséges beavatkozások okán pedig mérséklődjenek az árvizek lehetséges káros következményei. Továbbá az Árvízi Irányelv megköveteli, hogy a tervezés keretében ne csak a veszélyeztetettség és a kockázat kerüljön meghatározásra, hanem mindazon intézkedéssorozatok is, amelyek végrehajtásával az elöntés és a töltésszakadás kockázata csökken, illetve egy átszakadt védvonal mögötti területen a (vagyon, természeti, kulturális) kár minimalizálható, szerkezeti, vagy nem szerkezeti módon.

Ha sérülékenységről beszélünk, akkor településeink a leginkább kitéttek a klímaváltozás szélsőséges hatásainak. Az intenzív csapadékeseményeket követően kialakuló belterületi elöntések jelentős károkat okozhatnak az infrastruktúrális javakban és jelentősen veszélyeztethetik az emberi életet. Az éghajlati változások az eltérő földrajzi, gazdasági és társadalmi adottságok okán különbözőképpen fejtik ki hatásukat. A potenciális hatásokat elsődlegesen a település elhelyezkedése alapján érdemes beazonosítani (*Balatonyi 2015*). Jelen dolgozat keretein belül a domb- és hegyvidéki települések kisvízfolyásainak hirtelen áradásai ellen való természetes lefolyáslassító megoldások kerülnek bemutatásra. A dombvidéki településekre vízgazdálkodási szempontból az időszakos kisvízfolyások jellemzőek, illetve a levonuló gyors árhullámok, villámáradások. Ezek olyan rövid ideig tartó, intenzív esőzések következtében kialakuló árhullámok, melyek a nagy folyók áradásaival ellentétben néhány óra alatt levonulnak, de hasonlóan nagy károkat okoznak a természeti és az épített környezetben (*Somlyódy 2011*).

ZÖLD INFRASTRUKTÚRA ÉS SZÜRKE INFRASTRUKTÚRA

Az *Európai Bizottság Környezetbarát Infrastruktúráról szóló Közleményének* (*COM/2013/0249 2013*) meghatározása szerint a zöld infrastruktúra olyan természetes és félig természetes területek, valamint más zöldterületek hálózatát jelenti, amely az emberi jóllétet és életminőséget támo-

gató ökoszisztéma-szolgáltatásokat nyújtja. Ugyanazon a területen több funkcióval is rendelkezhet, mint például az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás, vagy a biológiai sokféleség megőrzése. A szürke infrastruktúra elsősorban a közlekedést és a közműellátottságot biztosítja. Tehát elsősorban az utak, vasutak, a víz- és szennyvízhálózat, az elektromos és egyéb távvezetékek, valamint a termékvezetékek tartoznak ebbe a fogalomkörbe. Az úgynevezett szürke infrastruktúra-beruházásokat hosszabb időre (20-50, vagy akár 100 évre) tervezik, sokszor az üzemeltetésük és a fenntartásuk is költséges, ugyanakkor nagy hatásfokkal tudják kezelni az árvizeket. A zöld infrastruktúra egyik előnye a szürke infrastruktúrával szemben, hogy több probléma egyidejű kezelésére is lehetőséget nyújt. Lesz időszak, amikor a túl sok víz (árvíz, gyorslefolvasú árvizek, villámárvíz és belvív), máskor pedig a túl kevés víz (vízhiány és aszály) fenyeget majd, ezek kezelésére pedig az egyik lehetőség a vízben gazdagabb időszak alatti tározás, a vízhiányos időszakokban pedig az összegyűjtött víz felhasználása.

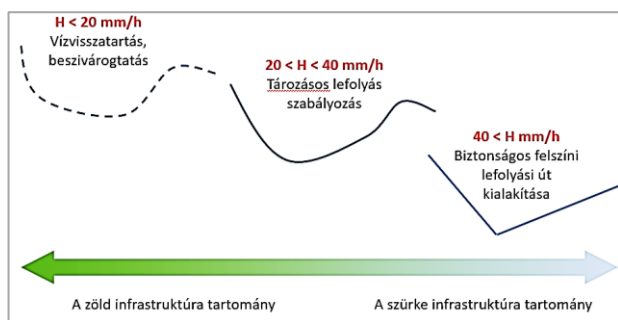
A hatékony védekezéshez az eddig megszokott klasszikus mérnöki megoldásokat ajánlott kiegészíteni új lehetőségekkel. Az új megoldások keresésében egyre több – vízügyi ágazaton kívüli – urbanisztikai és településüzemeltető szakember érdeklődése fordul az úgynevezett természetes vízmegtartó megoldások irányába (angolul: *Natural Water Retention Measures – NWRM*). Ezek olyan megoldások, melyek elsődleges célja a talajok és a vizes élőhelyek víztároló képességének növelése. Általában kis léptékűek és a felszínen elérhető vizeket, a folyók vagy vízfolyások vizét, vagy a csapadékok utáni lefolyást tartják vissza, hogy aztán azt lassan, szabályozottan engedjék vissza a környezetbe, ezzel kiegyenlítve a vízbő és vízhiányos időszakok közötti különbséget. Ezekkel a gyakorlatokkal a kistáji vízkörforgás rehabilitációját érik el a vizek visszatartásával egyidőben, ezáltal végső soron a fenntartható vízgazdálkodáshoz járulhatnak hozzá. Fontos kiemelni, hogy a szürke infrastruktúra megoldásokkal szemben, az alapfunkcióikon kívül rengeteg más járulékos előnyt nyújtanak, ugyanakkor kisebb hatásokkal rendelkeznek.

A tározás a hegy és dombvidéki területeken a leghatékonyabb, mivel az ott kialakuló természetes gátak képesek visszatartani a vízmennyiség jelentős részét. A tározás hatékonysága a befogadónál a legalacsonyabb, hiszen a jellemzően sík területeken a szivárgás és az elfolyás nagy veszteségeket okoz, a legjobb viszont a vízgyűjtő peremén. A vízvisszatartás szükségességét dombvidéken elsősorban a villámárvizek növekvő száma, míg síkvidéken a kialakuló belvizek visszatartása, a hasznosított területek elöntésének megelőzése indokolja. Hasznosítási szempontból a vízkárelhárítás figyelembevétele mellett a dombvidéki tározók lehetőséget teremtenek mezőgazdasági (öntözés, halastó), rekreációs, természetvédelmi és energetikai hasznosításra, tekintve, hogy ezeket a víztereket nagyobb vízmélység és nagyobb esésviszonyok jellemzik. Síkvidéki tározók esetében a hasznosítási lehetőségek korlátozottabbak, tekintve, hogy a kialakítható alacsony vízszintek, főleg a nyári meleg időszakban vízminőség romlással is járhatnak, amely a mezőgazdasági hasz-

nosítást korlátozza. Így a mezőgazdasági hasznosítás első sorban a régi medrek mentén lehetséges, ahol nagyobb vízmélységek alakulnak ki. A kis esések miatt az energiatermelés nem releváns, a természetvédelmi célok viszont hatékonyan támogathatók. A hasznosíthatóság úgy javítható, ha a tározók vízpótlását, vízcseréjét növelni lehet oly mértékig, hogy a kedvezőtlen vízminőségi jelenségek ne alakuljanak ki. Országos szinten rendelkezünk programmal a dombvidéki „klasszikus” tározási lehetőségek fejlesztésére, illetve ezzel párhuzamosan elindult több kisebb, (inkább önkormányzati érdekeltsgű, mint állami szintű) vízviszattartást fokozó projekt, program is.

Az állami tározási program mellett (területi vízgazdálkodás), szükségszerű annak kiegészítése további, egyéb létesítményekkel is, melyekkel hasonló hatékonyságot lehet elérni. Amennyiben az egyén (lakos, állampolgár) szintjén is megvalósul a víz-, csapadékvíz-gazdálkodás, azaz a területre hulló csapadék hasznosításra kerül, majd időben eltolva kerül bele az önkormányzati (közterület) elvezető rendszerbe, majd csak azt követően jelenik meg az állami befogadóban, vízfolyásban, mint többlet terhelés, akkor valósul meg a tényleges minden szereplőre kiterjedő vízgazdálkodás. Ezt a hierarchiát jól leképezik a jogszabályok.

A keletkező csapadékokat három csoportra bontjuk a különféle intenzitások alapján. A kisebb csapadékokból keletkező vízmennyiséget a település területén javallott tartani, például a talajvíz/talajnedvesség pótlására. Ezt a „zöld” infrastruktúra kiépítésével érhetjük el. A 20 mm/h intenzitású csapadékok lefolyását a vízgyűjtőn kialakított szabályozó elemekkel, felszerűen állandó vízborítású vagy ideiglenes előntésű felszíni, esetenként a csatornahálózatban, a felszín alatt kialakított tározóterekkel ajánlott szabályozni. Az extrém csapadékeseményeket – ahol korábban előntések jelentkeztek – infrastrukturális beruházásokkal tudjuk kezelni (1. ábra).



1. ábra. Tározás növelése, csapadék kezelése
(Forrás: Buzás 2015)

Figure 1. Increasing storage, managing rainfall
(Source: Buzás 2015)

TERMÉSZETES VÍZMEGTARTÓ MEGOLDÁSOK

A természetes vízmegtartó megoldások olyan többfunkciós beavatkozások, melyek a vízkészletek védelmét és egyéb vízzel kapcsolatos problémák megoldását szolgálják az ökoszisztémák fenntartása és helyreállítása által, önműködő, természetes folyamatokra alapozva. Céljuk, hogy javítsák az élőhelyek, a talaj és a felszín alatti víztartó rétegek víztároló képességét, miközben javítják a vizek és a víztől függő ökoszisztémák állapotát. Ezek a megoldások

kiterjesztik a zöldinfrastruktúra-hálózatot, javítják a vizek mennyiségi és minőségi állapotát és csökkentik az aszályokkal, a hőhullámokkal és az áradásokkal szembeni sérülékenységet. Mindezt természetes folyamatokkal, az ún. ökoszisztéma-szolgáltatások erősítésével érik el. Ezen felül rengeteg járulékos előnyt biztosítanak, úgymint erózióvédelem, talajvédelem, természetes élőhelyek létrehozása és megőrzése, mikroklíma-szabályozás és rekreációs lehetőségek teremtése. Alkalmazásuk támogatja a klímaváltozás lassítását és a segíti a hatásaihoz való alkalmazkodást is.

Magyarországon már régóta használnak természetes vízmegtartó megoldásokat (*Kaliczka és Rakk 2000*), ugyanakkor a hazai mérnöki gyakorlatban csekély számban valósulnak meg hasonló jellegű műszaki beavatkozások. A természetes vízmegtartó megoldásoknak előnye lehet az alacsonyabb beruházási költség, ugyanakkor azok élettartama lényegesen rövidebb, mint a klasszikus szürke megoldásoké. Az államigazgatás szintjén mégis elgondolkodtató, hogy miért nem alkalmazzák szélesebb körben a természetes megoldásokat, ha több problémát képesek hatékonyan kezelni, továbbá több EU-s és hazai stratégiai célhoz is kapcsolódnak.

JOGI SZABÁLYOZÁS

Az ingatlan tulajdonosának a tulajdonában van többek között az ingatlanra lehulló és az ingatlanon maradó csapadékvíz, így ennek a hasznosítása, az ezzel való gazdálkodás nemcsak jogszabályi kötelem (*1995. évi LVII. törvény a vízgazdálkodásról 1995*), hanem erkölcsi kötelesség is.

Sok természetes vízviszattartó megoldás esetében nincs szükség vízjogi engedélyes tervek elkészítésére. Ilyen például a szántók újra erdősítése, a zöldfelületek növelése belterületen, a mezőgazdasági gyakorlatok megváltoztatása. Olyan megoldások esetében azonban, melyek új, állandó víztér kialakítását eredményezik, vízfolyások lefolyási viszonyait vagy tavak vízjárását megváltoztatják, vízjogi tervezés és engedélyeztetés szükséges, mivel a megoldásnak illeszkednie kell a már meglévő vízrendszerekhez a településen belül, de akár annak határain túl is, hiszen a legtöbb esetben a vízgyűjtők és a közigazgatási területek nem esnek egybe. Emellett fontos a vízi létesítmények gondos méretezése is, hiszen az alulméretezett műtárgy, berendezés stb. csak részlegesen fogja megoldani a problémákat, vagy az első nagyobb terhelésnél sérülhet a szerkezet, akár a teljes tönkremenetelére is sor kerülhet. Ha pedig túlméretezzük a létesítményeket, akkor feleslegesen foglalunk le területeket, illetve költségesebb lesz a kivitelezés és a fenntartás a szükségesnél.

MEGVALÓSULT BEAVATKOZÁS, LEFOLYÁSLASSÍTÁSI LEHETŐSÉGEK A SZILÁGYI-PATAK FELSŐ VÍZGYŰJTŐJÉN

Ma Magyarországon az elmúlt évtizedek társadalmi igényeinek megfelelően a vízgazdálkodás és az árvízi védekezés alapelve az volt, hogy minél inkább gyorsítani kell a vizek lefolyását, hogy az árhullámok a lehető leggyorsabban levonulhassanak. Az árvízvédelemmel összefüggő fejlesztések, tevékenységek az infrastruktúrák előntés-védelmét biztosítják, az épített környezetet és az állampolgárokat védik. Ott azonban, ahol lehetőség és igény van a víz

helyben tartására és tározására, törekedni kell a tározótér növelésére. Ez ugyanis nemcsak az árvízcsúcsokat vágja le, de a vízmegtartást is segíti, mely a klímaváltozás hatására egyenetlenebbé és szélsőséesebbé váló csapadékviszonyok miatt egyre fontosabbá válik. Egyszerűbben kifejezve, az árhullámok csökkentésével és ennek a víztömegnek akár részbeni helyben tartásával nem csak az épített környezetünk védelmét segítjük elő, hanem a vízgazdálkodási létesítményeink tehermentesítése mellett, elősegítjük a természeti környezetünk vízháztartásának javulását, az aszály elleni védelmét is.

Az Országos Vízügyi Főigazgatóság (a továbbiakban: OVf) szakmai támogatása mellett a Belügyminisztérium Önkormányzati Helyettes- Államtitkárság (Önkormányzati Koordinációs Iroda) vezetésével a LIFE-MICACC ("Az önkormányzatok integráló és koordináló szerepének megerősítése az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás érdekében") projekt keretein belül több mintaterületen is megvalósulnak egyedinek tekinthető műszaki megoldások.

Püspökszilágy Pest megye váci járásában, a Nyugat-Cserhát déli részén, a Duna és Tisza vízválasztóján terül el, Váctól mintegy 15-16 kilométerre, délkeletre. Megközelítőleg 730 fős zsákfalú, 25,3 km²-es területtel. Legjelentősebb felszíni vize a Szilágyi-patak, amelynek vízgyűjtő-területe kicsi, mindössze 10 km². Az évi átlagos csapadékmennyiség csupán 600 mm körüli. A település 2-3 évente jelentkező rekord szintű villámárvizeket élt meg az utóbbi 1-2 évtized során, ami korábban nem volt jellemző. Ez jelentős talajlehordáshoz vezet és kárt okoz az épületállományban, miközben nyáron a völgyfenék teljesen kiszárad, ami a mezőgazdaságot, az ökoszisztémát és a talajvízkészletet hátrányosan érinti. Püspökszilágy célja az árhullámmal lezúduló víz és hordalék visszatartása a felső vízgyűjtőn, mielőtt az elérné az épített környezetet. E célból a vízmosásokban és a Szilágyi-pataokban négy fából

épített természetes jellegű lefolyáslassító hordalékfogó (fenékküszöb) került megépítésre. (1. kép)

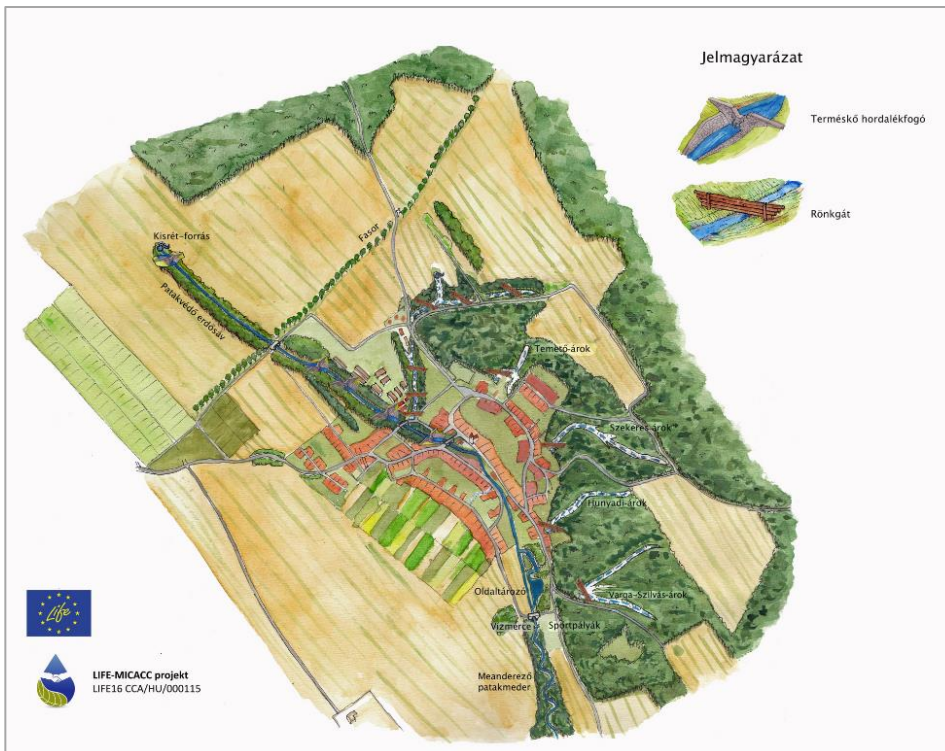


1. kép. Püspökszilágyon megvalósult lefolyáslassító objektum (Balatonyi saját felvétel, 2020. szeptember)

Photo 1. Natural Water Retention Measure at Püspökszilágy (Balatonyi photo, September 2020)

A megtartott vízmennyiség a magasabban fekvő termőföldek és erdők vízellátását fogja biztosítani. Az alsó vízgyűjtőn, a völgyfenékben jellemzően szántóföld, illetve épített környezet található. Itt a Szilágyi-patak árterének egy részén, az árvíz és hordalék befogadására és tárolására alkalmas vizes élőhely és törendszert kerülni kialakításra a vízmegtartó képesség növelése és az aszálykockázat csökkentése érdekében.

A Szilágyi-patakon a forrástól az oldaltározó utáni vízi átjáróig összesen tizenöt ponton terveznek természetes jellegű beavatkozásokat végrehajtani a település külterületén. Ezek közé tartozik egy, már száz évnél is régebbi magyar megoldás felújítása is. A főágon ugyanis öt, egyedi habarcsba épített természetes iszapfogót találtak a munkálatok során, ezek felújítása szintén a projekt részét képezi (2. ábra).



2. ábra. Lefolyás-lassítási lehetőségek a Szilágyi-patak felső vízgyűjtőjén (Forrás: LIFE-MICACC 2021)

Figure 2. Natural Water Retention Measures in the upper Szilágyi stream catchment (Source: LIFE-MICACC 2021)

LEFOLYÁSSLASSÍTÓ OBJEKTUMOK ELHELYEZÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI A DÉL- DUNÁNTÚLON

Magyarország Nemzeti Vízstratégiájának, a Kvassay Jenő Tervnek (KJT) hosszú távú (2030-ig tartó) célkitűzései között szerepel a „Vízviszartartás a vizeink jobb hasznosítása érdekében”. Ennek lényege, a természetes adottságokhoz igazodó és az azzal harmóniában végrehajtott infrastruktúrális fejlesztésekkel támogatott vízkészlet- és víz-igény-gazdálkodás. Ide tartozik még a talaj vízháztartásának javítása is, mely többek között medertározással, illetve öntözőcsatornák kiépítésével érhető el. Szintén hosszú távú célként fogalmazódik meg a „Kockázat megelőző vízkárelhárítás” is, melynek lényege a vízkáreseményekkel egyidejű (reagáló) védekezés fokozatos felváltása a megelőző, mérlegelt differenciált vízkárelhárítás-szabályozással.

Hazánk területének 55%-a dombvidék, amelyen állandó és időszakos vízfolyások sűrű hálózata található, közel 47 000 km teljes hosszban. A dombvidéki, néhol hegyvidéki jellegű vízgyűjtőn intenzív csapadékok hatására akár néhány óra alatt jelentős árhullámok alakulnak ki. A vízfolyások felső szakaszának hegyvidéki jellegéből adódóan a vízrendezésük komoly szakmai dilemmát vet fel a külterületi, illetve a belterületi szakaszok kiépítésére vonatkozóan. Az árvízvédelmi beavatkozások célja, hogy a káros vízhozamok a megállapított, mértékadó vízszinteknél alacsonyabb szinten folyjanak le. Ez szükségessé teszi a vízfolyás levonulási útjába eső területek árvízvédelmi célú fenntartását, illetve az árvíz lefolyását elősegítő beavatkozások megvalósítását. Ennek megfelelően a természetes állapotú külterületi szakaszokat 10-30% közötti-, a belterületi szakaszokat pedig 1-3% közötti mértékadó nagyvízhozamra kell kiépíteni. A külterületen, az érték nagyobb szórása okán, közzgazdasági szempontból is jelentősen eltérnek a beruházási költségek.

Közzgazdaságilag célszerűbb az alacsonyabb szintű kiépítettség, ugyanakkor az általános társadalmi elfogadottsága egy-egy vízfolyás akár, még a külterületi töltés meghágásának is zérus, nem beszélve a belterületi (lakott) területekről. Célszerű a vízgyűjtőn további beavatkozásokat tenni, és ezekkel is csökkenteni a mértékadó vízhozamokat.

A dombvidéki vízfolyások árhullámai ellen való védekezés egyik fontos eszköze a vízviszartartás, a lefolyási intenzitás csillapítása. A tározók egyúttal hasznosítható vízkészletet jelentenek, az ökológiai állapotot javítják, turisztikai, halgazdálkodási, horgászati és sportolási alkalmat, egyszóval általános rekreációs lehetőségeket teremtenek, továbbá az adott vidék fejlődéséhez járulhatnak hozzá. Különös jelentőséget nyer mindez a vízhiányos, aprófalvas, megélhetési gondokkal küzdő térségekben. A dombvidéki vízfolyásokon lévő tározók jelentős hatással vannak a víztestek morfológiai viszonyaira, így a víztestek „jó állapotára” is.

Szokásos műszaki megoldás tározó létesítése. Területi vízgazdálkodás esetében általánosan, mindezeket szürke megoldások (például: csatornázás, belterületi vízrendezés, belvíztározás) keretein belül valósítja meg a

vízügyi szolgálat. A tározók megépítése elősegíti a térségi vízviszartartást, javítja a jelenlegi és az újabb víz-igények kielégítésének műszaki feltételeit, beleértve az ökológiai vízigényeket is. A tározó az alvízen csökkenti az éghajlati érzékenységet, így különösen növeli a kisvízi lefolyás hozamát és csökkenti az árvízi lefolyás csúcs vízhozamát/vízszintjét. Mérsékli a nagycsapadékok hatására kialakuló helyi vízkárokat, továbbá elkerülhetővé teszi a vízlevezetés gyorsítására irányuló hidromorfológiai beavatkozások egy részét, növeli a mezőgazdasági vízszolgáltatás biztonságát, így megteremthetővé válnak a fenntartható és kiegyensúlyozott vízkészlet-szabályozás feltételei, javul a környezet állapota és nő a kistérség ökoturisztikai vonzereje.

Természetes vízviszartartási lehetőségek vizsgálata és kivitelezése a Völgységi-patak vízgyűjtőjén

Felismerve, hogy növekvő társadalmi igény mutatkozik a természetes vízviszartartó intézkedések alkalmazására, indokolt lenne a napi szintű mérnöki gyakorlatba való bevonásuk. Ennek szükséges feltétele, hogy további tapasztalatokat szerezzen a vízügyi szolgálat is. Több szempontú szakmai elemzések alapján jelölték ki a Völgységi-patakot annak érdekében, hogy az ott szerzett tapasztalatok alapján a későbbiekben további helyszíneken is tervezzenek és kivitelezzenek természetes lefolyásslassítást.

A Völgységi-patak mentén található települések (helyi-) vízkár veszélyeztetettsége hosszú évtizedek óta fennáll. A térségben található hidrometeorológiai észlelés kezdete óta (1960-as évek vége), több nagyobb árhullám vonult le a vízgyűjtő vízfolyásain. A vízgyűjtő alakja következtében jellemző a déli befolyásoltság, azaz a Völgységi-patak jellemzően a forrásvidéktől (Zobákpusztától) kezdve a jobb parti vízgyűjtőről (Nagymányok környékéről) kapja a terheléseket egy-egy mértékadó, vagy azt meghaladó csapadékeseményt követően.

A patak magyaregregyi szelvényében a mértékadó nagyvízhozam értékének különbsége négy-ötszörös, vagyis a külterületen kiépítendő $6-16 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ elvezető képességű medret a belterületen $37-67 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ szállítására kell alkalmassá tenni. Közzgazdasági szempontból rendkívül költséges – figyelembe véve a védendő értékeket – a teljes szakasz jogszabály szerinti kiépítése. Költséghatékonysági szempontból vizsgálni szükséges a lehetséges lokális beavatkozásokat, ezzel a mértékadó hozamok csökkentésének lehetőségét is.

A Völgységi-patak vízgyűjtőjében a domboldalakon igen gyakran találkozunk mélyen berágódott, esésvonal irányú kisebb - nagyobb völgyekkel. A vízgyűjtő legfelső vízmosásszerű, horhosokkal taglalt területein az oldalági kisvízfolyások felelősek a rendkívül heves gyors lefolyású árvizek (villámárvizek) kialakulásáért.

A szűk, vízmosásszerű völgyekben a részleges mederelzárások képesek visszartartani a lezúduló vízhozamot, ellapítva az árhullámot, késleltetve a lefolyást. Másrészt a hordalék és az uszadékok nagy részét is fel tudják fogni, amely már nem terheli az alsóbb mederszakaszt, csökkentve azon a torlaszok kialakulásának a veszélyét. A po-

enciális helyszínek kijelölésénél fontos szempont a műszaki indokoltság mellett a jó megközelíthetőség és a természetvédelmi szempontok maximális figyelembevétele.

Tekintettel arra, hogy a Völgységi-patak Magyaregry feletti szakaszán a vízfolyás mentén alkalmas hely hiányában csak minimális tározási lehetőségek vannak, a vízfolyás jobb oldalán található mellékágak valamelyikén (Hodácsi-patak, Várkölyi-patak, Síngödör, Hidas-patak, Völgységi patak legfelső ága) célszerű megoldani a víz visszatartását, az árhullám csúcsok csökkentése érdekében.

Abban az esetben, ha a mellékágak árvízi hozamának legalább 20-30%-át (kb. 30-35 ezer m³-t) vissza lehetne tartani azok medrében és a környező mederrészekben (a medrek, néhol szurdokszerű medrekben pl. a Síngödör-patakon), akkor a főág árvízi csúcshozamái jelentősen csökkenthetők lennének.

Az OVF feladatmeghatározása alapján a területileg illetékes Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság 2021. évben összeállított egy részletesebb, kivitelezési terv szintű javaslatot, amelyben kidolgozta, hogy milyen helyszíneken lehetne alkalmazni a Völgységi-patak vízgyűjtőjén, illetve a betorkoló vízfolyásokon különféle természetes lefolyáslassító objektumokat. A területi munkatársak helyszíni bejárásai, tapasztalatai, illetve az illetékesekkel történt konzultációkat követően határozták meg azokat a helyeket, ahol alkalmazni lehet a LIFE-MICACC projekt keretein belül (Püspökszilágy környékén készült művekhez hasonlóan) alkalmazott természetes lefolyáslassítást (*LIFE-MICACC 2021*).

A fentiek alapján a Völgységi-patakba torkoló vízfolyások egyikén, a Magyaregry feletti vízgyűjtő részen fog megvalósulni az OVF Települési Vízgazdálkodási Főosztályának intézményi beruházási keretéből a vízvisszatartási mintaprojekt. A tervezéssel, kivitelezéssel és üzemeltetéssel kapcsolatos tapasztalatokat várhatóan 2022-ben összegzik és ezzel párhuzamosan a műszaki szabályozást is kialakítják. Szükséges lehet a jelenleg érvényben lévő jogszabályok módosítása is annak érdekében, hogy még nagyobb számban alkalmazzák a jövőben a természetes vízvisszatartási megoldásokat.

ÖSSZEGRZÉS

A természetalapú megoldásokhoz kapcsolódó intézkedések általános célja a környezet, a talaj és a vízvezető rétegek vízmegtartó képességének védelme és megerősítése, a vízfolyások természetes sajátosságainak helyreállítása és fenntartása, valamint a természetes folyamatok alkalmazása, melyek által csökkenthető a vízkészletek klímaváltozás miatti sérülékenysége.

A *Kvassay Jenő Terv, a Nemzeti Vízstratégia (Kvassay Jenő Terv 2017)* fontos célként azonosította a dombvidéki vízfolyások természetes állapotának visszaállítását, fenntartását, ezzel is elősegítve a vízvisszatartást. Ez a szakmai tevékenység egyértelműen fontos vízgazdálkodási célkitűzés, amelynek egyik különösen kiemelt lehetősége a természetes megoldások alkalmazása.

Magyarországon a korábbi évtizedekben a társadalmi igényeknek megfelelően a vízgazdálkodás és az árvízi védekezés alapja az volt, hogy minél inkább gyorsítani kell a

vizek lefolyását, hogy az árhullámok a lehető leggyorsabban levonulhassanak. Azonban a vízgyűjtő-gazdálkodási tervek – különösen a 2. és a 3. terv – részletesen tárgyalják a vízvisszatartási intézkedések fontosságát és alkalmazhatóságát, valamint azok integrálhatóságát az Árvízi Kockázatkezelési Tervbe. Az árvízvédelemmel összefüggő fejlesztések, tevékenységek az infrastruktúrák előntések elleni védelmét biztosítják, és ezáltal az épített környezet és az állampolgárok védelmét is. Ott azonban, ahol erre lehetőség és igény van, törekedni kell a víz helyben tartására és tározására, a természetes tározótér növelésével.

A dombvidéki vízfolyások árhullámai ellen való védekezés eszköze a vízvisszatartás, a lefolyási intenzitás csillapítása. A rönkgáttal gátolt víztározók növelik a hasznosítható vízkészletet, javítják az ökológiai állapotot (az így létrehozott vizes élőhelyek szaporodó- és bővítőhelyet teremtenek a vízhez kötődő növény- és állatvilág számára), turisztikai, halgazdálkodási, horgászati és sportolási lehetőséget, egyszóval általános rekreációs lehetőségeket teremtenek, továbbá hozzájárulhatnak az adott vidék fejlődéséhez. Magyarországon már régóta alkalmaztak természetes vízmegtartó megoldásokat (*Kaliczka és Rakk 2000*), ugyanakkor a hazai mérnöki gyakorlatban csekély számban valósulnak meg hasonló jellegű műszaki beavatkozások.

A természetes vízvisszatartó intézkedések alkalmazása a vízgazdálkodás zöldítő reformját jelentik. A vízügyi szolgálat mindig kereste és alkalmazta azokat a környezetvédelmi beavatkozásokat, amelyek a legcsekélyebb káros hatással vannak a természetre, az ökoszisztémára, ugyanakkor fontos szerepet töltenek be a lefolyásszabályozásban. Tekintettel arra, hogy a mindennapos mérnöki gyakorlatban a természetes vízvisszatartó intézkedések csak elszórtan jelennek meg, jelen fázisban gyűjteni kell a tervezői és az üzemeltetői tapasztalatokat. A kiértékelést követően határozhatók meg az alkalmazhatósági feltételek, készíthetők el a műszaki szabályozások, illetve az engedélyezési eljárásoknak az alkalmazáshoz szükséges módosítására vonatkozó javaslatok is.

A fentiek biztosítani fogják, hogy a természetes eszközök, módszerek, kiegészítve a nagyhatásfokú szürke megoldásokkal, egységes tervezési keretek között, hatékonyan és zölden csökkentik majd területi és települési szinten is Magyarország árvízi veszélyeztetettségét.

IRODALOMJEGYZÉK

Balatonyi L. (2015). Árvízhozam előrejelzés optimalizálása középhegységi és dombvidéki kisvízgyűjtőkre. PhD értekezés. Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar, Földtudományok Doktori Iskola. p. 155. http://old.foldrajz.ttk.pte.hu/phd/phdkoord/nv/disszert/disszertacio_balatonyi.pdf

Buzás K. (2015). A városi vízrendszerek megújítása, a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás növelése. BME, VKKT. Budapest.

Czigány, S., Pirkhoffer, E., Nagyvárad, L., Hegedűs, P., Geresdi, I. (2011). Rapid screening of flash flood-affected watersheds in Hungary. ZEITSCHRIFT FÜR GEOMORPHOLOGIE 55: Suppl. 1 pp. 1-13.

Kaliczka L., Rakk T. (2000). Vizeinket is védjük erdeinkben. Vízgazdálkodás a HM VERGA Rt. területén. Erdészeti Lapok. CXXXV. évf. 2. szám (2000. február)

Pirkhoffer, E., Czigány, S., Geresdi, I. (2009). Impact of rainfall pattern on the occurrence of flash floods in Hungary. 2009. ZEITSCHRIFT FÜR GEOMORPHOLOGIE 53 : 2 pp. 139-157.

Somlyódy L. (szerk.) (2011). Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok. Magyar Tudományos Akadémia. ISBN 978-963-508-608-5.

Wild, M., Grieser, J., Schär, C. (2008). Combined surface solar brightening and increasing greenhouse effect support recent intensification of the global land-based hydrological cycle. Geophys. Res. Lett., 35, L17706, doi:10.1029/2008GL034842.

*** (1995). 1995. évi LVII. törvény a vízgazdálkodásról, Vgtv 6. § 4. bekezdés. Elérhető: <https://njt.hu/jogszabaly/1995-57-00-00>

*** (2007). 2007/60/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv az árvíz-kockázatok értékeléséről és kezeléséről szóló, 2007. október 23.

*** (2013). COM/2013/0249 Az Európai Bizottság Környezetbarát Infrastruktúráról szóló Közleménye. Elérhető:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52013DC0249&from=EN>

*** (2017). Kvassay Jenő Terv, a Nemzeti Vízstratégia (2017). Elérhető:

<https://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/997966DE-9F6F-4624-91C5-3336153778D9/Nemzeti-Vizstrategia.pdf>

*** (2021). LIFE-MICACC Természetes vízmegtartás az önkormányzatok klímaalkalmazkodásának elősegítéséért. Elérhető:

<https://wwf.hu/munkank/projektjeink/termeszetes-vizviszattartas-magyarorszagon>

A SZERZŐK



BALATONYI LÁSZLÓ, PhD, az Országos Vízügyi Főigazgatóság Települési Vízgazdálkodási Osztályának a vezetője, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz- és Környezetbiztonsági Tanszék adjunktusa. 2011 óta dolgozik a vízügyi szolgálatban, és tekinti hivatásának a munkáját. Kezdetben a Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóságon, majd 2014-től napjainkig különböző szakterületeken az Országos Vízügyi Főigazgatóságon dolgozik. Mindemellett részt vesz Duna-vízgyűjtő szintű vízügyi szakmai tevékenységekben is, mint a Duna Régió Stratégia Környezeti Kockázatok Kezelése prioritás terület társ-vezetője. Tanulmányait a Pécsi Tudományegyetemen folytatta, környezetkutató alapidplomával rendelkezik, 2016-ban doktori fokozatot szerzett a villámárvizek előrejelzésének kutatásával. A Magyar Hidrológiai Társaságnak, a Vízügyi Közlemények szerkesztőbizottságának, illetve a nemzetközi árvízvédelmi munkacsoportnak a tagja. Megalakulásától kezdődően, 2018-tól tagja és aktívan támogatja a Magyar Út- és Vasúti Társaság, Környezetvédelmi Albizottság munkáját.



FILCZER-PLÓSZ KRISZTINA okleveles közgazdász, államháztartási gazdálkodási és ellenőrzési szaktanácsadó, vezetői gazdálkodás közszolgálati menedzser. 2019-től a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Közigazgatás-tudományi Doktori Iskola hallgatója. Jelenleg az Észak-magyarországi Vízügyi Igazgatóság belső ellenőreként végzi munkáját hatodik éve, ezt megelőzően, 2009-től különböző beosztásokban dolgozott az Igazgatóságon.



BERGER ÁDÁM okleveles agrármérnök, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz- és Környezetbiztonsági Tanszék mérnöke. 2019-től a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola doktorandusza, kutatási területe a katasztrófavédelem.



KOCH DÁNIEL okleveles infrastruktúra-építőmérnök (Széchenyi István Egyetem, 2017), jelenleg a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen folytat PhD tanulmányokat. 2014 óta a felsőoktatásban dolgozik, jelenleg a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz- és Környezetbiztonsági Tanszék tanársegéd, geotechnika, hidraulika, hidrometria tárgyakat oktat. 2017 óta a magyaregrygyi kísérleti vízgyűjtő kiépítésén dolgozik és végzi kutatásait.

Hazai és európai vízhozammérési eljárás összehasonlító elemzése

Keve Gábor*, Fekete Árpád*, Sziebert János**, Koch Dániel*, Tamás Enikő Anna*, Varga György*, Majer Fruzsina*, Krikovszky Sándor*, Ficsor Johanna*, Logó Beáta*

*Nemzeti Közzolgalmati Egyetem, Vízudományi Kar (keve.gabor@uni-nke.hu)

** Országos Vízügyi Főigazgatóság

Kivonat

Az érvényben lévő MSZ EN ISO 748:2008 nemzetközi szabvány „Hidrometria. Folyadékáram mérés nyitott csatornában sebességmérőkkel vagy úszókkal” címen az Európai Unióban elfogadott vízhozammérési módszereken alapul. Ezen szabvány filozófiáját és a mérési feladatok végrehajtását tekintve némileg eltér az érvényben lévő magyarországi ágazati előírásoktól (ME-10-231-16:2009). Jelen cikk alapját képező kutatás legfőbb célkitűzése a nemzetközi szabvány honosításával kapcsolatos kérdések tisztázása volt. Ez a feladat alapvetően érinti a hazai vízrajzi szolgálat egészét, mivel a nemzetközi szabályzatok nem kellő körültekintéssel történő honosítása súlyos gazdasági és adatminőség változási következményekkel járhat. A magyar vízrajzi viszonyokból eredő hazai mérési gyakorlat bizonyos tekintetben eltér más európai országokban alkalmazott módszerektől. Ugyanakkor a nemzetközi irányvonalaknak megfelelő hazai eljárásrend célszerűen kialakítható.

A honosítási javaslatok alátámasztása érdekében a két szabályozás összehasonlító elemzését végeztük. Az elemzés alapját 18 magyarországi vízfolyás 31 szelvényében történt értékelhető mérésorozat szolgáltatta. Az eredmények birtokában megállapítható, hogy a különböző módszertani megközelítések közötti eltérés nem haladja meg a mérési eljárásokból eredő, elfogadható hibák nagyságát. Azonban kivételes esetekben (pl. kis sebességű vízfolyások) a módszertan helyes megválasztásának döntő szerepe van.

Kulcsszavak

Vízhozammérési eljárás, mérési idő, függélyek száma, pontkiosztás, mérési pontosság, ADCP.

The comparative analysis of the Hungarian and European methodology of discharge measurement

Abstract

The international standard MSZ EN ISO 748:2008 entitled „*Hydrometry - Measurement of liquid flow in open channels using current-meters or floats*” was issued in 2008. This standard is based on the discharge measurement methods in the European Union (EU) and it differs in some aspects from the Hungarian standard (ME-10-231-16:2009). The goal of our study was to identify and answer the questions related to the introduction of this standard into Hungarian practice. The issue is crucial for the hydrometry units of Hungarian Regional Water Directorates, as if the introduction of a new standard is not correctly substantiated the consequences can include avoidable economical burdens and/or changes in the quality of data. The research was initiated and financed by the Hungarian General Directorate of Water Management and targeted at the comparative analysis of the measurement and calculation methodologies of the two standards, carried out on watercourses in Hungary. Thus, we have executed a series of measurements in 31 cross-sections on 18 different watercourses in Hungary. Based on our results we can state that the difference between the results of the various methodologies generally does not exceed the uncertainties originating from the measurements themselves. Under specific circumstances (e.g. very low flow velocities) the effect of the chosen methodology can be significant.

Keywords

Discharge measurement procedure, sampling duration, number of verticals, point distribution, exactness of measurement, ADCP.

BEVEZETÉS

A 2000/60/EK Víz Keretirányelv (VKI) előírja, hogy a vizek állapotának elemzéséhez és monitoringjához műszaki előírásokat és szabványosított módszereket kell alkalmazni, mégpedig: „A típusparaméterek megfigyeléséhez használt módszereknek – amennyiben a megfigyelésre vonatkoznak – összhangban kell lenniük az alább felsorolt nemzetközi szabványokkal vagy más nemzeti vagy nemzetközi szabványokkal, amelyek biztosítják az adatok egyenértékű tudományos minőségét és összehasonlíthatóságát.” A második Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv (VGT2) emiatt előírja a VKI monitoring-rendszerének fejlesztését, hogy a vizek állapota, működése, az itt fellelhető ok-okozati összefüggések minél pontosabban megismerhetők legyenek.

2008-ban kiadásra került az MSZ EN ISO 748:2008 nemzetközi szabvány „Hidrometria. Folyadékáram mérés nyitott csatornában sebességmérőkkel vagy úszókkal” címen, amely angol nyelvű és a korábbi MSZ EN ISO 748:2007 szabványt váltotta fel. Ezen szabvány az Európai Unióban (EU) használatos vízhozammérési módszereken

alapul, mely megközelítésében eltér az érvényben lévő magyar ágazati szabályozástól (ME-10-231-16:2009). A kétféle módszer összehasonlító vizsgálata korábban nem történt meg.

A vízrajzi gyakorlatban az elmúlt évtizedben jelentős műszerfejlesztések történtek, többek között a vízhozammérési területen is. A beszerzett műszerek egy részének tartozéka a berendezéshez tartozó vízhozam számító szoftver is, amelyek rendszerint az MSZ EN ISO 748:2008-as szabvány szerint számolnak. Egy korábbi vízügyi ágazati projekt (VízGeo) keretében fejlesztett „Hozam2” elnevezésű program képes fogadni ezen új mérőeszközök mérési alapadatait és lehetőséget ad azok újraszámolására hazai előírások (ME-10-231-16:2009) szerint. Az eddigi tapasztalatok azt mutatják, hogy az eredmények gyakran nem egyeznek meg.

A kutatásunk alapvető célja az érvényben lévő, a vízhozammérésről szóló vízügyi ágazati műszaki előírás és a hatályos nemzetközi szabvány szerinti vízhozammérések összehasonlító elemzése volt. A feladatot, azaz a két

szabályozás szerinti mérési és számítási módszerek összehasonlítását magyarországi vízfolyásokon végzett mérések alapján terveztük végrehajtani. Vizsgálni kívántuk az MSZ EN ISO 748:2008 szabvány és az érvényben lévő hazai ME-10-231-16:2009 szerinti mérések számszerű eltérését. Ezen felül azt is ki szeretnénk mutatni, hogy milyen hatása lenne az MSZ EN ISO 748:2008 szabvány esetleges magyarországi bevezetésének.

Az Országos Vízügyi Főigazgatóság Vízirajzi Osztálya által kezdeményezett és finanszírozott kutatás céljait és tematikáját, valamint az alkalmazandó mérési módszert

Sziebert János dolgozta ki. A megvalósítást és a feldolgozás részletes módszertanát a Nemzeti Közszerkezeti Egyetem Víztechnológiai Kar Területi vízgazdálkodási Tanszéke végezte *Keve Gábor* vezetésével.

MÉRÉSI MÓDSZEREK ISMERTETÉSE, ÖSSZEHASONLÍTÁSA

A feladatot, azaz a két szabvány (MSZ EN ISO 748:2008 és ME-10-231-16:2009) szerinti mérési és számítási módszerek összehasonlítását magyarországi vízfolyásokon végzett mérések alapján kellett végrehajtani. Az 1. táblázat mutatja a megmért vízfolyásokat.

1. táblázat. Magyarországi vízfolyások melyeken összehasonlító vízhozamméréseket végeztek
Table 1. Watercourses in Hungary on which comparative water discharge measurements were performed

VÍZFOLYÁSOK	
1. Duna	10. Bodrog
2. Mosonyi-Duna	11. Sajó
3. Rába	12. Hernád
4. Marcal	13. Zagyva
5. Ipoly	14. Hármaskörös
6. Szentendrei-Duna-ág	15. Kettős-Körös
7. Kapos	16. Maros
8. Dráva	17. Duna-völgyi főcsatorna (DVCS)
9. Tisza	18. Kiskunsági-öntöző-főcsatorna (KÖF)

A méréssorozatot – lehetőség szerint – vízfolyásonként két, hidraulikailag eltérő jellemzőkkel (szelvény középsebesség, mélység, szélesség) bíró szelvényben kellett végrehajtani. A mérések kivitelezése során alkalmazható volt: forgószárnyas műszer, indukciós műszer, Doppler-elvű (ADCP) függély sebességeloszlást mérő műszer legalább 40 másodperces pontonkénti mérési idővel. Utóbbi csakis akkor használható, ha a mérési adatok feldolgozása során a pontbeli sebességmérésnél előírt pontkiosztásnak megfelelő adatkinyerés lehetséges. (Az ADCP kizárólag mozgójós üzemmódban nem alkalmazható.)

Mindkét szabályozás a vízhozam alkalmankénti (nem folyamatos) mérésének alapelveit határozza meg, és az átfolyási kereszt-szelvény, valamint az arra merőleges szelvény középsebesség meghatározásán alapul. A mérési szelvény kiválasztása a két előírás szerint azonos alapelvek mentén történik.

A két szabályozás közötti alapvető különbség, hogy míg az ME-10-231-16:2009 szerint a vízhozammérés során először el kell végezni a szelvényfelvételt és utána a sebességmérést, az MSZ EN ISO 748:2008 értelmében arra kell törekedni, hogy a sebességméréseket lehetőség szerint a mélységméréssel egyidejűleg végezzük. Az MSZ EN ISO 748:2008 javasolja ugyan, hogy a függélyek elhelyezésének kiválasztását előzze meg egy kereszt-szelvényfelvétel, azonban ebben az esetben ezt az előzetes mérést később a vízhozam számításában nem vesszük figyelembe, kizárólag arra alkalmazzuk, hogy a függélyeket megfelelően oszthassuk ki.

Mindkét előírás a víztükör-szélesség függvényében határozza meg a kereszt-szelvény meghatározásához a mélységmérések egymástól való távolságát. A különbség azonban, hogy míg az ME-10-231-16:2009 szerint ezt a kiosztást csak a kereszt-szelvény méréséhez alkalmazzuk, az

MSZ EN ISO 748:2008 értelmében ezek a sebességmérési függélyek helyei is egyben.

A sebességmérési függélyek száma az ME-10-231-16:2009 és az MSZ EN ISO 748:2008 szerint eltérő. A minimum függélyszám mindkét esetben 5, azonban a kiosztásban és a maximális függélyszámban jelentős különbségek vannak. Míg az ME-10-231-16:2009 a víztükör-szélesség függvényében a függélyek számát egyértelműen meghatározza (maximum 13), az MSZ EN ISO 748:2008 a különböző mederszélességi tartományokhoz függélyszám-tartományokat rendel. Utóbbi kiosztás legfőbb vezérlő elve, hogy a mért függélyekhez rendelhető részvízhozam a teljes vízszállítás 5 %-át lehetőleg ne haladja meg, de semmiképpen ne lépje túl a 10 %-ot. Ezen feltételnek való megfelelés pedig a mérés közbeni folyamatos számítást és ellenőrzést követeli meg. Egy ismeretlen kereszt-szelvényű és sebességeloszlású vízfolyás esetén csupán annak szélessége alapján előre meghatározni egy ilyen kritériumot teljesítő függélykiosztást szinte lehetetlen, így a függélykiosztás mérés közbeni rugalmas módosítására is fel kell készülni, ha az előzetes szelvényfelvétel elmarad.

A két szabvány eltér a fentiekén kívül a gyorsan változó vízállások esetén alkalmazandó módszerekben is. További eltérés, hogy az MSZ EN ISO 748:2008 előírása szerint a mérési eredményeket a helyszínen ellenőrizni szükséges, mert azok bizonyos mértékű eltérése esetén a teljes mérést vagy egyes részeinek megismétlését írja elő.

A függély-középsebesség számítása

A függély-középsebesség meghatározásának módszereit a következő csoportokba sorolhatjuk:

- sebességeloszlás módszere;
- csökkentett pontszám módszer;
- integráló módszer.

Az integráló módszer végrehajtása nehézkes és megfelelő rutint igényel a felmérőktől. A függélyen belül 0,04 m/s-os sebességet el nem érő mozgással kell folyamatosan leereszteni és felhúzni a sebességmérő műszert. A másik két módszernél pontonkénti mérést kell végrehajtani. Az MSZ EN ISO 748:2008 szabvány 30 s-ot jelöl meg a pontonkénti sebességmérés minimumaként, míg a hazai szabályozás ezt 40 s-ban határozza meg. A 30 és 40 másodperces mérések közötti különbség elenyésző is lehet (Kim és társai 2018). Ugyanakkor Boiten (Boiten 2005) szerint a sebességmérési időre:

- magas sebesség-tartomány esetén 30-50 s-ot,
- alacsony sebesség-tartomány esetén 60-100 s-ot javasolt.

Tapasztalataink alapján a hazai minimális 40 s-os mérési idő nem szabad változtatni, azonban kedvezőtlen körülmények között, vagy alacsony áramlási sebesség esetén (< 0,2 m/s) indokolt lehet a 60 másodperces vagy hosszabb mintavételezés is. Ezt a szigorítást az MSZ EN ISO 748:2008 szabvány nem tiltja. Sőt Muszkalay és Starosolszky már 1959-ben megfogalmaztak hasonló ajánlást (Muszkalay és Starosolszky 1959).

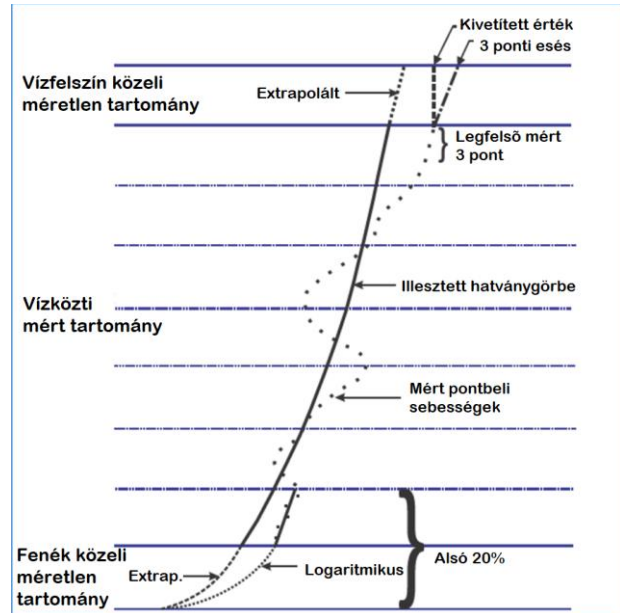
A csökkentett pontszám módszerét 1-6 pont mérése jelenti, a magyar előírás 1-5-ig pontosan megegyezik ezzel. A nemzetközi szabvány szerint a függély-középsébség a pontbeli mérések súlyozott átlagaként kapható.

Legközelebb a hazai módszertanhoz a sebességeloszlás módszere áll. A mérési pontok száma és kiosztása oly módon kerül megválasztásra, hogy az a sebességeloszlást minél pontosabban leírja az egyes függélyben. A pontbeli mérések különbsége a szomszédos pontok között nem haladhatja meg a magasabb mért érték 20%-át. A felszínközeli és a legalsó pont helyének megválasztásánál a műszer paraméterei adják a korlátot (vitorlaátmérő, szerkezeti magasság).

A függély középsébségének meghatározásához a nemzetközi szabvány grafikus vagy analitikus megoldást is kínál. Azonban csak irodalmi hivatkozást említ, de szövegében nem tér ki a függély középsébség pontos számítási módjára. Ennek értelmezését segíti elő a WinRiver User Manual (2018) 259. oldalán lévő 80. ábra (1. ábra).

Az 1. ábra folytonos vonala a mért értékekre illesztett hatványgörbe, melynek felszíni és fenék közeli része extrapolált érték. A pontozott vonal jelöli a megmért pontbeli sebességeket a vízközi tartományban, felső két folytonos, vízszintes vonal jelöli a vízfelszín közelében nem mérhető részt, míg az alsó kettő a fenék közelében a mérésből kimaradt sávot. A felszínre függőlegesen kivetített legfelsőbb mérést szaggatott függőleges, fekete vonal mutatja, ami megegyezik a magyar eljárással. Itt elfogadható még a legfelső három mérés eredményét figyelembe vevő úgynevezett „3 ponti esés” számítás is. A mederfenék közelében viszont eltér a két szabályozás, idehaza a legalsó még elvégezhető mérés felét tekintjük érvényesnek közvetlenül a mederfenéken. Az új szabvány szerint viszont a legalsó mérési pont alatti sebesség meghatározásának módszere azon a feltevésen alapul, hogy a vízsebesség a mederfenék fölött bizonyos távolságig arányos az ezen határtól mért távolság logaritmusával, ami egy görbe formáját ölti („Lo-

garitmikus” jelöléssel sűrű pontvonal az 1. ábra alján). Számításaink szerint ez az elméleti különbség numerikusan alig kimutatható különbséget jelent. A szabatosság azonban megköveteli a megfelelő elméleti megközelítés használatát. Amennyiben az MSZ EN ISO 748:2008 szerinti valamennyi függély középsébség meghatározási módot nem kívánjuk honosítani, a minimális megfeleltetés a mederfenék közeli tartomány számítási eljárásrendjének átvételében határozható meg.



1. ábra. Függély sebességeloszlás közelítő módszerei (Teledyne RD Instruments 2018)

Figure 1. Approximation methods of vertices (Teledyne RD Instruments 2018)

Vízhozam kiszámítása

A vízhozamok számításának módjára az ME-10-231-16:2009 nem tér ki (erről külön Műszaki Irányelv (MI-10-251/4-85) rendelkezik). Ennek megfelelően lehetőségünk van a függélyek által határolt keresztterület-területek és a hozzájuk rendelhető középsébségek szorzata alapján történő, valamint a sebességeloszlások alapján meghatározott isotach vonalak által bezárt szelvényterületek alapján történő számítással is meghatározni a vízhozamot. E számítások módját az MSZ EN ISO 748:2008 részletesen tárgyalja és a mérések elvégzésének módjától függően többféle részletszámítási módot is megad.

A vízállás-vízhozam összefüggésének tetszőleges mederalakra való kiterjesztése (Lee és Muste 2017, Cheng és társai 2018) vagy a vízhozam meghatározásához használható legkorszerűbb eszközök vizsgálata (Lee és társai 2017) kapcsán mérés-technikai kérdések is előtérbe kerültek. Például precíziós nyomásmérővel való folyamatos vízállás és azzal együtt felszíni esés mérése, mely az ismert keresztterületi paraméterekkel együtt számíthatóvá teszi a vízhozam értékét.

A MÉRÉSSOROZAT VÉGREHAJTÁSA

A méréssorozat tervezésénél számos szempontot kellett szem előtt tartani, melyek közül kiemelt volt az egyes szelvényekben alkalmazott mérési módszerek összehasonlíthatósága. A teljes méréssorozat egyöntetűségére is nagy

hangsúlyt kellett helyeznünk. Ezen indokok miatt már az első körben eldölt, hogy a lehetőségekhez mérten törekedni kell minden megmért szelvényben a teljesen azonos mérés technika alkalmazására. A méréseket télen (2019. november-december) hajtottuk végre, amikor kevés kivételtől eltekintve kisvízes időszak volt. A helyzet nem kínált túl sok lehetőséget a jelentősen különböző hidraulikai viszonyok vizsgálatára. A munka tervezése és végrehajtása során pótolhatatlan segítséget kaptunk a vízügyi szolgálat szakembereitől, a vízrajzos kollegáktól.

A kiválasztott mérőszelvények döntő többségénél korábban még soha nem járt a mérést végző csapatunk. A vízügyi igazgatóságok útmutatásaira, tapasztalataira ebben az esetben is nagymértékben támaszkodhattunk.

Elsődlegesen minden egyes vízfolyáson legalább egy, vízhozammérésre ideális szelvényt igyekeztünk kijelölni, ahol lehetőség szerint legalább 80 s-os, de inkább 120 s-os mérési idővel mintáztuk a sebességet. Ezzel biztosítottuk, hogy mind a 18 kiválasztott vízfolyáson legyen legalább egy, kellő részletességgel elvégzett mérés.

A felhasznált mérőeszközök tekintetében az akusztikus elven működő ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) berendezés minden tekintetben megfelelőnek tűnt, ezért esett választásunk erre a műszerre. Esetünkben összehasonlító mérésekről volt szó, azaz nem abszolút sebességértékeket kellett előállítanunk az egyes mérési pontokban. Ezért az eltérő terület-sebesség elvű vízhozammérési módszertanok összehasonlításához ez a megoldás is elfogadható volt, ahogyan azt a megbízó is jelezte. Az ultrahangos

készülék segítségével a vízmélység és a függőlegesen belüli sebességeloszlás egyetlen rögzített helyzetből meghatározható, ami nagyban meggyorsította az amúgy is időigényes feladat végrehajtását. Az ADCP mérési technika alapvetően az úgynevezett Doppler-effektust használja, tehát azt a jelenséget, mely szerint valamely mozgó tárgy felé kibocsátott és onnan visszaverődő hullám (pl. hanghullám) frekvenciája, illetve hullámhossza megváltozik az illető tárgy sebességének függvényében. Ha a tárgy közeledik, akkor az a hullám frekvenciájának növekedését, ha távolodik, az a frekvencia csökkenését eredményezi (Teledyne RD Instrument 2017). A kibocsátási és visszaérkezési hullámok frekvenciái, valamint a (vízben haladó) hang sebességének ismeretében a víz, illetve a benne utazó lebegő anyagok sebessége (közvetlenül annak a sugárzófej irányába eső komponense) számítható.

A folyóvízben a kibocsátott hangot a vízben lebegő hordalékrészecskék sokasága veri vissza. Ennek megfelelően a műszer nem használható sem teljesen hordalékmentes vízben, sem túlságosan nagy hordalékkoncentrációk esetén, az alkalmazhatóság határai viszont így is igen tágak. A megmérni kívánt vízfolyások mind alkalmasak voltak a kiválasztott műszer használatához.

Valamennyi ADCP műszer alkalmas a vízmélység szintén ultrahangos technikával való meghatározására is. Az általunk kiválasztott műszer úszótestről a vízbe merítetten végzi a méréseket a sebesség és a mélység egyidejű meghatározásával. Esetünkben a Workhorse Rio Grande 1200 kHz ADCP és a RiverPro 600/1200 kHz ADCP műszer állt rendelkezésünkre (2. ábra).



2. ábra. A Workhorse Rio Grande 1200 kHz ADCP és a RiverPro 600/1200 kHz ADCP műszerek
Figure 2. The instruments Workhorse Rio Grande 1200 kHz ADCP and RiverPro 600/1200 kHz ADCP

A Workhorse Rio Grande és a RiverPro ADCP műszerek a hozzá biztosított szoftverekkel együtt alkotnak kompakt rendszert. Két szoftver állt rendelkezésünkre, a WinRiver II (Teledyne RD Instruments 2018) és az SxSPro (Teledyne RD Instruments 2017).

- WinRiver II: a ma már hazánkban is széles körben elterjedt átkeléses vagy mozgóhajós vízhozammérési módszert támogatja, de alkalmas rögzített pozícióban való mérésre is.

- SxSPro: Kifejezetten az MSZ EN ISO 748:2008 szerinti, éppen tesztelni kívánt mérések végrehajtásához fejlesztették.

MÉRÉSI ÉS SZÁMÍTÁSI EREDMÉNYEK

A már ismertetett tervek alapján az összes kijelölt 18 db vízfolyáson (1. táblázat) legalább egy szelvényben sikeresen megmértük a vízhozamot. Az eredményeket összesítő 2. táblázat mérési szelvényenként tartalmazza a különböző eljárásrend alapján számított adatokat.

2. táblázat. Vízhozammérési eredmények összefoglaló táblázata
Table 2. Summary table of discharge measurement results

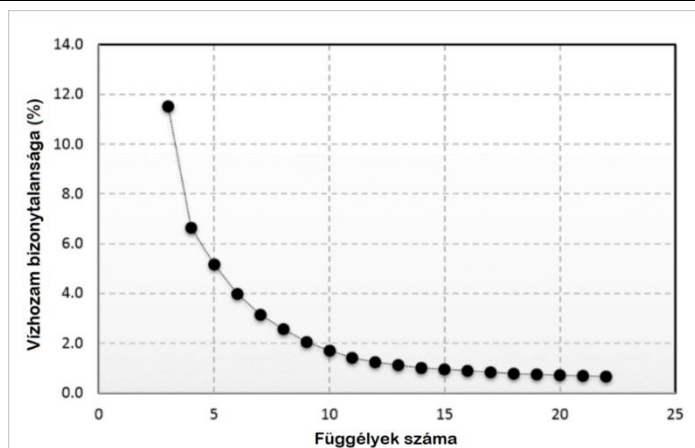
Sorszám	Vízfolyás	Szelvény	Sebesség-mérési idő [s]	SxSPro PP_BT [m/s]	WinRiver v_k [m/s]	SxSPro PP_BT Q [m ³ /s]	WinRiver Q [m ³ /s]	Mid-Section WD_VB_sz30	Hozam2 sz40
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Bodrog	Alsóberecki	120	0,174	0,175	35,802	35,195	35,176	34,500
2	Dráva	Drávaszabolcs	80	0,933	0,898	699,851	696,554	682,817	677,000
3	Duna	Baja	30 és 40	-	0,694	-	1270	-	-
4	Duna	Baja	120	0,756	0,746	1 600,975	1 600,282	1 604,29	1 650,000
5	DVCS	Akasztó	80	0,293	0,298	4,527	4,470	4,352	4,320
6	DVCS	Baja	40	0,058	0,054	2,114	1,930	2,877	2,920
7	DVCS	Baja	120	0,069	0,071	2,469	2,211	2,894	2,990
8	DVCS	Sükösd	120	-	0,157	-	1,976	2,283	2,230
9	DVCS	Sükösd	40	0,145	0,163	2,054	1,919	2,261	2,350
10	Feketevíz	Kémes	80	0,165	0,174	1,572	1,619	1,502	1,480
11	Hármas-Körös	Endrőd	80	0,190	0,181	25,177	25,340	25,604	25,300
12	Hármas-Körös	Kunszentmárton	80	0,507	-	48,228	-	47,463	47,400
13	Hernád	Gesztely	80	0,728	0,728	46,896	46,324	45,354	44,500
14	Hernád	Kiskinizs	40	0,753	0,772	46,041	45,609	44,554	44,500
15	Ipoly	Letkés	120	0,506	0,500	16,650	16,425	16,469	16,100
16	Kapos	Kurd	120	0,680	0,687	6,741	6,720	6,704	6,650
17	Kapos	Pinchely	120	0,854	0,840	9,871	9,997	9,806	9,650
18	Kettős-Körös	Doboz	40	0,090	0,081	12,647	11,706	12,536	13,200
19	Kettős-Körös	Köröstarcsa	80	0,342	0,341	13,224	12,974	13,076	13,000
20	KÖF	Akasztó	80	0,015	0,005	0,135	0,040	-	-
21	KÖF	Tass	120	0,158	0,154	4,092	4,023	4,007	3,990
22	Marcal	Mórichida	80	0,311	0,286	3,938	3,801	3,898	3,781
23	Marcal	Rábasantmiklós	120	0,269	0,286	3,840	3,614	3,722	3,763
24	Maros	Makó	120	0,537	0,546	64,718	66,731	63,886	64,072
25	Mosoni-Duna	Mecsér	120	0,391	0,366	37,511	35,761	36,779	37,876
26	Rába	Árpás	80	0,981	0,984	42,764	42,069	42,226	42,525
27	Rába	Győr	80	0,654	0,659	48,393	47,965	47,309	47,274
28	Sajó	Sajószentpéter	80	0,672	0,683	54,657	55,794	54,182	51,700
29	Szentendrei-Duna-ág	Szentendre	120	0,534	0,558	489,107	498,346	484,778	503,000
30	Tisza	Szeged	80	0,570	-	541,693	-	530,365	547,000
31	Tisza	Tokaj	80	0,146	0,141	144,421	133,322	142,299	140,000
32	Zagyva	Jásztelek	120	0,571	0,579	3,570	3,434	3,447	3,440
33	Zagyva	Szolnok	80	0,243	0,248	3,723	3,635	3,722	3,800

A táblázat 9. oszlopában (Mid-Section) az új nemzetközi szabvány szerinti 30 s-os mintavételezésből számított vízhozam adatok láthatóak. A nemzetközi szabvány szerint a függély közepességét a pontbeli mérések, felszínen az első ismert sebesség, míg a fenéken hatványfüggvény mentén történő extrapolációval számított sebesség átlaga adja. Ezen módszer áll a legközelebb a hazai gyakorlathoz, utóbbi a 10. oszlop adatai prezentálnak. A fejléc itt is árulkodik a tartalomról „Hozam2 sz40”. Az előírásnak megfelelően 40 s-os mintavételezési idővel és a „Hozam2” ágazati szoftverrel számított vízhozam adatok kerültek ide. A mélységet mindkét esetben a függőleges mérőfejjel (vertical beam) mért mélység alapján vettük figyelembe.

Az összehasonlítandó két vízhozam-meghatározási módszertan közötti különbség a sebességmérési idő és a sebességmérési függélyek számában foglalható össze.

Mindkét tényező növelése a mérési bizonytalanságot csökkenti és ezzel a mérési pontosságot növeli (Kim és társai 2018). A függélyek számának növelésével elérhető pontosság kardinális kérdés lehet, mert a nemzetközi szabvány (MSZ EN ISO 748:2008) lényegesen több függélyben követeli meg a sebességmérést, mint a hatályos magyar előírás (ME-10-231-16:2009).

Ezen külföldön bevett megszorítás megértése végett mutatjuk be a 3. ábrát, ahol jól látszik a sebességmérési függélyek darabszáma és a vízhozammérési bizonytalanság összefüggése. Az ábra szerint a mérési bizonytalanság valóban csökkenthető a függélyek számának növelésével. Az ábra egyetlen nagyon alaposan mért csésze alakú mintaszelvény ($Q=2,09$ m³/s; $B=6,5$ m; $v_k=0,56$ m/s; $h_{\text{átl}}=0,61$ m) alapján készült (Kim és társai 2018), melyből kiderül, hogy a 9 függély fölött már csak 1-2%-os javulás várható az eredményben a függélyszám további növelésével.



3. ábra. Függélek száma és a vízhozam bizonytalansága közötti kapcsolat (Kim és társai 2018)

Figure 3. Relationship between number of verticals and total discharge uncertainty (Kim et al. 2018)

MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÖSSZEHAJONLÍTÁSA

A vizsgálat szempontjából mintánk kielégítőnek mondható, hiszen elég széles vízhozam tartományban (1,4 ÷ 1650 m³/s) és egymástól teljesen eltérő körülmények

között mértünk. Végül a 2. táblázatban közölt eredmények közül 31 összehasonlítható adat állt elő, melyek korábbiaktól is részletesebb paramétereit a 3. táblázat mutatja be.

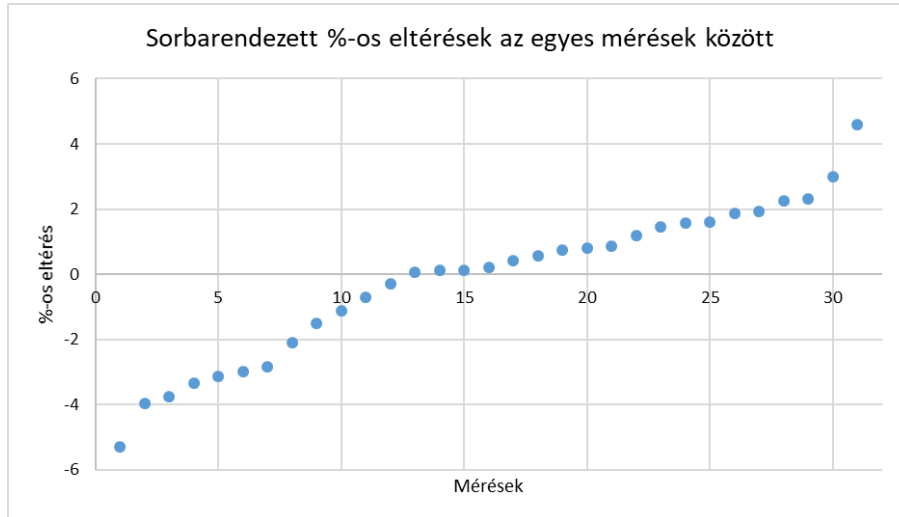
3. táblázat. A Mid-Section és a Hozam2 eredmények összehasonlítása

Table 3. Comparison of Mid-Section and Hozam2 results

Sorszám	B [m]	A [m ²]	h _k [m]	v _k [m/s]	Mid-Section (O8) WD_VB_sz30	Hozam2 (V8) sz40	Delta (7. oszlop- 6. oszlop)	Delta%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	53,0	203,7	3,84	0,173	35,176	34,500	0,676	1,921
2	178,0	750,1	4,21	0,910	682,817	677,000	5,817	0,852
3	400,8	2117,0	5,28	0,758	1 604,294	1 650,000	-45,706	-2,849
4	11,8	14,9	1,26	0,293	4,352	4,320	0,032	0,729
5	23,0	34,0	1,48	0,085	2,877	2,920	-0,043	-1,505
6	22,2	32,9	1,48	0,088	2,894	2,990	-0,096	-3,332
7	11,1	12,9	1,16	0,177	2,283	2,230	0,053	2,315
8	11,0	12,8	1,16	0,177	2,261	2,350	-0,089	-3,956
9	10,5	8,9	0,85	0,168	1,502	1,480	0,022	1,443
10	71,0	131,4	1,85	0,195	25,604	25,300	0,304	1,188
11	60,3	93,8	1,55	0,506	47,463	47,400	0,063	0,132
12	33,5	62,7	1,87	0,724	45,354	44,500	0,854	1,882
13	41,8	60,3	1,44	0,739	44,554	44,500	0,054	0,121
14	28,2	32,0	1,13	0,515	16,469	16,100	0,369	2,240
15	10,3	9,9	0,96	0,680	6,704	6,650	0,054	0,811
16	12,9	11,5	0,89	0,855	9,806	9,650	0,156	1,586
17	62,3	139,7	2,24	0,090	12,536	13,200	-0,664	-5,298
18	26,3	38,4	1,46	0,341	13,076	13,000	0,076	0,579
19	22,0	25,3	1,15	0,158	4,007	3,990	0,017	0,424
20	15,1	12,5	0,83	0,312	3,898	3,781	0,117	2,993
21	15,3	13,6	0,89	0,273	3,722	3,763	-0,041	-1,109
22	101,0	118,1	1,17	0,541	63,886	64,072	-0,186	-0,290
23	53,3	94,2	1,77	0,390	36,779	37,876	-1,097	-2,983
24	33,8	42,8	1,27	0,987	42,226	42,525	-0,299	-0,709
25	35,0	72,3	2,07	0,654	47,309	47,274	0,035	0,075
26	52,3	79,8	1,53	0,679	54,182	51,700	2,482	4,581
27	168,0	875,3	5,21	0,554	484,778	503,000	-18,222	-3,759
28	152,0	913,8	6,01	0,580	530,365	547,000	-16,635	-3,137
29	148,9	939,7	6,31	0,151	142,299	140,000	2,299	1,616
30	10,9	5,9	0,54	0,587	3,447	3,440	0,007	0,203
31	24,6	14,5	0,59	0,257	3,722	3,800	-0,078	-2,096
					Minimum	1 650,000	Átlag:	-0,172
					Maximum	1,480	Szórás:	2,324
							Ferdeség:	-0,388
							Csúcsosság:	-0,363

Az összehasonlítás érdekében képeztük a mérési eredmények különbségét („Delta” oszlop), majd pedig az így kapott differenciát osztottuk a 6. oszlop (MSZ EN ISO 748:2008 szerinti mérés) adataival és felszoroztuk százszal. Utóbbi eredmény („Delta%” oszlop) már százalékosan fejezi ki az eltéréseket, ami az összes adat összehasonlítását is

lehetővé teszi. Grafikus ábrázolással (4. ábra) látszik, hogy valamennyi eltérés $\pm 6\%$ -on belül mozog. A vízszintes tengelyen a vizsgálatba vont mérések száma látható (31 db), eltérés szerint növekvő sorrendbe rendezve. Ez az eltérés csaknem az egyes mérés technikai eljárások hibáján belül van, mellyel az új szabvány külön fejezetben foglalkozik.



4. ábra. ISO és magyar Hozam2 eredmények százalékos (%-os) eltérése

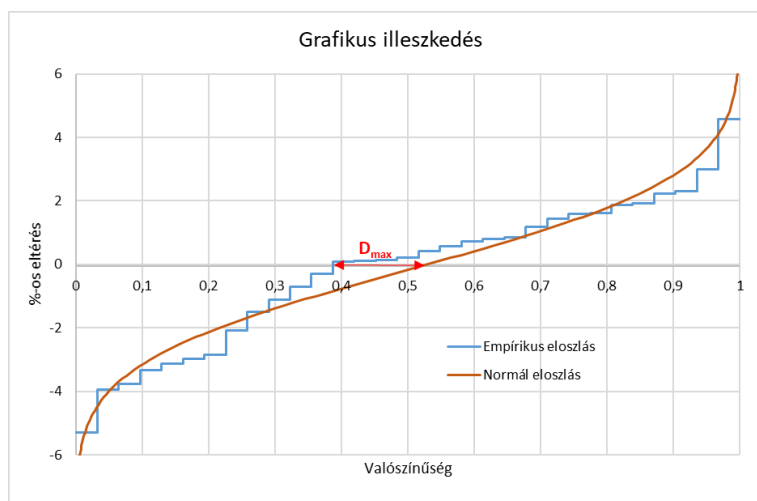
Figure 4. Percentile differences between the ISO and Hozam2 (official Hungarian software) results

Ettől részletesebb vizsgálat kell azonban annak bizonyítására, hogy a két módszertan közötti eltérésben van-e valami rendszer. Ilyen rendszert a 4. ábra nem mutat, hiszen nagyjából azonos számú eltérésünk van felfelé és lefelé is. Az eltérések mértéke a vízhozamtartományokkal, közepességgel vagy víztükör szélességgel sem hozható kapcsolatba, azaz független ezek mértékétől. Így azt feltételezhetjük, hogy az eltérés ily módon számított értéke normál vagyis Gauss eloszlást követ, mint minden véletlen hiba. Ellenkező esetben nem véletlenszerű eltérésről kellene beszélnünk és akkor a két módszertan között olyan differencia mutatkozna, mely a vízhozam meghatározására nézve szignifikáns különbségre utalna. A következőkben

két statisztikai eljárással is igyekszünk bizonyítani az eltérések véletlen jellegét.

Kolmogorov-Szmirnov-próba

A 3. táblázat jobb alsó sarkában a statisztikai mintánk paramétereit is felsoroltuk, melyből a szórás kicsi értéke és a zérushoz közeli várható érték kedvező eredményt mutat hipotézisünk helyességét illetően. Azonban ez még korántsem elegendő bizonyíték, így egy azonos paraméterekkel rendelkező normál eloszlás függvényét is kiszámítottuk. Az eltérések empirikus és az azonos paraméterű (szórás, várható érték) normális eloszlás grafikus vizsgálatát mutatja az 5. ábra.



5. ábra. ISO és Hozam2 eredmények %-os eltérésének illeszkedése Normál eloszláshoz

Figure 5. The fit of the empirical distribution of the percentile differences between the ISO and Hozam2 (official Hungarian software) results to the Normal distribution

Az illeszkedés vizsgálatához *Szmirnov* és *Kolmogorov* egymintás próbáját követtük, ami a hazai vízrajzi eljárásrendben megszokott módszer. Ehhez az empirikus és elméleti el-

oszlások közötti legnagyobb különbség értékét D_{\max} -ot határoztuk meg. A $D_{\max} = 0,1552$ alapján az alábbi képlettel számítottuk az eltérés valószínűségi változóját, a „Z” értékét:

$$Z = D_{\max}\sqrt{n} = 0,1552 * \sqrt{31} = 0,8642$$

ahol „n” a mintánk darabszáma, vagyis az adatsor hossza.

A „Z” valószínűségi változóhoz tartozó, a maximális eltérést jellemző valószínűség a Kolmogorov eloszlás-függvény táblázatából: $L(Z) = 0,5559$. Az illeszkedés valószínűsége pedig: $p = 100 [1-L(z)] = 44,4\%$.

Ez az eredmény jónak mondható, a hidrológiában általában elfogadott a 30 és 70%-os szignifikancia határok figyelembevételével. Azonban nem támasztja alá egyértelműen az illeszkedést, hiszen a bizonytalan kategóriába sorolandó. Ugyanakkor nem is kell elvetnünk a hipotézisünket, sőt ilyen illeszkedési eredménnyel már meg is elégedhetünk a bizonytalanságot szem előtt tartva. Azonban a páros *t-próba* alapján már megállapíthatjuk, hogy a két módszertan közötti eltérés nem szignifikáns.

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i, \quad d_i = x_{1i} - x_{2i}, \quad s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2.$$

A 3. táblázat alapján $\bar{d} = -2,24739$, $s = 9,291183$. Ezekből $t = \frac{-2,24739}{9,291183} \sqrt{31} = -1,347$. A Student-eloszlás táblázatából adódik, hogy $n-1=30$ szabadsági fokhoz $\varepsilon = 0,05$ elsőfajú hiba valószínűség esetén $t_{0,975} = 2,042$.

A kritikus tartomány: $K = \{|t| > t_{1-\frac{\varepsilon}{2}}\} = \{|t| > 2,042\}$. A statisztikai függvényünk értéke nem esik bele ebbe a kritikus tartományba ($|t| = 1,347$), ezért elfogadjuk az értékek egyezésére vonatkozó nullhipotézisünket.

Az előzőekben alkalmazott két statisztikai próba alapján összefoglalva megállapíthatjuk, hogy **a két mérési módszertan között nincs lényeges eredménybeli különbség!**

KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Összehasonlítva a MSZ EN ISO 748:2008 és az ME-10-231-16:2009 szerinti eredményeket, megállapítható, hogy a két módszerrel nyert eredmények között nincs lényegi különbség. Az eltérés nagysága a mérési bizonytalanság határán belül van és nem függ a vízhozam nagyságától. A rendelkezésre álló minta alapján nem lehet kimutatni a két módszertannal végzett számítások közötti eltérés előjelét, tendenciáját. A magyar vízügyi szolgálatban évtizedek óta elfogadott vízhozammérési eljárásrend szerinti mérések eredménye nem marad el a legfrissebb nemzetközi szabályozások által megkövetelt mérési módszerek által szolgáltatott eredményektől.

Összességében elmondható, hogy a két mérési módszer közötti jelentős különbséget a mérési időtartam jelenti. Az előkészületeket leszámítva az ADCP állóhajós mérések átlagosan 1,5-2 óra közötti időtartamra tehető (csónakos folyami mérés ennek duplája is lehet). Ha már a szelvényekben ennyi időt eltöltöttünk a szabatos mérésekkel nem sajnáltuk az időt mozgóhajós ADCP eljárással is megmérni a vízhozamot. Utóbbi csak néhány 10 percet vett igénybe, de értékes felismeréssel szolgált. Terepi tapasztalatunk azt tá-

Páros t-próba

A Mid-Section és a Hozam2 vízhozam adatok, mint nem független minták elemei páronként egymáshoz rendelhetők, így a két minta várható értékére vonatkozó páros t-próba alkalmazható. A nullhipotézisünk az, hogy a két minta várható értéke megegyezik, azaz $m_1 = m_2$, vagy ami ezzel ekvivalens, hogy $m = m_1 - m_2 \cong 0$. Az egymáshoz rendelt értékek különbségét tekintjük egy alapsokaságnak. A kérdés így az, hogy lehet-e nulla ezen sokaság várható értéke? Ennek megválaszolására az egymintás t-próbát alkalmazzuk. A jól ismert $t = \frac{\bar{x}-m_0}{s} \sqrt{n}$ kifejezésben most $m_0 = 0$, az \bar{x} a különbségek átlagát jelöli, míg az s a különbségek korrigált empirikus szórását jelenti. Tehát a statisztikai függvényünk: $t = \frac{\bar{d}}{s} \sqrt{n}$, ahol

masztja alá, hogy kis sebességek esetén a mozgóhajós módszer kevésbé megbízható. Még akkor is így van ez, ha gyakorlott személyzet ügyel arra, hogy a mérés alatt víz sebességénél gyorsabban ne mozogjon a műszer a szelvényen belül. Ezért véleményünk szerint a 0,2 m/s alatti szelvény közepsebesség esetén az ADCP állóhajós, míg e fölötti sebességek esetén a mozgóhajós vízhozammérési eljárásrend ajánlott. Azokon a helyeken, ahol a mozgóhajós mérés eleve kizárt (pl. rácsos szerkezetű hídról mozgatott műszer esete), a függélyenkénti mérés még kitűnően alkalmazható.

Vizsgálatainkkal sikerült rávilágítani arra, hogy magában az MSZ EN ISO 748:2008 szabványban alkalmazásra kínált számítási eljárásrendek között is nagyságrendileg akkora eltérés mutatkozik, mint annak hazai (ME 10-231-16:2009) eljárásrendtől való eltérése. A szabvány honosításánál a Mid-section módszer kizárólagos átvételét javasoljuk, mely a legkisebb eltérést mutatta a jelenlegi hazai eljárásrendünktől.

A nemzetközi szabályozás honosítását oly módon kell elvégezni, hogy a módszertan változásából ne következessen be gyökeres különbség a rögzített vízhozam adatokban. Ebben az esetben ugyanis a vízhozam idősorokban hirtelen lépcső keletkezne, ami minden további feldolgozást jelentősen megnehezítené. Éppen ezért a jól bevált hazai gyakorlat és tapasztalat vívmányait minél szélesebb körűen érdemes megőrizni és a nemzetközi szabályoknak való megfelelést is e gondolat mentén kell kialakítani.

Az MSZ EN ISO 748:2008 bevezetésének számos következménye lehet. Saját mérési tapasztalataink azt mutatják, hogy a forgószárnyas és indukciós elven működő sebességmérő műszerek alkalmazása esetén az 5 m-nél szélesebb vízfolyásoknál, de még az alatt is a sebességmérési függélyek száma oly mértékben növekedne meg, hogy az a mérési időt rendkívüli mértékben meghosszabbítaná. Ennek nem csupán gazdasági következményei volnának, ha-

nem az is, hogy a vízrajzi szolgálat sokkal kevesebb mérést végezhetne el az eddigiekhez képest. Ez viszont az amúgy is kifogásolhatóan kisszámú vízhozam adatok számának további csökkenéséhez vezetne. Ezért tehát nagyon pontosan meg kell határozni, hogy a mozgóhajós ADCP vízhozammérést mely esetekben és milyen módon szabad végrehajtani. Meghatározandó továbbá, hogy hol lehet rögzített ADCP mérésekkel függélyenkénti méréseket végrehajtani. A fennmaradó helyzetekben viszont elő kell írni a honosított nemzetközi eljárásnak megfelelő mérések végrehajtását.

Ha a nemzetközi előírás honosítása során figyelembe vehetők jelen kutatási eredményeink és javaslatunk, akkor az új módszertan bevezetése tapasztalataink szerint nem okozna döntő változást a vízhozam adatokban, így az idősorok folytonossága nem sérülne (ennek ellenére a módszertani váltást az adatbázisokban jelölni kell a későbbi összehasonlíthatóság megteremtése érdekében). A magyar vízhozammérési gyakorlat új szabványhoz való igazítása elengedhetetlen. Ugyanakkor az új szabvány szerinti mérések biztosításához olyan műszerek mellé is terepi számítógépek (megfelelő szoftverrel) kellene, melyek eddig ilyen kiegészítést nem igényeltek. Jó eséllyel át kell térni a digitális terepi jegyzőkönyvek használatára a most elterjedt papír alapú helyett. A jelenleg használt feldolgozó szoftverek áthangolását is el kell végezni az új módszertannak megfelelően, valamint az új módszer országosan egységes alkalmazása érdekében elengedhetetlen a vízrajzi szolgálat dolgozóinak képzése is.

A nemzetközi szabvány honosítása kapcsán az ME-10-231-16:2009 kisebb módosítása válik szükségessé. A jelenlegi magyar gyakorlat tökéletesen megfelel a hazai viszonyoknak, időszerűvé vált azonban azon finomítások végrehajtása. Az ME-10-231-16:2009 előírás csak a mérések lebonyolítására ad utasításokat, de a számítási módra nem. A teljeskörű honosításhoz az MI-10-251/4-85 számú Műszaki irányelvre épülő „ÚTMUTATÓ VÍZRAJZI ADATOK ELSŐDLEGES FELDOLGOZÁSÁHOZ 8. (2015.08.01)” című szabályozást is módosítani szükséges.

A mérésorozat tapasztalatai, valamint a vonatkozó szakanyagok, szabályzatok áttanulmányozása újabb, a hazai szabályozásokban átgondolandó kérdéseket is felszínre hozott. Javasolt a jelen cikk alapjául szolgáló kutatást a vízfolyások és vízjárástatómány szélesebb körére is kiterjeszteni. A teljes témakört a vizsgált szabvány önmagában

nem fedi le, a további releváns nemzetközi szabványok, előírások hasonló elemzése bemutatása fontos feladat. A korszerű mérés technikai eszközök – köztük az ADCP műszerek is – szabatos és kellően meghatározott alkalmazási módját is érdemes átfogó szabályozás, eljárásrend formájában rögzíteni. Az új módszerek, szabványok bevezetése megfelelő informatikai alkalmazások készítését is előrevetíti. A honosítás leírtak mentén történő részleges, vagy teljes körű végrehajtása közvetlen gazdasági előnyökkel járna, a vízrajzi szolgálat feladatainak céltudatosabb és időtakarékos megoldását eredményezné. Az adatminőség fenntartása mellett az érvényben lévő nemzetközi szabályozásnak megfelelően, egyben a minőségbiztosítási célok is teljesülnének.

IRODALOMJEGYZÉK

Boiten, W. (2005). *Hydrometry, IHE DELFT LECTURE NOTE SERIES*, Published by: A.A. Balkema Publishers, a member of Swets & Zeitlinger Publishers, ISBN 90 5410 423 6.

Cheng, Z., Lee, K., Kim, D., Muste, M., Vidmar, P., Hulme, J. (2018). Experimental Evidence on the Performance of Rating Curves for Continuous Discharge Estimation in Complex Flow Situations, *Journal of Hydrology* 568.

Kim, D., Despax, A., Muste, M., Le Coz, J. (2018). Estimation of Critical Uncertainty Sources in Discharge Measurements using Controlled Experimental Conditions, DOI: 10.1051/e3sconf/20184006046.

Lee, K., Firoozfar, A.R., Muste, M. (2017). Monitoring of unsteady open channel flows using the continuous slope-area method, *Hydrology and Earth System Sciences* 21(3):1863-1874.

Lee, K., Muste, M. (2017). Refinement of the Fread Method for Improved Tracking of Stream Discharges during Unsteady Flows, *Journal of Hydraulic Engineering* 143(6).

Muszkalay L., Starosolszky Ö. (1959). *Vízhozammérési zsebkönyv*, VITUKI, Műszaki Könyvkiadó, Budapest.

Teledyne RD Instruments (2017). *SXS PRO SOFTWARE USER'S GUIDE*, P/N 957-6260-00 © 2015 Teledyne RD Instruments, Inc.

Teledyne RD Instruments (2018). *WINRIVER II SOFTWARE USER'S GUIDE*, P/N 957-6231-00 © 2018 Teledyne RD Instruments, Inc.

A SZERZŐK



KEVE GÁBOR okleveles építőmérnök (Budapesti Műszaki Egyetem, 1998), 2018-ban szerzett PhD fokozatot a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen műszaki tudományterületen, építőmérnöki tudományágból. 2014 óta főállású oktató, jelenleg a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz tudományi Karán egyetemi docens, tanszékvezető. Területi vízgazdálkodási szaktantárgyakat oktat. Főbb kutatási területe a hidrometria, azon belül a folyami jégmegfigyelés.



FEKETE ÁRPÁD matematika-földrajz szakos tanár (Szegedi Tudományegyetem, 2000), 2006-ban szerzett PhD fokozatot a Szegedi Tudományegyetemen matematika - és számítástudományból. 2003 óta a felsőoktatásban dolgozik, jelenleg a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Karán egyetemi adjunktus, matematika tárgyakat oktat mérnök szakos hallgatóknak. Kutatási területe a matematikai analízis és a sztochasztikus folyamatok, valamint ezek alkalmazásai mérnöki-műszaki tudományokban.



SZIEBERT JÁNOS okleveles építőmérnök (Budapesti Műszaki Egyetem, 1981), mezőgazdasági vízépítő szakmérnök (Budapesti Műszaki Egyetem, 1988), 1985-2012 között főállású oktató, 2012 óta félállású oktató, az Országos Vízügyi Főigazgatóság Vízügyi Osztályának monitoring referense. Főbb kutatási területe a felszíni vizek monitorozása, hidraulikai modellezése.



KOCH DÁNIEL okleveles infrastruktúra-építőmérnök (Széchenyi István Egyetem, 2017), jelenleg a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen folytat PhD tanulmányokat. 2014 óta a felsőoktatásban dolgozik, jelenleg a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Karán tanársegéd, geotechnika, hidraulika, hidrometria tárgyakat oktat. 2017 óta a magyaregregyi kísérleti vízgyűjtő kiépítésén dolgozik és végzi kutatásait.



TAMÁS ENIKŐ ANNA okleveles építőmérnök (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2002), programozó matematikus (SZTE 2001), természettudományok PhD (DE, 2013). Európa-mérnök (FEANI, 2003). 2001 óta oktató, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Karán és jogelőd intézményében főiskolai tanár, egyetemi docens. Műszaki hidrológiát, hidrometriát, folyógazdálkodást, informatikát, vizes élőhely-rekonstrukciót, természetvédelmet oktat. Szakterülete a műszaki hidrológia és a hidrometria, a folyók és hullámterek, valamint a vizes élőhelyek kutatása és fenntartható használatának megalapozása.



VARGA GYÖRGY építőmérnök (Eötvös József Főiskola Műszaki Fakultás Baja, 2007), Ár- és belvízvédelmi szakmérnök, (Eötvös József Főiskola, 2015), 2013 óta gyakorlati oktató, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Karán és jogelőd intézményében, műszaki tanár, hivatásos kisgéphajó-vezető.



MAJER FRUzsINA építőmérnök (Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2018), okleveles építőmérnök (Széchenyi István Egyetem 2020), a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Karán dolgozik, hidrológia, vízkészletgazdálkodás, dombvidéki vízrendezés tárgyakat oktat. Jelenleg a magyaregregyi kísérleti vízgyűjtő csapadék-lefolyás modellezésével foglalkozik.



KRIKOVSZKY SÁNDOR építőmérnök- okleveles gépészmérnök (Eötvös József Műszaki Főiskola, Vízgazdálkodási Intézet, Baja 1997, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest 2007), 2018 óta a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Karán tanszéki mérnök, Területi Vízgazdálkodás Tanszék monitoring rendszereit fogja össze. Főbb kutatási területe a mozgóhajós és álló helyzetű ADCP rendszerek és mérő berendezések, valamint a hidrometriai monitoring.



FICSOR JOHANNA okleveles építőmérnök (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2003), 2017 óta a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz tudományi Karán tudományos segédmunkatárs, területi vízgazdálkodás és numerikus modellezés tárgyakat oktat. Főbb kutatási területe a hidraulikai modellezés, hidromorfológia.



LOGÓ BEÁTA LÍVIA belső auditor, menedzser, tantervfejlesztő (Szege di Tudományegyetem Ju hász Gyula Tanárképző Főiskolai Kara, 2000). 2008-tól irányítási rendszerek (KIR, MIR, MEBIR, IBIR) – MSZ EN ISO szabványok szerinti folyamatainak optimalizálása, projektek menedzselése, oktatásszervezési feladatok ellátása köthető hozzá, 2017-től a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz tudományi Kar referense.



A Green European Foundation (Zöld Európai Alapítvány) és az Ökopolisz Alapítvány által 2022. január 11-én rendezett konferencián a tiszta vízhez és az alapvető köztisztasághoz való hozzáférés (SDG6) magyarországi helyzetét elemezték.

Dr. Zlinszky János egyetemi docens előadása az SDG célrendszert mutatta be, fókuszálva a 6. alrendszerre, a vízre. **Dr. Szöllősi-Nagy András** egyetemi tanár, a vízzel kapcsolatos globális és regionális folyamatokra hívta fel a figyelmet. **Vecsei Miklós** miniszterelnöki biztos, a Magyar Máltai Szeretetszolgálat alelnöke megrázó előadásában – a szívhez szólva – hozta közelebb a mélyszegénység problémáit, a felzárkózás lehetőségeit. **Papp Gergely** kutatásvezető, párbeszédet közvetített a szolgáltatók és a hátrányos helyzetű rétegek között. **Kovács Károly**, a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség elnöke a települési vízellátás fenntarthatóságát kérdőjelezte meg. **Dr. Fülöp Sándor** egyetemi docens bemutatta, hogy az SDG szelle-

misége milyen módon jelenik meg a hazai vízjogban. **Dr. Ungvári Gábor** kutató főmunkatárs a vízelosztás- vízfelhasználás problematikáját járta körbe, felhívva a figyelmet a szűkösségre. **Dr. Eördöghné Miklós Mária** egyetemi docens az épületek fenntartható vízellátásáról adott elő. **Dr. Balatonyi László** adjunktus, az integrált települési vízgazdálkodás fontosságát és az integrált települési vízgazdálkodási tervet mutatta be. **Dr. Török Katalin** tudományos főmunkatárs, a vízzel kapcsolatos ökoszisztémák védelméről, helyreállításáról beszélt. **Dr. Boros Emil** tudományos főmunkatárs szemlélynyt adott a vízi ökoszisztémák védelméről, restaurációjáról. **Dr. Fülöp Sándor** egyetemi docens a transzdiszciplináris kutatásokról beszélt, melynél a „társadalom” behatol a kutatásokba, a közösségi részvétel segítségével.

Az előadások megtekinthetőek:

<https://www.youtube.com/watch?v=DBMIKej4aBM&t=154s>

***Klebsormidium* sp. BEA_IDA_0061B fonalas zöldalga fotoszintetikus aktivitásának fény és hőmérsékleti optimuma**

Futó Péter^{*,**,**}, Kutasi József^{*}, Lengyel Edina^{**}, Bernát Gábor^{***}

^{*} Albitech Biotechnológiai Kft., 1045 Budapest, Berlini út 47-49.

^{**} Pannon Egyetem, Természettudományi Kutatóközpont, Limnológia Kutatócsoport, 8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

^{***} Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, Eötvös Loránd Kutatási Hálózat (ELKH), 8237 Tihany, Klebelsberg Kuno u. 3.

Kivonat

A *Klebsormidium* (Charophyta) alga-nemzetség számos képviselője fontos szerepet játszik a biológiai talajkéreg kialakításában. Mindezen túl, magas brassinoszteroid tartalmuk miatt potenciális biotechnológiai alkalmazásokkal is kecsegtetnek. Munkánk során a Magyarországon izolált *Klebsormidium* sp. BEA_IDA_0061B algatörzs fotoszintetikus karakterisztikáját vizsgáltuk. Kísérleteink célja az algatörzs fény- és hőmérsékleti optimumának meghatározása volt. Vizsgálatainkat 10 különböző hőmérsékleten (3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50°C), tizenegy alkalmazott fényintenzitás (0, 11, 18, 27, 58, 100, 131, 221, 344, 536, 830 μmol foton $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) mellett végeztük. Méréseink segítségével megállapítottuk, hogy a vizsgált *Klebsormidium* törzs nettó fotoszintézist folytat a 3-40°C közötti hőmérséklet-tartományban, ami az alga széles hőmérsékleti toleranciáját mutatja. A fotoszintetikus elektrontranszport maximuma 35-40°C között, 344 μmol foton $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ megvilágítás mellett volt megfigyelhető, így a fotoszintetikus aktivitás szempontjából ezek az értékek tekinthetők a vizsgált algatörzs fény és hőmérsékleti optimumának.

Kulcsszavak

Klebsormidium, fényoptimum, fotoszintetikus aktivitás, fényadaptáció, szakaszos tenyésztés, P-I görbe.

The photosynthetic light and temperature optima of the filamentous green alga *Klebsormidium* sp. BEA_IDA_0061B

Abstract

Different species in the genus *Klebsormidium* (Charophyta) play an important role in the formation of biological soil crusts. Due to their high brassinosteroid content *Klebsormidium* species are also potential candidates for biotechnological applications. In our work, we explored the photosynthetic characteristics of *Klebsormidium* sp. BEA_IDA_0061B algal strain isolated in Hungary. The purpose of our study was to determine the light and temperature optima of this algae strain. Our tests were performed at ten different temperatures (3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, and 50 °C) in combination with eleven applied light intensities (0, 11, 18, 27, 58, 100, 131, 221, 344, 536, 830 μmol photons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$). We have shown that the studied *Klebsormidium* sp. BEA_IDA_0061B performed net photosynthesis over the 3 to 40°C temperature range, suggesting a broad temperature tolerance of this algae strain. The maximal photosynthetic electron transport rates were achieved at 35-40°C under 344 μmol photons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ illumination, which values, in terms of photosynthetic activity, can be considered as the optimal light intensity and temperature for this microorganism.

Keywords

Klebsormidium, light preference, photosynthetic activity, light adaptation, batch culturing, P-I curve.

BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

A *Klebsormidium* alganemzetség képviselői széleskörűen elterjedtek világszerte. Mintegy húsz fajuk ismert; ezek hideg és forró éghajlati körülmények között, vizekben és talajokon egyaránt megtalálhatóak (Smith és társai 2004, Rindi és társai 2011, Kaplan és társai 2012, Donner és társai 2016, Borchhardt és társai 2017). A *K. nitens* NIES-2145 teljes genomja már több éve ismert, azonban még kevés információ áll rendelkezésre a nemzetség többi képviselőjéről (Hori és társai 2014). A csillárkamozzatok talajlakó tagjai kiemelt ökológiai jelentőséggel bírnak, ugyanis fontos szerepet játszanak a száraz és félszáraz élőhelyek biológiai talajkérgének kialakításában. A talajfelszínen kialakuló biológiai talajréteg jelentősen csökkenti a talajok eróziós veszteségeit, javítja a talaj szerkezetét és hidrológiai tulajdonságait, továbbá élőhelyet és tápanyagokat biztosít a talajban és a talajfelszínen élő mikroorganizmusok számára. Az algák talajfelszíni kolonizációját és a biológiai réteg kialakulását azonban számos környezeti paraméter jelentősen befolyásolja, úgymint az autotróf vagy heterotróf életmód, a talaj nedvessége, tápanyagtartalma és kémhatása, a környezeti hőmérséklet, va-

lamint az élőhely fényellátottsága (Lepposa 2002). A fenti paraméterek közül a fényintenzitás tekintetében több kutatás is kiemeli a *Klebsormidium* nemzetség ökotípusai közti különbségeket, mely az eltérő fényhasznosításukban mutatkozik meg (Karsten és társai 2017, Míguez és társai 2020). Munkánk során egy ökológiai jelentőséggel bíró *Klebsormidium* sp. törzs fotoszintetikus karakterisztikáját vizsgáltuk meg különböző hőmérsékleteken. Célunk az algatörzs folyadékkultúrák körülmények közti tenyésztéséhez szükséges optimális fényintenzitás meghatározása volt.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A munkánk során a *Klebsormidium* sp. BEA_IDA_0061B algatörzset - szabadalmi letétbe helyezve a Spanyol Alga Törzsgyűjteményben (Spanish Bank of Algae - BEA) - vizsgáltuk (Albitech Biotechnológiai Kft. 2018). A fonalas zöldalga-törzset nedves, mesterségesen megvilágított barlangi sziklafelületről gyűjtötték be 2014-ben az Albitech Biotechnológiai Kft. munkatársai. Az izolált algamintát többszöri szélesztéssel tisztítottuk módosított BBM (Bold Basal Medium) agarlemezen (Starr és Zeikus 1993). Az axenikus tenyészet taxonómiai besorolását standard genetikai módszerrel (a 18S rRNS 816 nukleotidja alapján), va-

lamint makro- és mikroszkopikus határozó bélyegek segítségével végeztük el. Ezen vizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy az izolált algafaj a *Klebsormidium* nemzetséghez sorolható (Rindi és társai 2011). A tisztított tenyészetet módosított BBM folyadékkultúrában 20°C-on 35 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ folyamatos megvilágítás mellett tartottuk fenn (36 W teljesítményű meleg fehér színű Polyflux fénycső). A kísérletekben használt *Klebsormidium* sp. BEA_IDA_0061B monokultúrát levegőztetett fotobioreaktorban 8 liter térfogatban 22°C-on, 20 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ fényintenzitáson neveltük 7 napon keresztül (36 W teljesítményű természetes fehér színű VT-1248 LED megvilágítással). A fotobioreaktor tenyészet (steril) levegőellátását és egyben annak kevertetését 3 liter/perc levegőáramot biztosító levegőpumpával (Resun LP-100) biztosítottuk.

Az általunk vizsgált *Klebsormidium* sp. BEA_IDA_0061B fotoszintetikus karakterisztikáját fotoszintetron rendszerben vizsgáltuk (Üveges és társai 2011). Homogenizálás után a tenyészeteket Karlsruhe lombikokba töltöttük, majd sötétben inkubáltuk egy órán át az adott hőmérsékleten. A tenyészetek temperálásához hűtő-fűtő termosztátot használtunk (Neslab RTE-211). A méréseket 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 és 50°C-on hajtottuk végre. A mérések során 11 különböző fényintenzitás mellett mértük a tenyészet fotoszintetikus paramétereit (11, 18, 27, 58, 100, 131, 221, 344, 536, 830 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Az inkubálási idő után az elektrontranszport (ETR) aktuális és a maximális sebességét (ETR_{max})

DUAL-PAM-100 (Walz, Németország) klorofill fluoreszcencia mérő műszerrel határoztuk meg. A fotokémiai kioltás (qP) és nem fotokémiai kioltás (qN) paramétereiket indukciós görbék felvétele után számoltuk ki 131 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ megvilágítás mellett.

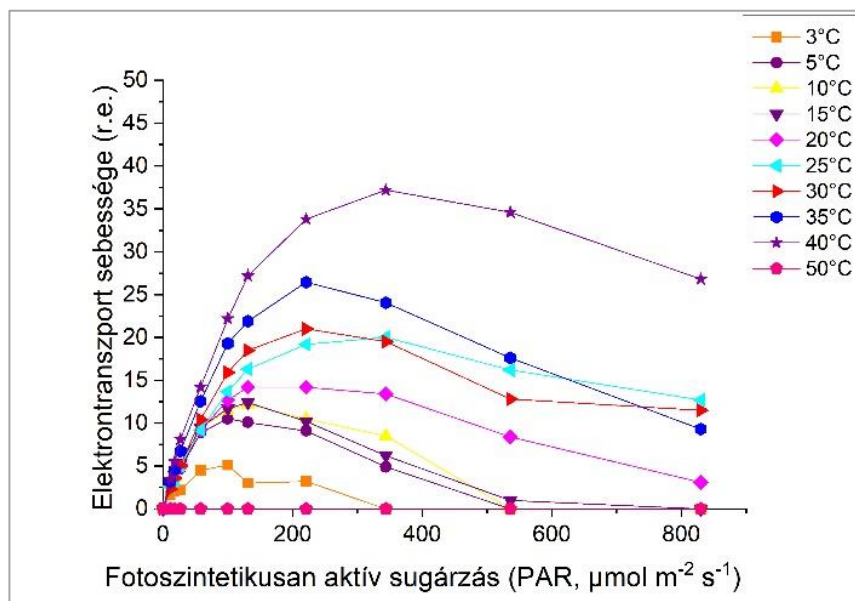
A fényhasznosítási tényező (α), valamint a fényadaptációs paraméter (I_k) kiszámításához az Eilers és munkatársa (Eilers és Peeters 1988) által leírt egyenleteket használtuk fel.

Az adatok elemzéséhez a Dual PAM szoftver 1.119 verzióját (Heinz Walz GmbH, Christof Klughammer), míg az eredmények ábrázolásához az OriginPro 2019b (64-bit) szoftver 9.6.5.169 verzióját (1991-2019, OriginLab Corporation) használtuk.

EREDMÉNYEK

Elektrontranszport-sebesség, ETR

A mérés során kapott ún. fénygörbék alakjáról elmondható, hogy a kezdeti (lineárisan emelkedő) fényfüggő szakasz után, a fotoszintézisfüggő szakaszban a fényintenzitás növekedésével lassul az elektrontranszport-sebesség (vagy elektrontranszport-ráta) növekedési üteme, majd elér egy, az adott hőmérséklethez tartozó maximális értéket (ETR_{max}). A fényintenzitás további növelésével látszólag csökken a fotoszintézis sebessége, ami a fotoszintetikus elektrontranszportlánc telítődésére (illetve fénygátlásra) utalhat. Az elektrontranszport-sebesség maximális értékét 40°C hőmérsékleten figyeltük meg 344 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ fotoszintetikusan aktív megvilágítás (PAR) mellett (1. ábra).

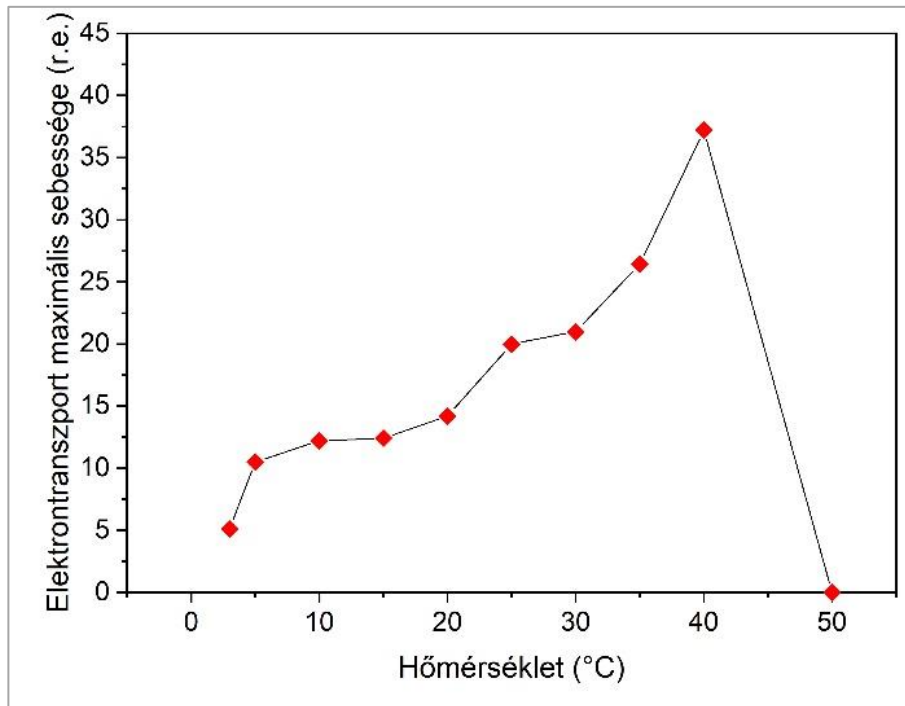


1. ábra. *Klebsormidium* sp. BEA_IDA_0061B fénygörbéje különböző hőmérsékleteken

Figure 1. Photosynthesis-light intensity curves of *Klebsormidium* sp. BEA_IDA_0061B at different temperatures

Ezzel összhangban a 2. ábrán az látható, hogy a hőmérséklet növekedése egyre nagyobb maximális elektrontranszport sebességeket indukál egészen 40°C-ig, majd e fölött meredeken letörik. Így a legmagasabb alkalmazott

hőmérsékleten, 50°C-on már nem is tapasztaltunk fotoszintetikus aktivitást. Az elektrontranszport maximális értéke mintegy hétszeresére növekedett a 3°C-tól 40°C-ig terjedő hőmérséklet-tartományban.

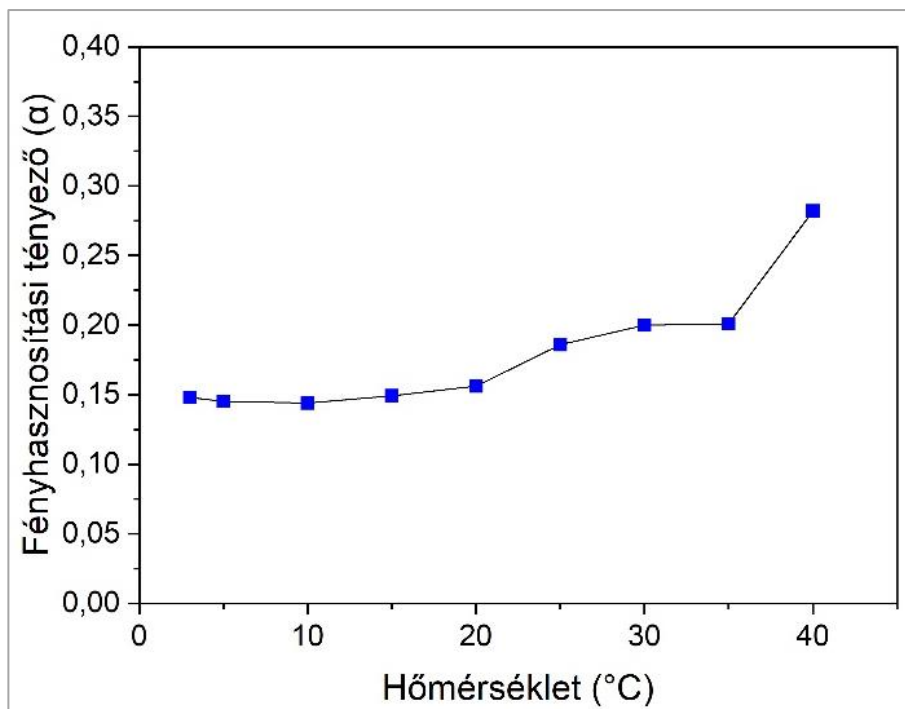


2. ábra. *Klebsormidium sp. BEA_IDA_0061B* maximális elektrontranszport rátája különböző hőmérsékleteken
 Figure 2. Maximal electron transport rates of *Klebsormidium sp. BEA_IDA_0061B* at different temperatures

Fényhasznosítási tényező, α

A fényhasznosítási tényező az elektrontranszport-sebesség fénygörbének kezdeti meredekségével azonos. Ez

a paraméter a hőmérséklet emelésével enyhén növekedett és 40°C-nál érte el a maximumát, 0,282-t (3. ábra). A legalacsonyabb értéket 10 °C hőmérsékleten kaptuk (0,144).

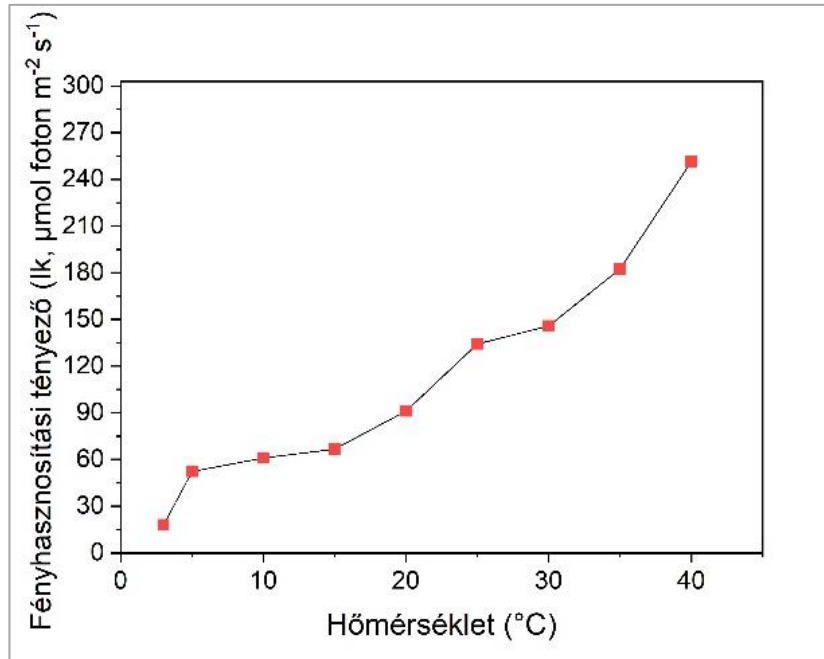


3. ábra. *Klebsormidium sp. BEA_IDA_0061B* fényhasznosítási tényezőjének (α) hőmérsékletfüggése
 Figure 3. Temperature dependence of the light efficiency factor (α) of *Klebsormidium sp. BEA_IDA_0061B*

Fényadaptációs paraméter, I_k

A fényadaptációs paraméter (I_k) azt a fényintenzitást adja meg, ahol a fénygörbe lineáris részének meghosszabbítása metszi az ETR_{max}-hoz tartozó vízszintest. Méréseink során fényadaptációs paraméter értéke a hőmérséklet emelkedésé-

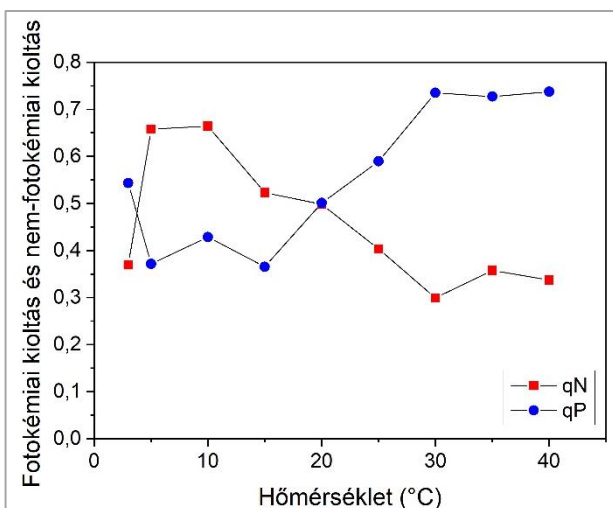
vel párhuzamosan növekedett egészen 35-40°C-ig (4. ábra). Eilers és Peeters egyenletével (Eilers és Peeters 1988) számolva 18,09 és 251,35 $\mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$ közötti értékeket kaptunk, ahol az előbbi érték a legalacsonyabb, az utóbbi pedig a legmagasabb ábrázolt hőmérsékletéhez tartozik.



4. ábra. *Klebsormidium* sp. BEA_IDA_0061B fénytadaptációs paraméterének (I_k) hőmérsékletfüggése
Figure 4. Temperature dependence of the light adaptation factor (I_k) of *Klebsormidium* sp. BEA_IDA_0061B

Fotokémiai kioltás és nem fotokémiai kioltás, qP és qN

A fotokémiai kioltás a fényenergia hasznosulásáról ad tájékoztatást a fotoszintézis során, míg a nem fotokémiai kioltás a fotoszintézis során bekövetkező energiavesztésről. Mindkét paraméter 0 és 1 közötti értéket vehet fel. A qP értéke 0,37-0,74 között változott. Tendenciáját tekintve elmondható, hogy a hőmérséklettel együtt növekedett és legmagasabb értékét a 30-40°C hőmérséklettartományban érte el (5. ábra). Ezzel ellentétes tendenciát tapasztaltunk a nem fotokémiai kioltás tekintetében. Ennek értékei 0,30-0,66 között változtak; a legalacsonyabb értéket 30°C hőmérsékleten mértük. A qP és qN értékek összhangban vannak az ETR meghatározás során tapasztaltakkal, ahol a legmagasabb értékeket szintén 30°C és 40°C között tapasztaltuk.



5. ábra. *Klebsormidium* sp. BEA_IDA_0061B fotokémiai (qP) és nem-fotokémiai kioltásának (qN) változása a hőmérséklet függvényében

Figure 5. Temperature dependence of photochemical quenching (qP) and non-photochemical quenching (qN) of *Klebsormidium* sp. BEA_IDA_0061B

ÉRTÉKEKELÉS

A kapott eredmények alapján megállapítottuk, hogy a vizsgált *Klebsormidium* sp. BEA_IDA_0061B a 3-40°C közötti hőmérséklettartományban volt fotoszintetikusan aktív; 50°C hőmérsékleten viszont már egyáltalán nem mutatott fotoszintetikus aktivitást. A hőmérséklet emelésével az algatenyészet fotoszintetikus aktivitása fokozatosan növekedett egészen 40°C-ig, ahol 344 $\mu\text{mol photon m}^{-2} \text{s}^{-1}$ fotoszintetikusan aktív megvilágításnál érte el maximumát. Az általunk vizsgált *Klebsormidium* sp. BEA_IDA_0061B törzs magas α és alacsony I_k értékekkel rendelkezik, ami az alga alacsony fényintenzitásokhoz való kiváló adaptációjára utal. Ezt támasztja alá a magasabb fényintenzitáson jelentkező fotoszintetikus telítődés és/vagy fénygátlás is. Ezzel ellentétesen más, vízből és talajból izolált *Klebsormidium* törzsek még 1000 $\mu\text{mol photon m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PAR meghaladó fény esetén sem mutattak fénygátlást (Karsten és társai 2017). A tapasztalt eltérés feltehetőleg abból fakadhat, hogy az általunk vizsgált algatörzset időszakosan megvilágított barlangi sziklafelületről gyűjtöttük, ahol gyenge fényhez adaptálódott. Megállapítható továbbá, hogy fényoptimuma a hőmérséklet függvényében változik, amit a tenyésztési körülmények beállítása során figyelembe kell majd vennünk. A nagyüzemi tenyésztés során a magas hőmérsékleti optimum biztosítása gazdaságossági szempontok miatt nem kifizetődő, viszont mezőgazdasági felhasználás szempontjából előnyös tulajdonság, mivel így ez a törzs akár a nyári forróságban is képes lehet kolóniaképzésre a talajfelszínen, hasonlóképpen, mint más arid területekről izolált *Klebsormidium* törzsek (Smith és társai 2004; Bhatnagar és Bhatnagar 2005).

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A bemutatott projekt a 2018-1.1.1-MKI-2018-00034 projekt, valamint részben az NKFIH-471-3/2021 és NKFIH K120595 számú projekt támogatásával valósult meg.

IRODALOMJEGYZÉK

Albitech Biotechnológiai Kft. (2018). Alga oltóanyag. Kutasi J., Futó P., Bencsik A., Greipel E. szabadalmi bejelentése 2018. 12. 28-án. Száma: HU1800183A2, Magyarország, pp. 1-39.

Bhatnagar, A., Bhatnagar, M. (2005). Microbial diversity in desert ecosystems. *Current Science*, 89(1), 91–100.

Borchhardt, N., Schiefelbein, U., Abarca, N., Boy, J., Mikhailyuk, T., Sipman, H.J.M., Karsten U. (2017). Diversity of algae and lichens in biological soil crusts of Ardley and King George islands, Antarctica. *Antarctic Science*, 29(3), 229-237.

Donner, A., Glaser, K., Borchhardt, N., Karsten, U. (2016). Ecophysiological Response on Dehydration and Temperature in Terrestrial *Klebsormidium* (Streptophyta) Isolated from Biological Soil Crusts in Central European Grasslands and Forests. *Microbial Ecology*, 73(4), 850-864.

Eilers, P.H.C., Peeters, J.C.H. (1988). A model for the relationship between light intensity and the rate of photosynthesis in phytoplankton. *Ecological Modelling*, 42(3-4), 199–215.

Hori, K., Maruyama, F., Fujisawa, T., Togashi, T., Yamamoto, N., Seo, M., Sato, S., Yamada, T., Mori, H., Tajima, N., Moriyama, T., Ikeuchi, M., Watanabe, M., Wada, H., Kobayashi, K., Saito, M., Masuda, T., Sasaki-Sekimoto, Y., Mashiguchi, K., Awai, K., Shimojima, M., Masuda, S., Iwai, M., Nobusawa, T., Narise, T., Kondo, S., Saito, H., Sato, R., Murakawa, M., Ihara, Y., Oshima-Yamada, Y., Ohtaka, K., Satoh, M., Sonobe, K., Ishii, M., Ohtani, R., Kanamori-Sato, M., Honoki, R., Miyazaki, D., Mochizuki, H., Umetsu, J., Higashi, K., Shibata, D., Kamiya, Y., Sato N., Nakamura, Y., Tabata, S., Ida, S., Kurokawa, K., Ohta, H. (2014). *Klebsormidium*

flaccidum genome reveals primary factors for plant terrestrial adaptation. *Nature Communications*, 5(1), 3978.

Kaplan, F., Lewis, L.A., Wastian, J., Holzinger, A. (2012). Plasmolysis effects and osmotic potential of two phylogenetically distinct alpine strains of *Klebsormidium* (Streptophyta). *Protoplasma*, 249(3), 789–804.

Karsten, U., Herburger, K., Holzinger A. (2017). Photosynthetic plasticity in the green algal species *Klebsormidium flaccidum* (Streptophyta) from a terrestrial and a freshwater habitat. *Phycologia*, 56(2), 213–220.

Lepossa A. (2002). A talajalgákra ható ökológiai tényezők. *Botanikai Közlemények*, 89(1-2), 187-202.

Míguez, F., Holzinger, A., Fernandez-Marin, B., García-Plazaola, J.I., Karsten, U., Gustavs, L. (2020). Ecophysiological changes and spore formation: two strategies in response to low-temperature and high-light stress in *Klebsormidium* cf. *flaccidum* (Klebsormidiophyceae, Streptophyta). *Journal of Phycology*, 56(3), 649-661.

Rindi, F., Mikhailyuk, I. T., Sluiman, H. J. (2011). Phylogenetic relationships in *Interfilum* and *Klebsormidium*. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 58(2), 218–231.

Smith, S.M., Abed, R.M.M., Garcia-Pichel, F. (2004). Biological soil crusts of sand dunes in Cape Cod National Seashore, Massachusetts, USA. *Microbial Ecology*, 48(2), 200–208.

Starr, R. C., Zeikus, J.A. (1993). UTEX—the culture collection of algae at The University of Texas at Austin 1993 list of cultures. *Journal of Phycology*, 29(2), 1-106.

Üveges, V., Vörös, L., Padisák, J., Kovács, A.W. (2011). Primary production of epipsammic algal communities in Lake Balaton (Hungary). *Hydrobiologia*, 660(1), 17–27.

A SZERZŐK



FUTÓ PÉTER PhD hallgató, Pannon Egyetem, Kémiai és Környezettudományi Doktori Iskola; Albitech Biotechnológiai Kft. laborvezető. Kitüntetések: Legjobb fiatal szerző díj (Magyar Mikrobiológiai Társaság 2018. évi Nagygyűlése). Kutatási terület: biológiai talajkéreg szerepének vizsgálata; Talajalgák tenyésztése; Fitohormonok kimutatása algatenyészetekből.

LENGYEL EDINA PhD, tudományos munkatárs, Pannon Egyetem, Természettudományi Kutatóközpont, Limnológia Kutatócsoport. Magyar Hidrológiai Társaság tagja (2017-től). Kitüntetések: MTA VEAB régió legjobb PhD munkája (2017), MTA VEAB Kiemelkedő Ifjú Kutatója (2020). Kutatási terület: Tavi és folyóvízi ökoszisztémák hidrobiológiai kutatása; Kovaalga fajok ökofiziológiai vizsgálata; Barna vízű tavak Chrysophyceae fajainak vizsgálata.

BERNÁT GÁBOR PhD, tudományos főmunkatárs, Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, Hidrobotanikai és Mikrobiális Ökológiai Kutatócsoport. Éghajlatváltozás Multidiszciplináris Nemzeti Laboratórium, alprojektvezető. 18 év külföldi kutatómunka után 2018-ban tért haza Magyarországra, mint MTA vendégkutató. Kutatási terület: Fotoszintetizáló mikroorganizmusok fénybegyűjtése és fényadaptációja; Kromatikus akklimáció; Fajok közötti allelopátiás kölcsönhatások; A klímaváltozás hatása a balatoni fitoplanktonra.

KUTASI JÓZSEF PhD, társtulajdonos és kutatás-fejlesztési vezető, Albitech Biotechnológiai Kft.; a Biofil Kft. tudományos főtanácsadója. A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem címzetes docense. Több, mint 25 év szakmai tapasztalattal rendelkezik mezőgazdasági biotechnológiában; 15 állattakarmány-fejlesztési, talajbaktérium és talajoltóanyag fejlesztési és algakutatási know-how, illetve az ezekből létrehozott és forgalmazott termékek szabadalmi feltalálója.

Fórum

A Hidrológiai Közlönyben a Szakmai cikkek, illetve a Fórum rovatokban – szerkesztőségünk felkérése alapján – a Vízügyi Igazgatóságok szakembereinek tollából készült tanulmányokat közlünk, amelyekben bemutatják az Igazgatóságok működési területére jellemző vízgazdálkodási kérdéseket. Szintén felkérés alapján a Magyar Hidrológiai Társaság szakosztályai is készítene tanulmányokat áttekintve szakmai területük múltját, jelenét és várható fejlődési irányait.

Alábbiakban a Balaton vízszintszabályozásának történetét és a jelenleg folyó hatásmérséklő beavatkozásokat ismertető dolgozatot közöljük.

A Balaton megváltozott vízszintszabályozása, hatásmérséklő beavatkozások

Oláh Zoltán

Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, Árvízvédelmi és Folyógazdálkodási Osztály (olahzoltan@kdtvizig.hu)

Kivonat

A dolgozatban a Balaton vízszintszabályozásának időbeli áttekintését, illetve a közelmúltban megváltozott vízszintszabályozás következtében szükségesnek ítélt beavatkozások megalapozottságát, valamint azok műszaki tartalmát mutatom be, részletezve a „Balaton levezetőrendszer korszerűsítése” című KEHOP projektet.

Kulcsszavak

Balaton, éghajlatváltozás, vízszint, vízszintszabályozás, tószabályozás, Sió-csatorna, levezető-képesség, mértékadó árvízszint, töltés-áthelyezés, Siófoki zsilip, hajózsilip, levezetőrendszer, korszerűsítés

BEVEZETÉS

A Balaton meder és vízkészlet kezelője a Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, mely szervezet jogszabályban rögzített feladatainak végrehajtása során köteles betartani a tóra vonatkozó hatályos vízjogi engedélyekben, a tó vízszintszabályozási rendjére vonatkozó vízjogi üzemeltetési engedélyben előírtakat. A 2003 óta hatályban lévő vízszint szabályozási rend szerint a Balaton vízállását a Siófoki vízmérce „0” pontjára vonatkoztatva (103,41 mBf) éves időléptékben a +70-110 cm közötti szabályozási sávban kellett tartani, amit a *Balaton vízszintszabályozása (Siófoki leeresztő zsilip, hajózsilip és Balatonkiliti duzzasztó)* H/6375-3/2002-12. számú vízjogi üzemeltetési engedély és a mellékletét képező üzemeltetési szabályzat írt elő.

A 2000-es években (2000-2003 között és 2011-2012-ben) azonban a tó természetes vízkészlet-változása negatív előjelű volt, így a rendelkezésre álló eszközzel többnyire nem volt tartható a vízszint-szabályozási előírás, különösen a legalacsonyabb vízállásra (alsó szabályozási szint) vonatkozó feltétel. A társadalom oldaláról egy új törekvés és igény mutatkozott meg, amely az alacsony vízállással jellemezhető időszakok ritkább előfordulását és a szélsőségesen alacsony vízállások elkerülését (de legalább mérséklését) jelentette.

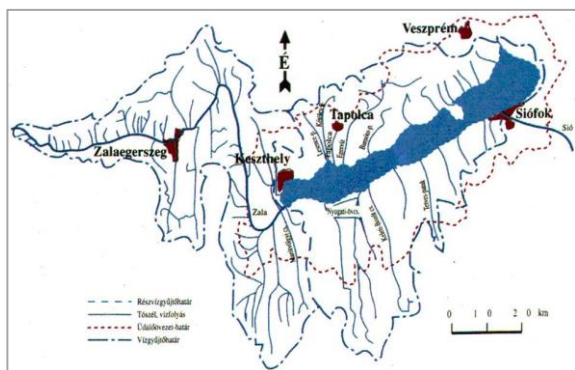
VÍZRAJZI ÉS TERÜLETI ADATOK

A Balaton hazánk nyugati részén a Dunántúli - középhegység délkeleti lábánál fekszik, eredetileg a Sió vízfolyás vízgyűjtő területének része volt. A tó, területét illetően Közép-Európa legnagyobb tava. Földtörténeti keletkezését tekintve viszonylag "fiatal" képződmény, kora 18-22 ezer évre becsülhető. A tó és környéke páratlan természeti kincs, hazánk legkiegyensúlyozottabb éghajlatú és időjárású területén fekszik (*OVF 2022*).

A Siófoki vízszintszabályozó zsilip és a tó igen jelentős tározó hatásának következtében azonban a tó elméletileg is és gyakorlatilag is önálló vízgyűjtővé vált, a Zala folyó vízgyűjtőjével együtt. A tó teljes vízgyűjtőterületének nagysága 5 775 km², ebből a Balaton jogi partvonal által határolt vízfelület kiterjedése 588 km². Legfőbb tápláló vízfolyása a Zala folyó, mely a természetes hozzáfolyás ~65%-át biztosítja. A Zala folyó vízgyűjtőterülete 2 622 km². A Balaton partvonalának hossza – kikötőket is beleértve – 235 km, vízfogata ~2 milliárd m³ (*KDTVIZIG 2008*).

A Balaton vízállás adatait a siófoki vízmérce „0”-pontjához viszonyítjuk, aminek abszolút magassága 103,41 mBf. A tó napi vízállását az ún. „Balaton átlag vízállással” jellemezzük, ami a tó két vízmércéjén (Balatonakali és Tihany-rév) távmért vízállás adatainak átlagából származik. Az átlagképzés figyelemmel van a változás tendenciájára, valamint a légmozgás miatt bekövetkező esetleges vízfelszín kilendülésekre.

A tó átlagos vízmélysége ~3,3 m, legkisebb szélessége Tihany és Szántód között 1,5 km, a legnagyobb Balatonaliga és Balatonalmádi között 12,7 km, átlagos szélessége 7,7 km. A Balaton vízgyűjtőterülete az 1. ábrán látható.

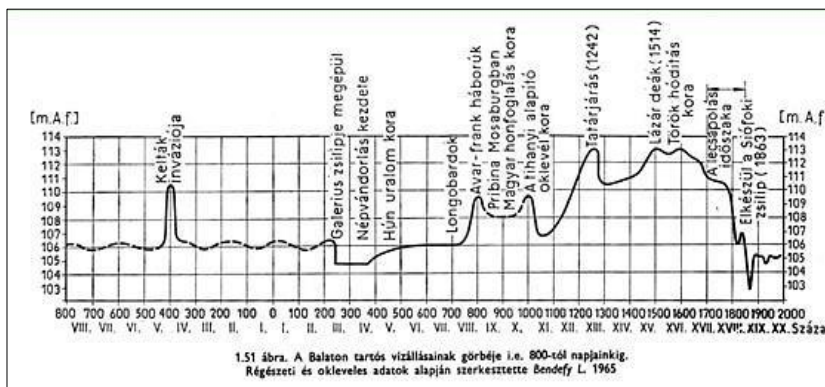


1. ábra. Balaton vízgyűjtő területe (OVF 2022)

A Balaton vízszintszabályozására egyetlen kiépített műszaki létesítmény, a Siófoki vízszintszabályozó zsilip épült, aminek nyitott állapota esetén a Sió-csatornába továbbítja a leeresztett vizet. A többlet vízkészletek levezetésére a Duna folyamig mintegy 122 km hosszú csatorna szolgál. A tó vízkészletének mesterséges növelésére, azaz vízpótlásra nincs lehetőség, ilyen műszaki megoldás nem épült.

A VÍZSZINTSZABÁLYOZÁS TÖRTÉNETE

A Balaton vízszintváltozásainak történeti áttekintésére *Bendefy L. (1968)* régészeti és okleveles adatok alapján 1965. évi VITUKI kutatás keretében történeti vízállás adatsort állított össze (2. ábra).



2. ábra. Balaton tartós vízállásainak görbéje (Bendefy 1968)

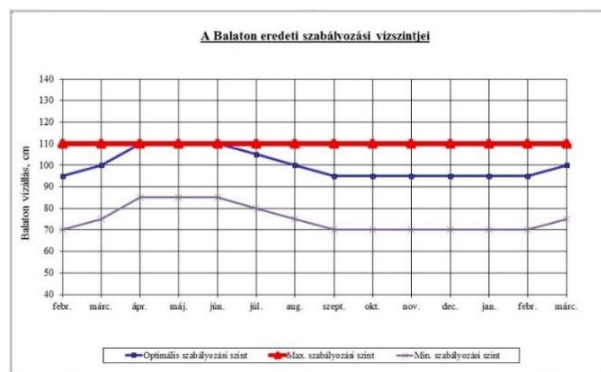
Az adatokat a szerző a régészeti feltárásokhoz kapcsolható, a tó környezetében élő népcsoportok temetkezési szokásai alapján vette fel. A kutatásból származó megállapítások elve az volt, hogy a tó vízfelületét, illetve annak talajvízre gyakorolt hatását a temetkezések során figyelembe vették, így a tóparttól való temetkezési távolság voltaképpen visszavezethető a vízállás változására.

Mint ahogy a 2. ábrán is látható, a Siófoki vízszintszabályozó zsilip 1863-ban készült el, így a ma ismert szabályozó tevékenységét ettől számítjuk. A korabeli feljegyzések alapján, a fából készült létesítmény vízeresztő képessége a 8-10 m³/s értékek között változott. A vízszintszabályozás elvei és fontossági sorrendje az idők során többször módosultak, amit leginkább társadalmi igények határoztak meg. A zsilipet az idők során többször átépítették, a fa elzárás helyét modernebb mérnöki megoldások vették át, így a szabályozási lehetőség 1891-ben már falazott kivitelben, egészen 60 m³/s vízáteresztő képességre épült ki.

A műtárgy mai arculatát és a hozzá tartozó ~80 m³/s elméleti áteresztő képességet, a ma is használt zsilipkamra rendszer kialakítását 1976-ban érte el. Ezt követően a tó vízszintszabályozási tartományát a Siófoki vízmérce „0”-pontjához viszonyított +100 cm-es magasságban (felső szabályozási szint) határozták meg és bevezették az ún. alsó szabályozási szintet, ami +70 cm volt. A bevezetett szabályozás alsó és felső szabályozási határokat rögzített, azonban az alsó határérték befolyásolására vízpótló rendszer vagy létesítmény hiányában nem volt tényleges lehetőség.

Az 1997 óta alkalmazott és 2003-ban bevezetett új vízszint szabályozási rend szerint a Balaton vízállását a Sió-

foki vízmérce „0”-pontjára vonatkoztatva éves időléptékben már a +70 – +110 cm közötti szabályozási sávban kellett a kezelőnek tartani, amit a H/6375-3/2002-12. számú vízjogi üzemeltetési engedély és a mellékletét képező üzemeltetési szabályzat írt elő. A korábbi szabályozáshoz képest ez a maximális vízszint növekmény mintegy 60 millió m³ többletvíz tározását tette lehetővé. Érdekessége a szabályozásnak, hogy bevezetésre került az ún. optimális vízállás is. Az 1997-től alkalmazott, hivatalosan 2003-tól életbe lépő szabályozás értékeit grafikusán a 3. ábra mutatja be.



3. ábra. A Balaton vízszintszabályozási tartománya 2003-tól (H/6375-3/2002-12. számú vízjogi üzemeltetési engedély és a mellékletét képező üzemeltetési szabályzat)

A VÍZSZINTSZABÁLYOZÁS VÁLTOZÁSÁNAK OKAI

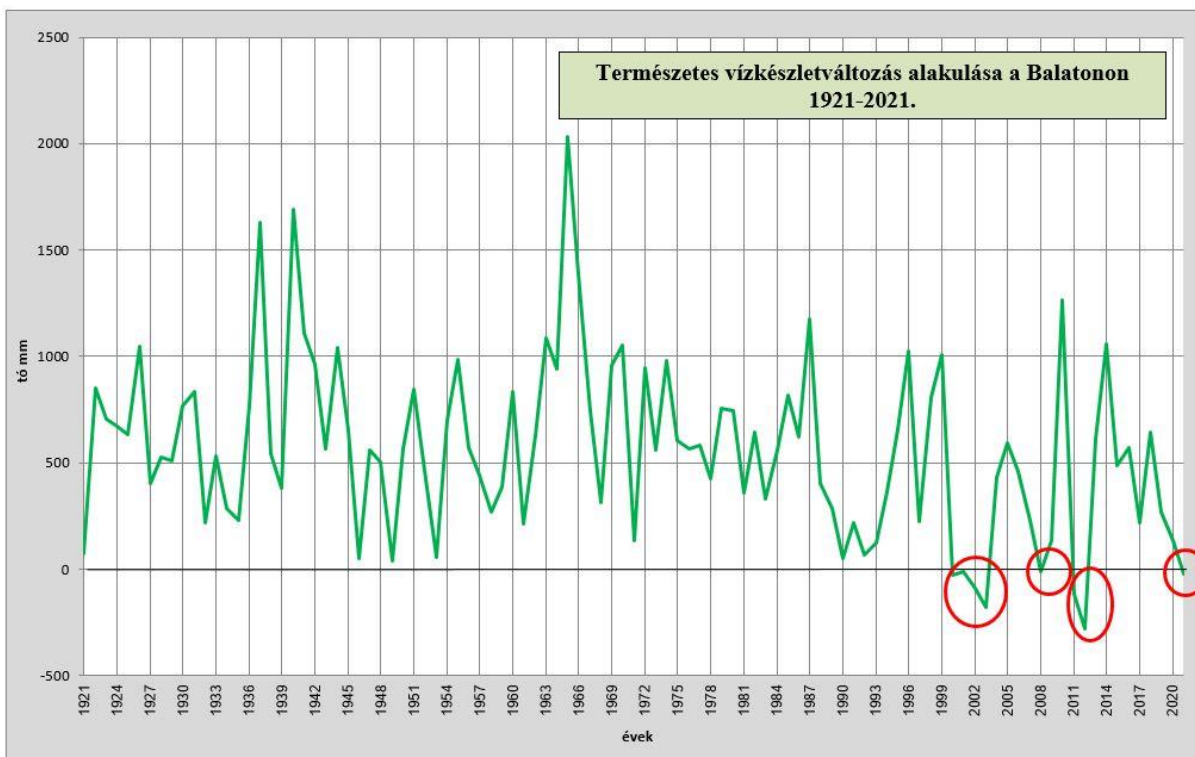
A Balaton, mint a sekélyvízű tavak többsége kifejezetten érzékeny a környezeti hatásokra, így a vízmennyiségi és vízminőségi mutatói nagymértékben kitettek a hidromete-

orológiai változásoknak is. A vízállás adatait (Balaton átlag) áttekintve szembetűnő, hogy a 2000-es évek elején a tó vízállása éveken keresztül alatta maradt az alsó szabályozási szintnek. A legalacsonyabb vízállást +23 cm értékkel 2003 októberében regisztrálták. A folyamatos alacsony vízállásra tekintettel a Sió-csatornán keresztül ~5 éven át nem került sor árapasztó vízeresztésre.

Az érvényben lévő vízjogi üzemeltetési engedélyben meghatározott maximális vízállás meghaladását megelőzendő, a Sió-csatornán keresztül 2000. áprilisban még folyamatban volt vízeresztés, melynek átlag értéke 15,6 m³/s volt. A 2000. év elejétől folyamatban lévő eresztés során az éves leeresztett vízmennyiség ~220 millió m³ volt, ami 366 tömm vízozlopnak felel meg.

Az évek során megfigyelhető vízkészlet hiány okait a részletes hidrológiai elemzések feltárták. Ugyanis a természetes vízkészlet negatív előjele azt jelenti, hogy a vizsgált időszakban a Balaton természetes párolgása nagyobb vízvesztést okozott, mint amennyi a tóhoz történő hozzáfolyás és a vízfelületre hulló csapadékok összessége. A vizsgált időszakban (2000-2017. között) 7 alkalommal fordult elő, hogy a tó éves vízmérlege negatív előjelű volt. A tó párolgási vesztesége az évek során nem változott jelentős mértékben, így a negatív vízmérleg kiváltó okát a hozzáfolyás csökkenésében állapították meg.

Elfogadott adatsor a Balaton vízháztartási tényezőiről, vízmennyiségi változásáról 1921 óta áll rendelkezésre. A 4. ábra a Balaton természetes vízkészlet változásának adatait mutatja be az 1921-2021 közötti időszakra a tó vízmérlege alapján (Kravinszkaja 2022).



4. ábra. A Balaton természetes vízkészlet-változásai 1921-2021 között (Kravinszkaja 2022)

A VÍZPÓTLÁS VIZSGÁLATA IDEGEN VÍZGYŰTŐRŐL

Az egymást követő negatív vízmérlegek arra sarkallták a döntéshozókat, hogy vizsgálják meg annak lehetőségét, hogy a Balaton vízháztartási elemeként a vízpótlást, mint szerkezeti beavatkozást meg lehet-e valósítani, milyen lehetőségek állnak rendelkezésre és milyen beruházási költséggel, valamint milyen egyéb hatásokkal járna a kivitelezés.

A témában két jelentős tanulmányt készült. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BMGE) a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium felkérésére, Somlyódy László akadémikus, tanszékvezető vezetésével készített, „A balatoni vízpótlás szükségessége: tenni vagy nem tenni?” című értekezésben (Somlyódy 2005) a szerzők megkérdőjelezték a tó idegen vízgyűjtőről történő vízpótlásának szükségességét, mivel statisztikai számításokkal nem volt alátámasztható, hogy rövid

időn belül a természet nem oldja-e meg a kérdést. A vízpótlásra legalkalmasabb vízbázisként a Dunántúli-középhegység karszt vízkészletét jelölték meg.

Ezzel párhuzamosan, 2002-ben a Balaton Fejlesztési Tanács (BFT) felkérte a Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Központ (VITUKI) vezető konzorciumot ugyanezen téma vizsgálatára. A VITUKI vizsgálata azt a következtetést vonta le, hogy a Balaton időszakosan fellépő vízhiányának csökkentését hidrológiai, gazdasági és üzemeltetési szempontok figyelembevételével, legkedvezőbb műszaki megoldásként a Rábából a Zalába történő vízátvezetéssel lehetne elérni.

Somlyódy László, a BMGE kutatást vezető professzor álláspontja szerint azonban ez is komoly kockázatot jelentett volna a Balaton kialakult ökológiai egyensúlyára tekintettel, valamint rámutatott arra is, hogy a két vízgyűjtő terület (a Zala és a Rába) egymáshoz hasonló

tulajdonságuk (pl. szomszédos vízgyűjtők) miatt várhatóan azonos kisvízes időszakokkal küzdenek. A kiszámíthatatlan vízkészlet rendelkezésre állásában rejlő nagyfokú bizonytalansága miatt és a korábban említett ökológiai kockázatokra is figyelemmel a vízpótlás lehetőségét végül elvetették.



5. ábra. A Balaton vízpótlás vizsgált lehetőségei 2003 (Csonki 2019)

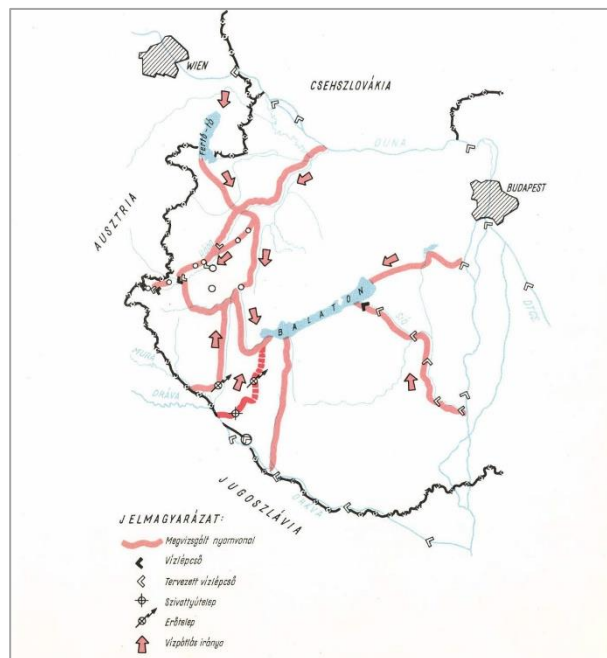
A VÍZPÓTLÁSI LEHETŐSÉG VIZSGÁLATA SAJÁT VÍZGYŰJTŐN VALÓ TÁROZÁSSAL

Kézenfekvő megoldást jelenthet a tavak vízpótlása esetében a saját vízgyűjtő területen lévő tározók kiépítése, amelynek lényege a bővíző időszakokban történő víz visszatartással a kisvízes időszakok vízhiányának enyhítése. Erre példaként Magyarországon a Velencei-tó és vízpótló rendszerét lehet említeni, ahol a Császár-vízre épült, sorba kapcsolt tározók (Zámolyi- és Pátkai-tározók) elvileg a Velencei-tó vízkészletének mintegy negyedét képesek módon pótolni, vízhiányos időszakban.

A Balaton esetében elsősorban a nagyságrendek miatt már nem ilyen kedvezőek az adottságok. A vízrajzi és területi adatok bemutatásakor rögzítettük, hogy a tó teljes vízmennyisége közel 2 milliárd m³. Tőszabályozási és vízkészlet gazdálkodási tapasztalatok alapján elmondható, hogy vízpótlásra biztosított mennyiség akkor éri el a megkívánt hatását, ha az képes a vízpótlásban érintett víztest legalább egyharmadát-egynegyedét elraktározni, majd azt szükség esetén, megfelelő vízminőségi paraméterek biztosítása mellett tovább adni. Amennyiben elfogadjuk a fenti kitélt, akkor láthatjuk, hogy a Balaton vízkészletét nagyságrendileg legalább 500 millió m³ térfogatú tározórendszerrel lehetne biztosítani.

További bizonytalanságot szül, hogy a Balaton esetében korábban tapasztalt, éveken keresztül halmozott vízhiányos időszakot várhatóan ilyen mértékű tározó kapacitás mellett sem lehetett volna ellensúlyozni, legfeljebb lerövidíteni tudta volna a jelenséget.

A vizsgált vízpótlási lehetőségeket az 5. ábra mutatja be, mely Csonki István Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság (KDTVIZIG) igazgatójának előadásából származik (Csonki 2019). Az ábra a Balaton vízpótlására kidolgozott 1968-as, OVH tanulmány alapján készült, melyet a 6. ábra mutat (Szlávik 2005).



6. ábra. A Balaton vízpótlás vizsgált lehetőségei 1968 (Szlávik 2005)

Meg kell említeni azt is, hogy a tározókban a hosszas tartózkodási idő a vízminőséget rontja, tehát előállhat olyan szélsőséges helyzet is, hogy ugyan rendelkezik a vízpótló rendszer a szükséges vízmennyiséggel, azonban annak minősége nem éri el a vízminőségi jellemzők elfogadható értékeit, így a vízpótlásra alkalmatlanná válik.

A területi adottságokra figyelemmel, a területhasználatok és a lakott területek jelenléte a Zala mentén nem tesznek lehetővé ilyen mértékű beruházást, illetve a fenti vízkészlet és vízminőségi bizonytalanságok mellett ilyen mértékű beruházás kimenetele további bizonytalanságot hordozna magában.

1981-1985. között épült ki a Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer (KBVR) I. üteme (Hidvégi-tó), melyet a Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság üzemeltet. A KBVR alapvető feladata a Zala folyón érkező görgetett és lebegtetett hordalék és oldott tápanyag távoltartása a Balatontól, illetve az érkező többlet tápanyag terhelés visszatartása. A KBVR második üteme (Fenéki-tó) 2015 tavaszától lépett üzembe. Ez egy újabb vízterület bekapcsolását jelentette a rendszerbe, ezzel a tartózkodási idő és a vízkormányzási lehetőségek tovább növekedtek.

A KBVR ezzel együtt sem tud a Balatonra nézve jelentős mennyiségű víz visszatartásról gondoskodni, mivel magas vízállás esetén komoly belvízvédelmi problémák állnak elő a környező területeken. Az előzőekben bemutatott lehetőségek közül végül is egyik műszaki beavatkozás sem valósult meg.

A BEVEZETETT VÍZSZINTSZABÁLYOZÁS PRÓBAÜZEMI TAPASZTALATAI

A Balaton vízháztartásába való mesterséges beavatkozási lehetőségeket áttekintve megállapítható, hogy sem az idegen vízgyűjtő területéről történő vízpótlás, sem a saját vízgyűjtőn való tározórendszer kiépítése nem hoz megnyugtató megoldást a több éven át tartó, száraz, csapadékszegény időszakokban fellépő alacsony vízállások elkerülésére.

Vízpótlás hiányában, a Balaton medrében való vízviszszatartást ítélték a döntéshozók az egyetlen reális változatnak, ennek érdekében az alkalmazott vízszintszabályozási tartomány újabb felülvizsgálata vált szükségessé. A korábbi, 2003-ban bevezetett maximális vízszinttartás az előző szabályozáshoz képest 10 cm-rel emelte a felső határt, melyet további 10 cm-rel, immáron +120 cm-re kívántak módosítani. A Balaton mederében így tovább 60 millió m³ többlet víz visszatartása vált lehetővé.

2014. június 18-án a kezelő KDTVIZIG kezdeményezte a Balaton vízszinttartását rögzítő vízjogi üzemeltetési engedély módosítását. A Fejér Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság határozatában 2 éves próbaüzemet, megfigyelési kötelezettséget és a próbaüzemi időszak tapasztalatai alapján kiértékelő jelentés elkészítését rendelte el. A jelenleg bevezetett és alkalmazott vízszinttartási rend előtti tapasztalatokról a KDTVIZIG Vízrajzi és Adattári Osztálya 2018 augusztusában készített összefoglaló jelentést „*Balaton 120 monitoring összefoglaló jelentés*” címmel. A jelentés 2016. január 1. és 2018. június 30. közötti időszak megfigyeléseit foglalta össze (*KDTVIZIG 2018*).

A jelentés összességében 7 kötelező elem vonatkozásában valósult meg, a megállapításokat röviden az alábbiak szerint lehet összefoglalni:

1. Vízjárás és hidrológiai viszonyok vizsgálata a vízállás idősorok elemzése, hossz- és keresztirányú kilendülések vizsgálata:

A vizsgált időszakban rendelkezésre álló vízszintszabályozási rendszer nem tette lehetővé a feszes szabályozás napi szintű betartását, azonban a próbaidőszak szabályozást sikeresnek ítélte a többlet tározást biztosító maximális vízállás párolgási veszteségek pótlása terén. A jelentés kitér arra is, hogy a próbaüzem alatt jelentős járulékos terhet jelentett a visszatartott vízkészlet jelenléte és a többletvizek elvezetése, mely vízkárelhárítási feladatok végrehajtását kényszerítette ki. A Kis Balaton Vízvédelmi Rendszer vonatkozásában belvízvédekezést, a Sió-csatorna mentén ár- és belvízvédekezést, a Balaton parti települések parti sávjában a tó kilendülésének következtében pedig helyi vízkár elleni védekezést kellett elrendelni.

2. Vízi növényzet változása, különös tekintettel a nádasövre:

A vizsgált időszak alatt bekövetkezett változások kimutatásához nem állt rendelkezésre olyan felmérés, ami a próbaüzem kezdő és végső időpontjához igazodott volna. A „*Balaton és a parti zóna náda-*

sainak védelméről, valamint az ezeken folytatott nádgazdálkodás szabályairól” szóló 22/1998 (II.13.) Korm. r. alapján folytatott nádas minősítési eljárás megállapításai nem tükrözheték a próba-időszak alatt bekövetkezett változásokat, mivel a felmérés alapjául szolgáló légifelvételek 2015-ben készültek. A 2017-ben elkészült nádas minősítéshez 2016-2017 között szerzett terepi bejárások és megfigyelések adatai a korábbi adminisztrációkkal összehasonlítva már rámutattak arra, hogy a nádas állomány kiterjedése nem szenvedett el jelentős csökkenést, azonban minőségi összetétele negatív előjelű változást mutatott. A szakértői jelentés megfogalmazta a nádasokkal kapcsolatos terjedési és visszahúzódási időszakok igényét, valamint a jó ökológiai állapot eléréséhez tágabb vízszintszabályozási tartományt javasolt.

3. A vízminőség vizsgálata a tóközépi területeken:
A megemelt vízállásnak nem volt kimutatható hatása a vízminőségre.

4. A vízszintemelés hatásának mennyiségi és minőségi mérése a Balatonba torkolló vízfolyásokon:
Mennyiségi oldalról megállapítást nyert, hogy kisebb hullámlás esetén is visszaduzzasztást eredményez a magasabb vízállás, azonban a víz összetételében, minőségében nem volt kimutatható változás.

5. Az Igazgatóság kezelésében lévő talajvízkutak vízszintjének vizsgálata:

A tó közvetlen parti sávjában lévő kutaknál elmondható, hogy azok vízszintjében a Balaton vízállása meghatározó, azonban ez nem köthető egyértelműen a megemelt vízálláshoz.

6. A Siófoki zsilipre gyakorolt hatások vizsgálata, mozgásvizsgálattal:

Összességében megállapítható volt, hogy a műtárgy mozgása a geodéziai bemérések alapján hasonló a korábbi évek mozgásához, tehát a műtárgyak tekintetében mozgásváltozás nem volt kimutatható.

7. A déli parti területek elöntésének vizsgálata a 2014 évi események feldolgozásával:

2014-ben a Balaton vízállása február 28. és április 3. között már a többlet vízkészlet Sió-csatornán történő elvezetését tette szükségessé. Február 28-án a tó átlag vízállása +127 cm volt, ekkor került sor zsilipnyitásra. A tó magas vízállása és a tóparti területek elöntésének veszélye miatt március 3-án a KDTVIZIG Siófok vonatkozásában, míg a DÉDUVIZIG további 13 balatoni település vonatkozásában rendelt el helyi vízkár készülséget. A védekezésbe 10 Vízügyi Igazgatóság bevonásra került, a védekezésben műszaki segítségnyújtás mellett felmérési- és tervdokumentációk készítése volt a feladatuk. A védekezés keretében geodéziai felmérés készült, melyek alapján az érintett települések vízkárelhárítási terveinek frissítése, illetve a Balaton magas vízállásából adódó védekezési fel-

adatokkal való kiegészítése történt meg. Az érintett települések részére az elkészített tervek átadásra kerültek. A vízeresztés befejezése a tó +125 cm átlag vízállása mellett, 2014. április 3-án a Siófoki vízszintszabályozó zsilip zárásával valósult meg.

A felfüggesztett vízeresztést azonban május 3-án folytatni kellett, mivel a tó átlag vízállása már +129 cm-re emelkedett. A Balaton térségét május 14-én az „Yvette” névre keresztelt ciklon érte el, mely erős, helyeként orkán erejű légmozgással és jelentős csapadék tevékenységgel párosult. Az erős szél hatására a Balaton kilendült, a déli parton jelentős elöntéseket okozott, különösen a mélyen fekvő településrészekben. Az elöntéssel érintett, vagy azzal veszélyeztetett településeken az önkormányzatok folytattak védekezést a vízügyi ágazat műszaki irányítása mellett. Az árapasztó vízeresztés június 1-én, +124 cm átlag vízállás mellett fejeződött be, egyúttal a Sió-csatorna, Siófok, belterületi szakasza is feltöltésre került.

A próbaüzemet lezáró jelentést a Fejér Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság Igazgató-helyettesi szervezet Katasztrófavédelmi Hatósági Szolgálat, mint elsőfokú vízügyi hatóság elfogadta, majd megállapította, hogy az engedély módosítása – a Határozat rendelkező részben tett előírások betartása mellett – vízgazdálkodási érdeket nem sért, ezért a kérelemnek helyt adva, az alaphatározatot a 35700/4203-6/2015.ált iktatószámú határozattal módosította.

Az elsőfokú határozat ellen fellebbezés érkezett Balatonfenyves Község Önkormányzata, valamint a Balaton-nagyberek Vízitársulat részéről. A BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság a Balaton vízszintszabályozása vízjogi üzemeltetési engedélyének módosítása tárgyában, a Fejér Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság által benyújtott elsőfokú vízügyi hatósági határozatot a 35000/529-5/2016. iktatószámú határozatával helybenhagyta. Az elsőfokú döntés a másodfokú döntés közlésével, azaz 2016. február 18-ával vált jogerőssé.

A BEVEZETETT VÍZSZINTSZABÁLYOZÁS FELÜLVIZSGÁLATA

A Környezeti és Energiahatékonysági Operatív Program (KEHOP) Vízgazdálkodással és az éghajlatváltozás hatásaival kapcsolatos tervezés, informatikai és monitoring fejlesztési projekt felhívása biztosított forrást az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) és a KDTVIZIG konzorciuma részére a „Klimaváltozás hatásainak vizsgálata a Balaton vízkészletére, belső áramlási viszonyaira, ezek hatása az élővilágra” című, KEHOP-1.1.0-15-2017-00011 számú projekt keretében a Balaton vízszinttartási rendjének felülvizsgálatára.

A KEHOP program keretében a nyertes Vállalkozó az üzemeltető 2016-tól folytatott próbaüzemének kiértékelését elvégezte. A vonatkozó jogszabályi háttér figyelembevételével a Balaton vízszintszabályozási rendjének megváltoztatásához szükségessé vált környezeti hatásvizsgálat elkészítése.

A környezeti hatásvizsgálat a felszíni vizek lefolyásának megváltozására, a vízparti településeken jelentkező változásokra, a megváltozott vízszint miatt bekövetkező

ökológiai változásokra és a társadalmi, emberi hatások elemzésére terjedt ki.

A vizsgálat főbb megállapítása a következők voltak:

- a megemelt vízszinttartáshoz új, rugalmas szabályozási eszközrendszer kiépítése és üzemeltetése szükséges annak érdekében, hogy a szélsőségesen nagy csapadékos időszakokban fellépő károkozás a tó hatékony vízszintcsökkentésével biztosítható legyen,
- a megváltozott üzemrend nem okozhat vízkárelhárítási többlet terhet a már üzemelő KBVR védműveire, továbbá a Balaton felé történő, gravitációs hozzáfolyást továbbra is biztosítani kell,
- elsősorban a déli parton betorkolló kis vízfolyások torlói szakaszainak átépítése, azokon a szükséges védművek megerősítése, kiépítése szükséges,
- a tóparti települések vonatkozásában a megemelt szabályozási szint kritikus pontokat határozott meg, ilyenek elsősorban:
 - o mély fekvésű területek időszakosan víz alá kerülnek, egy-egy tartósabb kilendülés alkalmával, vízkárelhárítási beavatkozás válhat szükségessé,
 - o a csapadékvíz elvezető rendszerek elégtelen kapacitása nagyvízes időszakban pangó vizeket és tartós vízállásokat okoz,
 - o a partvédművek kiépítési magassága sem felel meg több helyen a hullámvész keltette vízszinteknek, mivel azok még a korábbi maximális vízállásokra épültek ki és méretezték azokat (+100 cm),
 - o a szennyvíz elvezető rendszerek csapadékos időben beszívárgás hatására túlterhelődnek, az elvezető és szennyvíztisztító rendszerek nem kívánat többletterhelést szenvednek el.
- a változás ökológiai hatása a nyílt vizet kedvelő fajok számára nem okoz többletterhelést, azonban a nádasok, vízi növényzet vonatkozásában kifejezetten előnytelen a szűk szabályozási sáv alkalmazása. Célként fogalmazta meg a tanulmány a természetes vízjáráshoz hasonló üzemrend kialakítását annak érdekében, hogy a kedvezőtlen ökológiai hatások ne okozzanak visszafordíthatatlant elváltozásokat.
- a tó mellett élők részére a szélsőséges vízállások elkerülése megnyugtató hatású, életminőség javulást eredményez, a gazdasági szereplők részére kifejezetten előnyös biztonságot hoz. Az üdülés, turizmus, rekreáció a továbbiakban tervezhetővé válik, a szélsőségesen alacsony vízállás nem riasztja el a térségbe látogatókat, vízi turizmust kedvelőket.

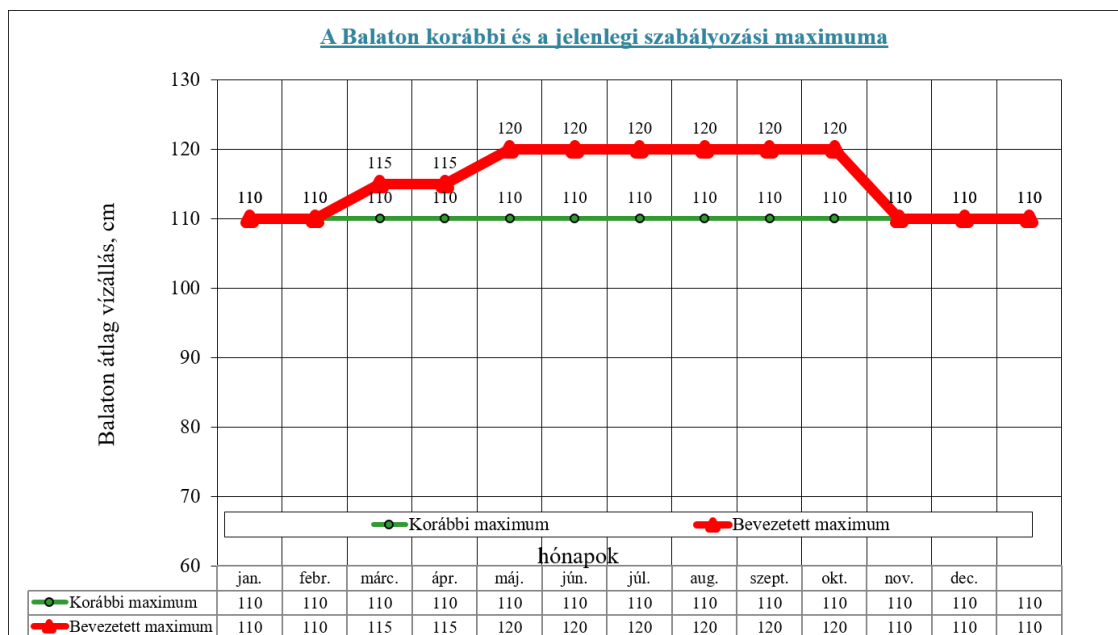
Az ügyben eljáró Veszprém Megyei Kormányhivatal több helyszínen közmeghallgatást tartott, az érdeklődők Keszthely, Balatonfüred, Fonyód, Balatonföldvár és Siófok településeken hallgathatták meg az elképzeléseket, illetve tehetek fel kérdéseket, nyilváníthatnak véleményt.

Ezt követően az eljárás keretében a hatóság Környezetvédelmi engedélyt adott, majd az üzemeltető a hatályos vízjogi üzemeltetési engedély módosítását kezdeményezte

az elsőfokú vízügyi hatóságánál.

A Balaton vízszintszabályozás (Siófok leeresztőzsilip, hajózsilip és Balatonkiliti duzzasztó) vízügyi üzemeltetési engedélye a megváltozott tartalommal 2023. november 30-ig hatályos.

A korábbi vízügyi üzemeltetési engedélyek tartalmaztak minimális szabályozási szinteket, azonban ezt a beavatkozási lehetőség hiányában nem lehet befolyásolni. Így a módosítás során ennek kivételése megtörtént. A bevezetett, új vízszintszabályozást a 7. ábra szemlélteti (Oláh 2019).



7. ábra. A Balaton korábbi és új maximális szabályozási vonala (Oláh 2019)

A 7. ábrát tekintve látható, hogy a felső szabályozási szint változása gyakorlatilag februártól novemberig tart, ezen időszak között van lehetőség a megemelt szabályozási szint tartására. Meg kell jegyezni, hogy ez csak lehetőség, mivel a szükséges vízkészlet biztosítására nincs külső beavatkozási lehetőség.

A bevezetett szabályozás figyelemmel van a Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer gravitációs átvezetésére, illetve a Balaton vonatkozásában a téli időszakban fellépő esetleges jégzajlás partot romboló hatására is.

SZERKEZETI BEAVATKOZÁSOK

A környezeti hatástanulmány ún. hatásmérséklő beavatkozások megtételét célozza annak érdekében, hogy a fent felsorolt negatív hatások ne terheljék a környezetet, illetve, hogy lehetőség legyen a rugalmas vízszintszabályozás kialakítására. A tervezett beavatkozások részleges fedezetét a Környezeti és Energiahatékonysági Operatív Program (KEHOP) Fenntartható vízgazdálkodás infrastrukturális feltételeinek javítása (1-3-0) című tengely biztosítja.

Az OVF és a Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság (DDTVIZIG) konzorciuma a „Déli parti kisvízfolyások védképességének javítása” címmel valósít meg beavatkozásokat.

Az OVF és a KDTVIZIG konzorciuma a korábban említett „Klimaváltozás hatásainak vizsgálata a Balaton vízkészletére, belső áramlási viszonyaira, ezek hatása az élővilágra” című, KEHOP-1.1.0-15-2017-00011 projekten kívül további három programot valósít meg. A „Balaton levezetőrendszerének korszerűsítése” (KEHOP 1.3.0-15-2015-00007), valamint a „Preventív intézkedések a Bala-

tont érintő vízminőségi problémák hosszútávon fenntartható kezelésére” című projektekben szerkezeti beavatkozások valósulnak meg, az „Átfogó környezeti megfigyelő és tájékoztató rendszer a Balatonon” című beruházásban pedig a megfigyelő, monitoring és tájékoztató rendszer épül ki.

További előkészítési, tervezési feladatok vannak folyamatban a „Balaton kiemelt turisztikai fejlesztési térség meghatározásáról és a térségben megvalósítandó egyes fejlesztések megvalósításához szükséges források biztosításáról” szóló 1861/2016. (XII.27.) Korm. határozat 2. sz. mellékletében szereplő 41,5 Mrd Ft támogatási keretösszeggel, az Országos Vízügyi Főigazgatóság és a vízügyi igazgatóságok feladatellátását érintő, „A balatoni vízkészlet fenntartható gazdálkodásának, vízhasználatának javítása, a szükséges infrastrukturális feltételek biztosításával” című húzóprojekt keretében, amely tervezetten hazai forrásból kerül finanszírozásra. A tervezés a „Balaton új üzemeltetési rendjéhez szükséges fejlesztések – mederkotrások”, valamint a „Balaton új üzemeltetési rendjéhez szükséges fejlesztések – mélyfekvésű területek feltöltése, partbiztosítások rendezése, vízminőségvédelem fejlesztése” című témákban zajlik.

A BALATON LEVEZETŐRENDSZERÉNEK KORSZERŰSÍTÉSE (KEHOP-1.3.0-15-2015-00007)

Tekintettel arra, hogy a cikk témája a Balaton vízszintszabályozásához kapcsolódik, így a korábban említett projektek közül a „Balaton levezetőrendszerének korszerűsítése” (KEHOP 1.3.0-15-2015-00007) beruházás műszaki tartalmát részletezem.

A kiemelt projekt célja a Balaton levezető rendszerének korszerűsítése által a Sió-csatorna vízlevezető képességének javítása. A beruházás így módon a KEHOP 1. sz. prioritásához kapcsolódik, melynek célja Magyarország árvízi veszélyeztetettségének csökkentése, a klímaváltozás következtében gyakoribbá váló szélsőséges árvizek emberi egészségre és életre, a vagyoni, a vizek minőségére, a környezetre, a kulturális örökségre, a gazdasági tevékenységre és az infrastruktúrára gyakorolt káros hatásainak mérséklése a síkvidéki folyók mentén, illetve az árvizek által fenyegetett hegy- és dombvidékeken (OVF 2016).

A Projekt tárgya:

- új nagyműtárgyak építése, ezen belül:
 - új Siófoki leeresztő zsilip,
 - új Siófoki hajózsilip,
 - új Balatonkiliti mederduzzasztó,
- a Sió-csatorna részleges rekonstrukciója mederkotrással
- a Sió-csatorna mentén depóniarendeztés
- Kölesd település belterületén „körtöltés” építse
- a 04.07. Kölesd-Simontornya árvízvédelmi szakasz rekonstrukciója
- lokális beavatkozások a Sió-csatorna mentén (kis-műtárgyak rekonstrukciója)
- A Sió Torkolati Mű (Árvízkapu) felvízi oldalán kialakult mederelfajulás helyreállítása.

A Projekt ütemezése:

- Támogatási szerződés hatályba lépése: 2016. június 7.
- A projekt fizikai befejezésének tervezett időpontja: 2023. március 31.

A Projekt finanszírozása:

A projekt bruttó összköltsége:
18,9 Mrd forint

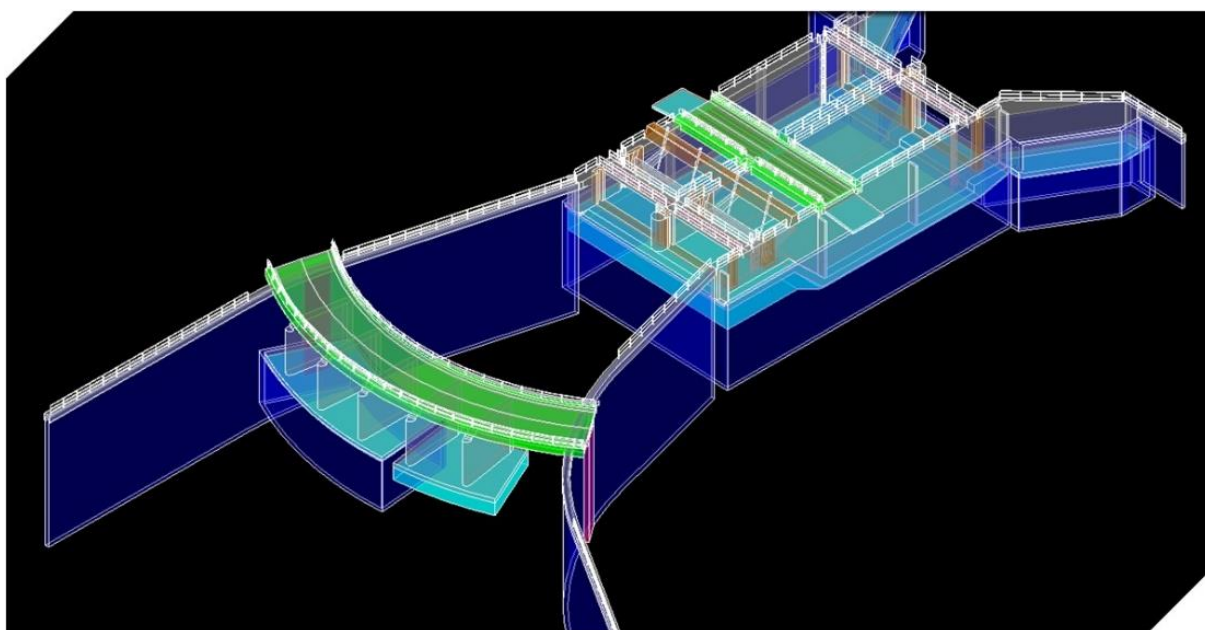
- 14,5 Milliárd Ft KEHOP forrás
- 4,4 Milliárd Ft hazai forrás.

Első ütemben (2016-2018) megvalósításra kerültek a projekt komplex előkészítési/projektfejlesztési munkálatai. Ennek keretében vízjogi létesítési engedélyek beszerzése és a kiviteli tervek véglegesítése történt meg.

Siófoki leeresztő zsilip és hajózsilip

A Balaton árapasztó vízeresztése a csatorna 120+822 fkm. szelvényében lévő 2 db, egyenként 2,0 x 4,0 m nyílásszélességű leeresztő zsilipen keresztül történik. A Balaton és a Sió-csatorna közötti hajózás átzsilipelési lehetőségét a 120+800 fkm szelvényben lévő 12,0 x 85,0 m alapterületű hajózsilip biztosítja. A műtárgyak jelenlegi állapota a folyamatos átépítések során alakult ki. Újkori megjelenését a II. világháború után, az 1946-ban kezdődött műtárgyépítés alapozta meg, melyet az 1975-1976. között végzett átalakítási munkák zártak le. A műtárgyak mindegyike elérte a tervezési élettartamát, és a heterogén betonszerkezet mellett a folyamatos fenntartási és üzemeltetési ráfordítások ellenére is jelentős állagromlást szenvedtek el. Felújításuk nem hozott volna megnyugtató és végleges megoldást, így új műtárgyak építésére kerül sor.

A tervezés során hidrodinamikai modellezés keretében megvizsgálták a műtárgyak lehetséges kialakításának és elhelyezkedésének több változatát. Ennek keretében a szabályozási és hajózási funkcióval együttesen rendelkező, egyesített műtárgy, illetve a jelenlegi elrendezés hidraulikai elemzésére került sor. A vizsgálati eredmények értelmében az a döntés született, hogy a legelőnyösebb elrendezés a jelenlegi kiépítéssel azonos módon, a Sió-csatorna torkolati szelvényében, két műtárgy építésével valósítható meg. A vízszintszabályozó zsilip látványtervét a 8. ábra, a hajózsilip látványtervét a 9. ábra mutatja.



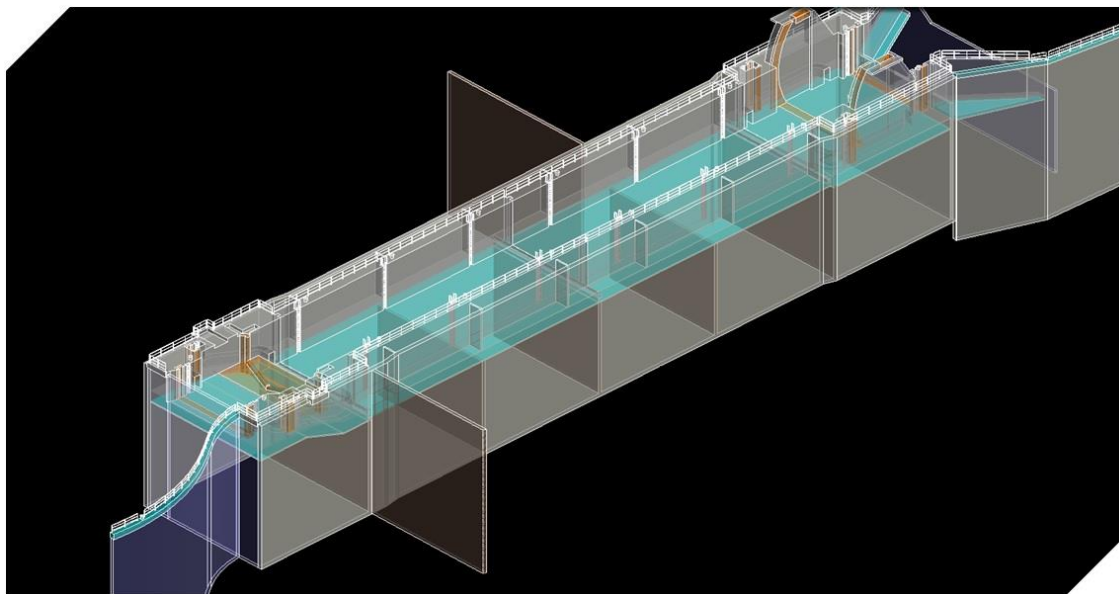
8. ábra. Az új vízszintszabályozó zsilip felvízi oldala (Benedek 2015)

A három építendő műtárgy közül a vízszintszabályozó zsilip megvalósítása az ütemezés értelmében az

utolsó helyre került. Ennek az az oka, hogy a folyamatos szabályozást biztosítani kell, így a régi műtárgyat mind-

addig üzemben kell tartani, amíg az új hajózsilipen keresztül átmenetileg nem válik lehetségessé a vízszintszabályozás. A vasbeton szerkezetű műtárgy acélszerkezetű elzárása hidraulikus mozgatású szegmenstáblás kialakítással történik, melynek mérete egyenként 8,0 m. A mű-

tárgy elméleti áteresztő képessége eléri a $120 \text{ m}^3/\text{s}$ értéket. A korábban üzemi területként működő zsilip és környezete a továbbiakban megközelíthető, átjárható módon kerül kialakítása, a későbbi városfejlesztési elképzeléseknek megfelelően.



9. ábra. A Siófoki hajózsilip látványterve (Benedek 2015)

A hajózásra alkalmas, illetőleg hajózásra alkalmassá tehető természetes és mesterséges felszíni vizek víziúttá nyilvánításáról szóló 17/2002. (III.7.) KöViM rendelet értelmében a Sió-csatorna IV-es víziút. Ennek megfelelő hajózási űrszelvény kerül kiépítésre, a vasbeton szerkezetű műtárgy a régi hajózsilip helyén valósul meg. A felsőfő támkapus elzárással épül, a töltő-ürítő csatornák acél, síktáblás elzárással, acél felhúzó szerkezettel készülnek. A hajózsilip szabad

szélessége 12,0 m, hasznos hosszúsága 90,0 m. A műtárgy érdekessége, hogy az alsófő kialakítása szegmenstáblás elzárással készül, annak érdekében, hogy azon keresztül a tó vízszintszabályozása a régi vízszintszabályozó zsilip elbontásától, az új zsilip megépítéséig biztosítható legyen. A szabályozó létesítmények integrált irányítása új üzemviteli épületben történik. A műtárgyak együttes látképe és az üzemviteli épület a 10. ábrán látható.



10. ábra. A vízszintszabályozó zsilip és a hajózsilip együttes elhelyezkedése (Korompay 2015)

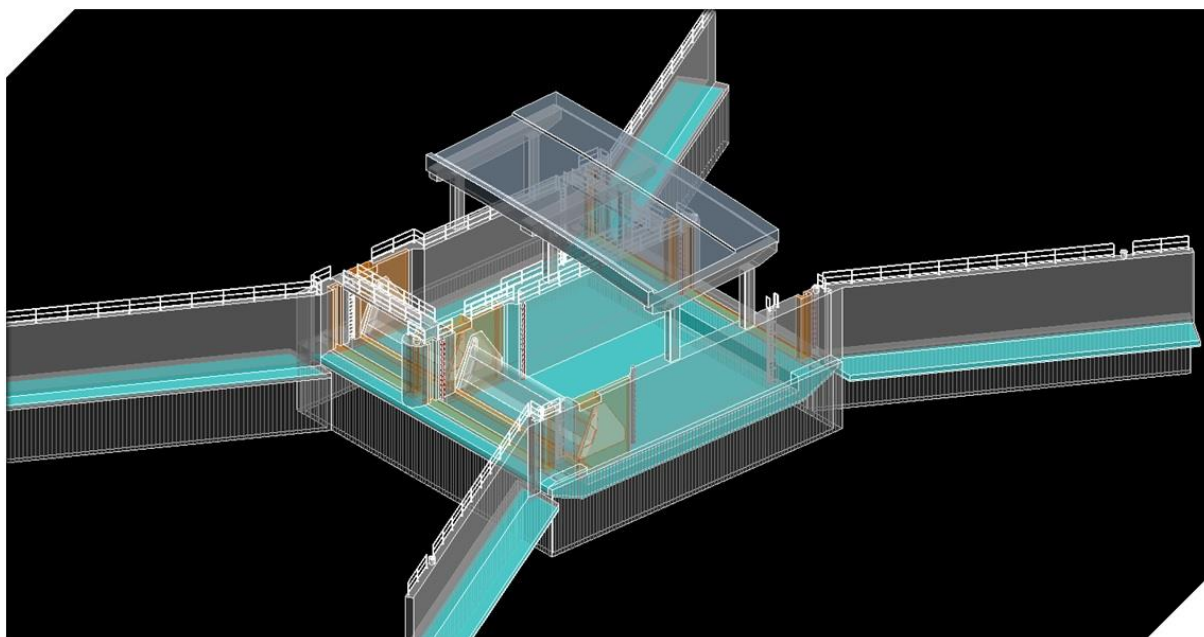
A Balatonkiliti duzzasztó

A műtárgy a Sió-csatorna 118+030 szelvényében épül meg, a régi Balatonkiliti duzzasztótól déli irányban, ~700 m-re eltolva. A műtárgy elhelyezésekor Siófok város távlati fejlesztési elképzeléseire is figyelemmel volt a projekt, mivel az új helyszínen déli összekötő

út épül a Sió-csatornán keresztül. A műtárgy lehetőséget biztosít a későbbiekben épülő híd pillérszerkezetének fogadására. A létesítmény szerepe a Sió-csatorna Siófok, belterületi szakaszán a vízeresztésen kívüli időszakban biztosítani az esztétikus, vízzel telt meder megjelenését.

A vasbeton szerkezetű duzzasztó két nyílással épül meg, a szélesebb, 12,0 m széles elzárás szolgálja a hajózási lehetőséget, míg a kisebb, 8,0 m szélességű nyílás a vízeresztésben kap szerepet. Az elzárások kialakítása hidraulikus mozgatású, acél billentőtáblákkal történik.

A három műtárgy ideiglenes elzárásait is biztosítani kell. Ezeket nyílásonként azonos módon kialakított betétgerendákkal kívánja az üzemeltető megoldani. A Balatonkiliti mederduzzasztó látványtervét a 11. ábra mutatja.



11. ábra. A Balatonkiliti mederduzzasztó (Benedek 2015)

A Sió-csatornát érintő beavatkozások

A Sió-csatorna alapvetően két egymástól jól elkülöníthető részre osztható, ami a vízvezetés szükségességét is jellemzi. A vízjárásra figyelemmel a Sió-csatorna Kapos torkolat feletti „felső szakasza” szinte kizárólag a Balaton árapasztó vízeresztéskor kap mértékadó terhelést, míg a Kapos torkolat alatti szakaszon már jelentős mellékvízfolyások biztosítják a vízfolyás állandó jellegét. A felső szakasz csupán kétoldali depóniával rendelkezik, míg a Kapos torkolat alatt, Simontornya belterületén, a bal parton elsőrendű árvízvédelmi töltés épült, mely egészen a befogadóig biztosít védelmet. A jobb parton többségében magaspárt található, így árvízvédelmi mű a jobb parton csak a sióagárdi közúti hídtól kezdődően épült.

A Sió-csatornán szükséges beavatkozások meghatározásakor alapvetően a Balaton megváltozott vízszintszabályozását is kiszolgáló levezetőképesség biztosítását kellett szem előtt tartani. A Balaton vízszintszabályozását biztosító Siófoki leeresztő zsilip tervezése során hidrológiai statisztikai vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy az újonnan bevezetett maximális vízszint tartós meghaladását legalább 100 m³/s vízemésztő képesség kiépítésével lehet megelőzni.

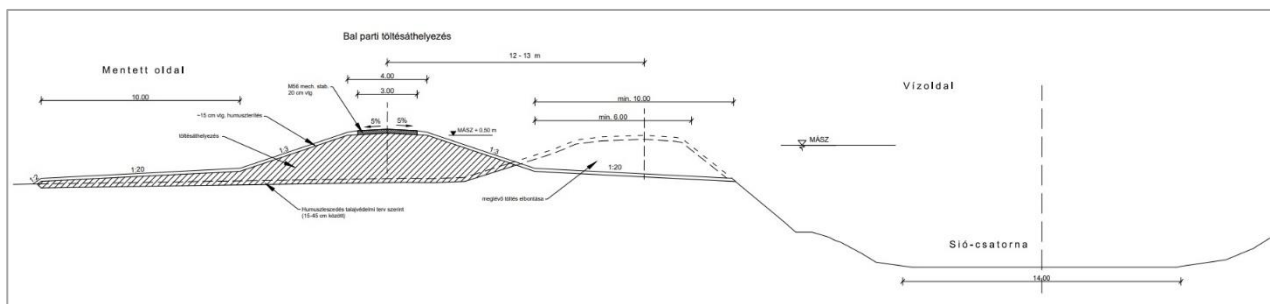
A „folyók mértékadó árvízszintjeiről” szóló 74/2014. (XII. 23.) BM rendelet értelmében a Sió-csatorna felső szakaszán a MÁSZ értéke a 80 m³/s vízhozamhoz (vízeresztéshez) tartozó vízfelszínigörbe, az alsó szakaszon pedig már a Kapos saját, valamint a többi mellékvízfolyás mértékadó árvizei adódnak össze a Sió-csatorna 80 m³/s hozamával.

Mederrendezés, depóniafejlesztés

A Kapos feletti szakaszon a meglévő depóniák által határolt nagyvízi meder vízszállító képességét a korábbi vízeresztésekből származó feliszapolódás, illetve a kialakult zátonyok csökkentették, ezért a meder eredeti vízszállító képességének helyreállítását mederkotrással irányozták elő. A Balaton rugalmas vízszintszabályozásához szükséges 100 m³/s értéket elérő vízhozam biztonságos levezetéséhez a földművek MÁSZ+1,0 m szintre történő kiépítése és általános depóniarendezés vált szükségessé. Ez a kiépítési szint a Balaton vízeresztését és a mellékvízfolyásokon esetlegesen egyidejűleg kialakuló árvizek hatását is képes kezelni.

Töltésáthelyezés

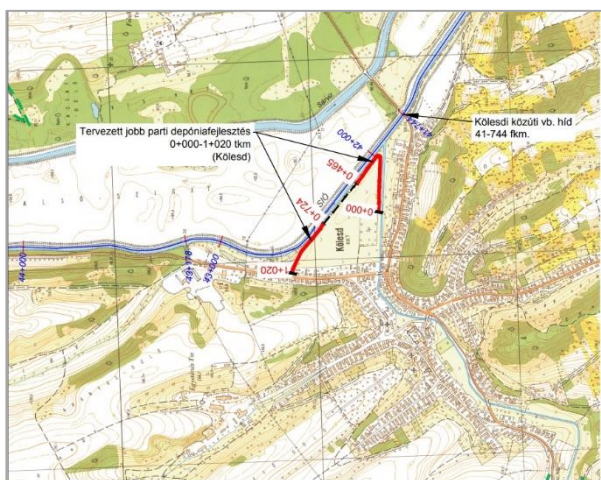
A Kapos torkolat alatti, alsó szakasz 1D hidrodinamikai vizsgálatai már azt a kedvezőbb képet mutatták, hogy a balatoni eresztések hatására a vízállások nem közelítik meg az ottani MÁSZ értékeket még 100 m³/s hozamú vízeresztés esetén sem, tehát alapvető magassági hiány nem mutatkozott. Az árvízvédelmi töltések elvárt védelmi képességét azonban alapvetően két műszaki feltétel egyidejű kielégítésével kell teljesíteni. A kiépítési magasság mellett a másik elvárás a jogszabályban előírt keresztmetszeti kialakítás, ami a 04.07. Kölesd-Simontornyai árvízvédelmi szakaszon nem teljesült maradéktalanul. További megoldandó problémát jelentett a meglévő állapotokban a helyenként megsuvadt vízdoldali mederrézsű és a veszélyes folyó megközelítés is, ezért a szükséges műszaki paraméterekkel rendelkező elsőrendű árvízvédelmi töltés átépítése a földmű nyomvonalának mentett oldal felé történő áthelyezésével valósul meg a 36+190-43+670 tkm között. Az elsőrendű töltés mintakeresztszelvénye a 12. ábrán látható.



12. ábra. A Sió balparti töltésáthelyezés mintaszelvénye (Rosza 2015)

Kölesd, Sió jobbpart depóniafejlesztés

Kölesden a Sió-csatorna magas vízállása miatt a belterületi szakasz védelme nem megoldott. A Hidas-patak hidja és a Kölesdi gátörtelep közötti szakaszon szükséges a lakóépületek veszélyeztetése miatt a részlegesen meglévő depónia magasítása és kellő magasságú kiépítése, a magasparti terepbe való bekötése. A tervezett depóniák kiépítési magassága igazodik a bal parti árvízvédelmi töltések MÁSZ + 50 cm-es szintjéhez, 4,0 m-es koronaszélességgel és 1:3-as kétoldali rézsűhajtással kerülnek kialakításra. Kölesd település belterületén lévő depónia építés helyszínrajzát a 13. ábra mutatja.



13. ábra. Kölesd belterület, depóniaépítés helyszínrajza (Rosza 2015)

A Balaton levezetőrendszerének korszerűsítése projekt jelenleg csak a legszükségesebb és elengedhetetlen műszaki beavatkozásokat képes finanszírozni. A Sió-csatorna levezető képessége a projekt lezárását követően sem fogja elérni a megépített műtárgyak vízeresztő képességét, illetve a 04.07. Kölesd-Simontornya árvízvédelmi szakaszon további beavatkozásokra van szükség.

A Sió-csatorna jobb partján a magasparti települések védelmét folytatni kell azon szakaszokon, ahol lakóépületek kerülhetnek veszélybe, vagy gazdasági károkat okozhat a magas vízállás.

KÖVETKEZTETÉSEK

A Balaton megváltozott üzemrendjének bevezetése a mederben való többlet vízkészlet tározását eredményezte. A megváltozott üzemrend számos beavatkozást kényszerít ki, amelyek végrehajtásával a negatív hatások jelentősen

csökkenthető, azonban azok teljesen így sem zárhatók ki. Kulcsfontosságú, hogy a megkezdett KEHOP projektek maradéktalanul megvalósuljanak. A módosított vízszintszabályozási rend (megemelt szabályozási szint) hatásait az épített környezetre, az élővilágra, különös hangsúlyt fektetve a vízi növényzet változására és a tó vízminőségének változására figyelemmel ki kell értékelni a hatályos engedély érvényességi idejében (2023. november 30.) és a bevezetett szabályozás folytatásáról csak ennek ismeretében születethet *felelős döntés*. Továbbra sem megoldott a Balaton-parti települések csapadékvíz elvezetése és az egyéb érintett infrastruktúra állapota. Ezek kezelésére jelenleg nem áll rendelkezésre saját forrás vagy pályázható állami támogatás, az önkormányzatok önerőből várhatóan a szükséges feladatokat nem tudják megoldani. A hazai források igénybevétele mellett, a következő EU programozási időszakban a vízügyi ágazatnak további forrásokat kell szereznie a jelenleg ismert problémák további kezelésére.

IRODALOMJEGYZÉK

- 22/1998 (II.13.) Korm. Rendelet. „A Balaton és a parti zóna nádasainak védelméről, valamint az ezeken folytatott nádgazdálkodás szabályairól.”
- 1861/2016. (XII.27.) Korm. Határozat. „A Balaton kiemelt turisztikai fejlesztési térség meghatározásáról és a térségben megvalósítandó egyes fejlesztések megvalósításához szükséges források biztosításáról.”
- 17/2002. (III.7.) KöViM rendelet „A hajózásra alkalmas, illetőleg hajózásra alkalmassá tehető természetes és mesterséges felszíni vizek víziúttá nyilvánításáról.”
- 74/2014. (XII. 23.) BM rendelet „A folyók mértékadó árvízszintjéről.”
- Bendefy L. (1968). A Balaton vízszintjének változásai a neolitikumtól napjainkig. – Hidrológiai Közöny 48. 6. pp. 257–263.
- Benedek A. (2015). Balaton levezetőrendszerének korszerűsítése. Indikatív tervdokumentáció SBS Komir Kft.
- Csonki I. (2019). A Balaton levezetőrendszerének korszerűsítése, előadás (Budapest)
- KDTVIZIG (2008). A Sió-csatorna üzemeltetési szabályzata, Műszaki leírás pp. 2.
- KDTVIZIG (2018). Balaton 120 monitoring összefoglaló jelentés.

Oláh Z. (2019). A Balaton megváltozott üzemrendjének bemutatás, előadás (Siófok).

Korompay A. (2015). Siófok ship lock and control building projekt. Térhálózat Design Kft.

Kravinszkaja G. (2022). A Balaton és a tórések havi vízháztartási jellemzőinek meghatározása. KDTVIZIG.

OVF (2016). Balaton levezető rendszerének korszerűsítése. <https://www.ovf.hu/hu/futo-projektek/balaton-levezeto-rendszerek-korszerusitse>

OVF (2022). A Balaton természetföldrajzi leírása. <https://www.vizugy.hu/index.php?module=content&programelemid=42>

Rosza P. (2015). Balaton levezetőrendszerének korszerűsítése. Indikatív tervdokumentáció. Viziterv Consult Kft.

Somlyódy L. (2005). „A balatoni vízpótlás szükségessége: tenni vagy nem tenni?” *Vízügyi Közlemények* különszám, 87. évf. 1. pp. 9-62.

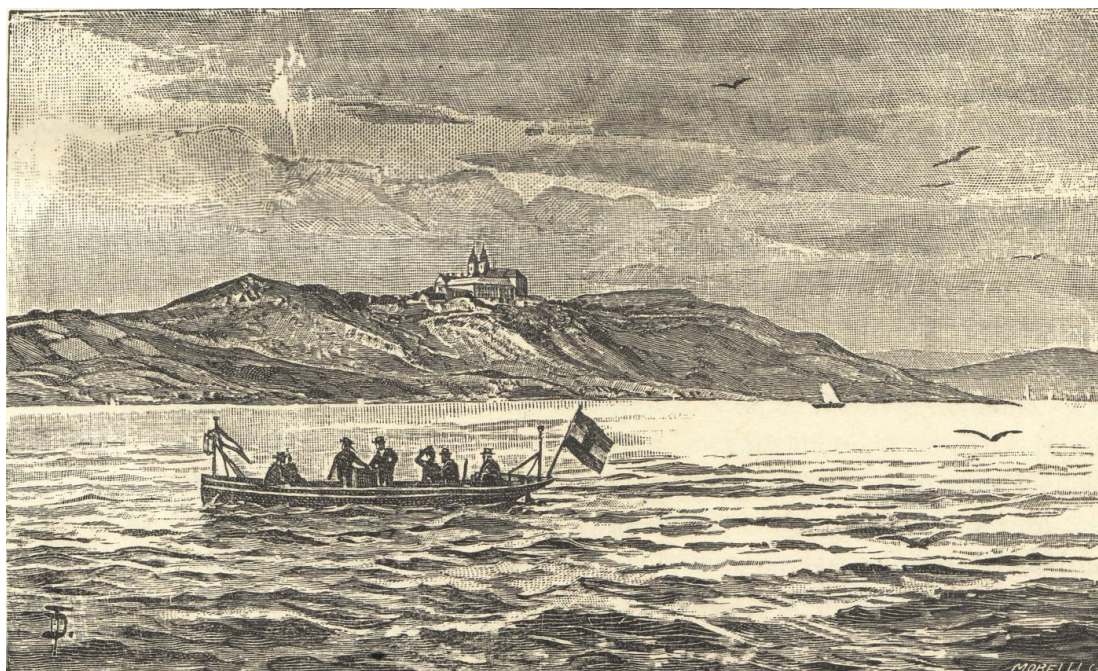
Szlávik L. (2005). *Vízügyi Közlemények* különszám, 87. évf. 1. pp. 378.

*** (2002). Balaton vízszintszabályozása (Siófoki leeresztő zsilip, hajózsilip és Balatonkiliti duzzasztó) H/6375-3/2002-12. vízjogi üzemeltetési engedély.

A SZERZŐ



OLÁH ZOLTÁN építőmérnök (Eötvös József Főiskola, Műszaki Fakultás, 2000.), jelenleg a Nemzeti Közszolgálati Egyetem hallgatója. 2000-tól kezdődően építőipari kivitelezésben építésvezető, 2003-2005 között a Közép-dunántúli Környezetvédelmi Felügyelőségen műszaki ügyintéző. Ezt követően 2005-től minőségvizsgáló laboratóriumban aszfaltvizsgáló mérnökként dolgozott. 2008 óta a Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság állományában előbb tószabályozási ügyintéző, majd csoportvezető, ezt követően 2014-től Árvízvédelmi és folyógazdálkodási osztályvezető.



Morelli Gusztáv (1848-1909) Balaton rézkarc

Történelmi pillanatkép

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

Vízügy, történelmi keretben

A „több, mint kultúrmérnök”, Lászlóffy Woldemár

Albert Gábor* és Farkas Ildikó**

* Magyar Mezőgazdasági Múzeum és Könyvtár (albert.gabor@mmgm.hu)

** Környezetvédelmi és Vízügyi Levéltár (farkas.ildiko@ovf.hu)

Kivonat

A kolozsvári születésű kultúrmérnök, Lászlóffy (1934-ig Böhm) Woldemár hidrológusi, szaktudósi munkásságával többen is foglalkoztak (különösen sok cikk született Lászlóffy Woldemár születésének századik évfordulója alkalmából tartott emlékülésre 2003-ban Szesztay Károly, Vágás István, Nováky Béla, Somogyi Sándor tollából). Tudománytörténelmi teljesítményéről 2018-ban Fejér László értekezett. Jelen írás Lászlóffy munkásságának egy kevésbé ismert területét veszi górcső alá. A neves hidrológus kutatásaiban (de előadásiban is) különös figyelmet fordított a vízgazdálkodási, hidrológiai jellegű témák történelmi háttérének feltérképezésére. A rövid áttekintés tehát szervesen kapcsolódik Lászlóffy tudománytörténelmi tevékenységéhez. Munkánkhoz számos vízügyi szakoktatás-történelmi és a szerző életrajzára irányuló írást is felhasználtunk. Elsődleges forrásunk a Környezetvédelmi és Vízügyi Levéltárban őrzött Lászlóffy-hagyaték, az abban található két kézirat/ tanulmány születéstörténetének ismertetése, rövid tartalmi kibontása. Írásunk az egykori vízmesterképzéssel kapcsolatos, – a Környezetvédelmi és Vízügyi Levéltárban és a Magyar Mezőgazdasági Múzeum és Könyvtár Szakoktatás-történelmi Gyűjteményében található – iratanyagokkal egészül ki.

Kulcsszavak

Kultúrmérnök, Kultúrmérnöki Hivatal, vízmestertanfolyam, VITUKI, Studienkreis für Geschichte des Wasserbaus, der Wasserwirtschaft und der Hydrologie, Vízépítés-, vízgazdálkodás- és hidrológia-történelmi munkaközösség.

Water management in a historical context

The "more than a civil engineer", Woldemár Lászlóffy

Abstract

This paper examines a lesser-known area of Lászlóffy's work. In his research (but also in his lectures), the renowned hydrologist Woldemár Lászlóffy paid special attention to mapping the historical background of water management and hydrological topics. The study undertakes the birth and analysis of two Lászlóffy manuscripts. His study on the founder of the Hungarian hydrographic service, József Péch, can be considered a real legacy exploration work. The knowledge of his study entitled *The Navy of the Romans on the Tisza* also suggests extensive research, as our data on the ancient river Tisza at the time of the birth of the work in the early 1980s were extremely poor. Unfolding the content of the two Lászlóffy manuscripts reveals that the author conducted his research with a thorough critique of the source. From the 1930s to the 1980s, Lászlóffy consciously emphasized the historical context of water management in his writings. His research work was characterized by a continuous search for discourse. As for the book-loving author's human interest, the image of a humanist civil engineer appears in front of us who immersed in antique historical topics. The study, which is based on archival and museum collection sources in addition to professional literary works, broadens the knowledge base of Lászlóffy's performance as a historian of science.

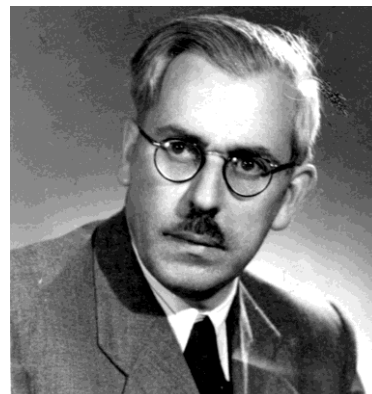
Keywords

Civil Engineer, Civil Engineering Office, water master's course, VITUKI, Study Centre for Water Management, Water Management and Hydrology, hydraulic engineering, water management and hydrology history team.

PÁLYAÍV – DIÓHÉJBAN

A közösségi életbe való fiatalkori beilleszkedést Lászlóffy Woldemárnak (1903-1984) a nyolcgyermekes nagycsaládban eltöltött gyermekkor biztosította. Egy vele készített késsői interjúban olvashatjuk: „Ahogy a vízfolyásban a kavicsok lekopatják egymást, a testvérek is csiszolnak, alakítanak egymáson.” (Kósa 1981).

Elemi és középiskolai tanulmányait Kassán végezte, érettségi vizsgát Sátoraljaújhelyen tett, a Budapesti Királyi József Műegyetemen megszerzett mérnöki diploma után 1928-ban Magyaróvárott mezőgazdaságból szakvizsgázott. Utolsó éves egyetemista volt, amikor a vízépítéstan professzora, Rohringer Sándor meghívására 1925-ben a Műegyetemre került tanársegédnek.

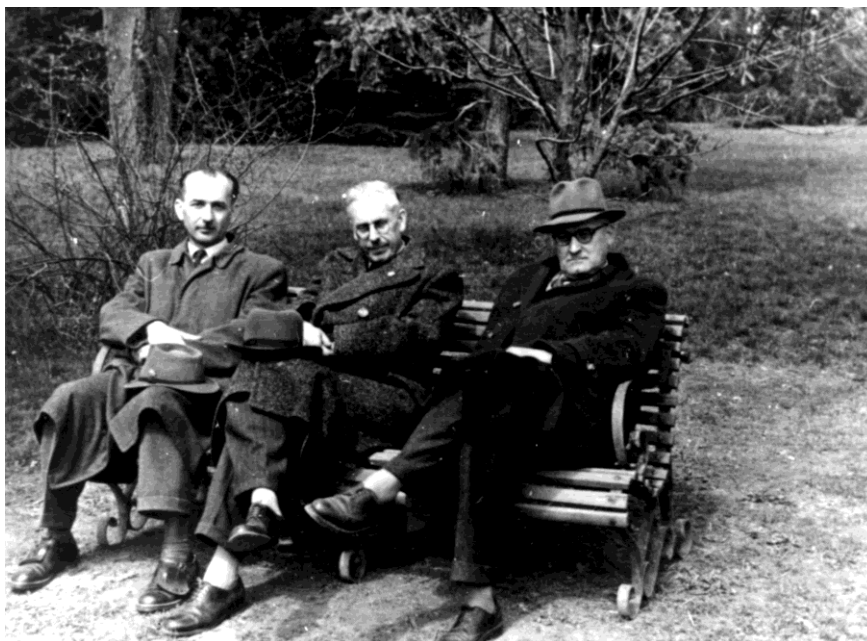


1. kép. Lászlóffy Woldemár (Forrás: Duna Múzeum)
Picture 1. Woldemar Lászlóffy (Source: Duna Múzeum)

1929 és 1941 között a Földművelésügyi Minisztérium Vízirajzi Intézetében dolgozott, 1941 és 1942 között a kolozsvári Kultúrmérnöki Hivatal vezetője lett. A hazai tájakhoz, vizekhez való vonzódását jellemzi a következő vallomás: „Tervezés közben döbbsentem rá, hogy a vizek megismerése tulajdonképpen honismeret. Ez a felismerés tett hidrológussá.” (Kósa 1981).

Az ötvenes években a VITUKI-ban vízgazdálkodási osztályvezetőként, majd főosztályvezetőként dolgozott,

1969-től nyugdíjazásáig a VIZDOK tudományos tanácsadójaként tevékenykedett. Az 1970-es években a bajai Vízgazdálkodási Főiskolán is oktatott. „*Mérnöki elegancia, tartás, kedélyesség és kiegyensúlyozottság*” – így jellemezte őt az egykori oktatótárs Halász Rudolf (szóbeli közlés). Tudományos munkássága (publikációi, szerkesztései, nemzetközi elismertsége, külföldi akadémiai tagsága), tudományos szervező és oktató tevékenysége egyaránt kiemelkedő jelentőségű.



2. kép. Lászlóffy Woldemár (középen) Hartyányi Lászlóval és Ihrig Dénessel ül a Szarvasi arborétum padján, 1956. április 20-án (Forrás: Duna Múzeum 1956)

Picture 2. Woldemár Lászlóffy (middle) sitting with László Hartyányi and Dénes Ihrig on the bench of the Szarvas Arboretum, April 20, 1956. (Source: Danube Museum 1956)

NEMCSAK SZAKKÖNYVEKET OLVASOTT, KÖNYVTÁRAT RENDEZETT

Az 1930-as évek elején Lászlóffy a Vízirajzi Intézet szétosztott, közel 4000 kötetből álló könyvvállományát rendezte, a két világháború közötti vízügyi szolgálat jeles személyisége, kiemelkedő vezetője, Sajó Elemér támogatásával katalogizálta is azokat.

A gyakorlat igényeit tartotta szem előtt. „*Hiszen a rendezett, használható könyvtár, a tudás tárháza is a gyakorlatot szolgálja.*” – fogalmazott a vele készített interjúban (Kósa 1981). Az őt jól ismerő mérnök társai – a könyvtár anyagában szerzett szakmai ismereteit értékelve, – tréfásan csak „vízügyi lexikonként” hívták ezekben az években. 1942-ben egy betegség hosszú időre ágyhoz kötötte, amit ő maga nem betegségként, hanem tanulmányi szabadságként élt meg. Ekkor olvasta el Dante Isteni Színjátékát is. Egy „kultúrában élő kultúrmérnök” képe bontakozik ki előttünk.

A VÍZMESTERTANFOLYAM ELŐADÓJA

Az 1870-es években a nagy vízszabályozási munkálatok első üteme véget ért, a figyelem a szabályozás nyomán jelentkező új problémák megoldására: a belvízvédelem megszervezésére, az ármentesített területek hasznosítására és az aszálykárok elkerülésére irányult.

A feladatok állami irányítását a kultúrmérnöki hivatalok látták el, ahol a munka műegyetemi diplomával rendelkező kultúrmérnökök irányításával folyt.

A kultúrmérnökök mellett szükség volt segédszemélyzetre, az ún. vízmesterekre, illetve azok képzésére is. A tervezői és vezetői feladatok a kultúrmérnökökre, a végrehajtás, a „terepmunka”, a helyi lecsapolási vagy más kisebb vízmunkák művezetése, elvégeztetése a vízmesterekre várt.

A vízmesteri feladatok ellátása fegyelmettséget és rendszeret igényelt. Ezért – amint arról a Magyar Mezőgazdasági Múzeum és Könyvtár Szakoktatás-történeti Gyűjteményében őrzött 1899-es szervezeti szabályzat (1899) is tudósít – a képzésbe előszeretettel vették fel katonai műszaki alakulatok tartalékos altisztjeit is.

A századelőn Kassán folyt ilyen jellegű képzés, a két háború közötti időszakban Budapesten (egy rövid ideig Miskolcon) indítottak vízmestertanfolyamokat (Dóka 1980; Gerencsér 2020; Tanai 2020).

Az első bécsi döntést követően ismét Kassán, a Kassai Kultúrmérnöki Hivatal felügyelete alatt a Bethlen körúti épületben oktatták a vízmester növendékeket 1944-ig. Erőről Georg J. Halasi-Kun, a Columbiai Egyetem tanszékvezető hidrológiai tanárának, a kassai vízmesteriskola egy-

kori vezetőjének a Magyar Vízgazdálkodás főszerkesztőjéhez, László Ferenchez írt leveléből (1986) is értesülhetünk. Gábris Mihály (maga is egykori kultúrmérnök) az 1983-ban az MTA meghívására Budapestre érkező Halasi-Kun beszámolóját figyelembe véve írt cikket a kassai vízmesteriskola történetéről (Gábris 1986).

Az oktatói kar kultúrmérnökökből állt. Az 1929–31-es budapesti vízmestertanfolyam előadói között – ezt a korabeli tárgyleírásból tudjuk – Lászlóffy neve is feltűnt. A tárgyleírásban, – mely a Környezetvédelmi és Vízügyi Levéltárban a Kassai Vízmesteriskola iratai (1879-1947) között található – Lászlóffy a gyakorlati mértan, a talajismeret és rétmívelés előadójaként szerepelt.

HAGYATÉKFELTÁRÓ MUNKA A MAGYAR VÍZRAJZI SZOLGÁLAT MEGALAPÍTÓJÁRÓL

Lászlóffy Woldemár az írásaiban (de az oktatásban is) a vízgazdálkodási témák történeti háttérének bemutatására törekedett.

A hidrometria magyarországi történetéről szóló, Fejér Lászlóval közösen jegyzett kötete (Fejér és Lászlóffy 1986), vagy Vásárhelyi Pálról írt cikkei mellett kiváló példa erre a magyar vízrajzi szolgálat megalapítójáról, Péch Józsefről közölt 1979-es tanulmánya (Lászlóffy 1979) – Péch József és munkájának emlékezete születésének 150. évfordulójára –, melynek különlenyomata a Lászlóffy-hagyatékban is olvasható.

Egyrészt Péch József írásaira alapozva papírra vetett gondolatai, másrészt az örökösökkel való levelezése, munkakapcsolata Kosáry Domokossal – aki ebben az időszakban a bányászati szakirodalom jeles képviselőjének, a testvérnek, Péch Antalnak a munkásságát kutatta, – jelzi azt, hogy Lászlóffy a történészek sziszifuszi forrásfeltáró munkáját is elvégezte.

A hagyatékfeltáró munka eredménye a szabadságharcban Bem mellett harcoló, a neoabszolutizmus idején igaz hazafiként hivatalt nem vállaló, sokáig – Lászlóffy elnevezése szerint – ún. baráber-mérnöként, azaz az elnyomatás

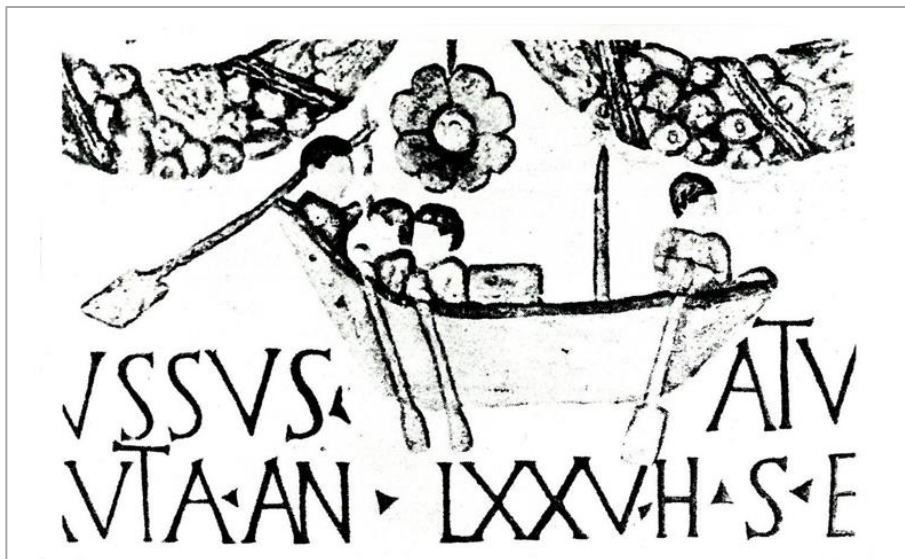
miatt az egyik munkahelyről a másikra vándorló mérnökként dolgozó Péch József életútlemzése. Azé az emberé, aki az 1879-es szegedi árvíz után az 1886-ban alapított Vízrajzi Osztály vezetőjeként maradandó érdemeket szerzett a vízjelző szolgálat – különösen az árvízelőjelzés – terén.

STRABONT IDÉZTE, A RÓMAIAK TISZAI HAJÓZÁSÁRÓL ÍRT

Lászlóffy kutatómunkáját a társtudományok képviselőivel folytatott rendszeres párbeszéd és egyeztetés jellemezte. Ennek egyik kései példája az 1980–1982 között született *A rómaiak hajózása a Tiszán* című kiadatlan tanulmány (Lászlóffy 1982b), amely szintén a Környezetvédelmi és Vízügyi Levéltár őrizetében lévő Lászlóffy-hagyaték egyik értékes darabja.

Az írás az 1982-ben megjelent nagyszabású művének, a Tisza monográfia (Lászlóffy 1982a) körül végzett kutatásoknak lehetett – részben – az egyik oldalága, ugyanakkor maga Lászlóffy így vall indíttatásáról tanulmánya záró soraiiban: „*Tanulmányom a Vízépítés-, vízgazdálkodás- és hidrológia-történeti munkaközösséghez (Studienkreis für Geschichte des Wasserbaus, der Wasserwirtschaft und der Hydrologie) fűződő két évtizedes kapcsolataim gyümölcse. A munkaközösség egyik bukaresti tagjának, K. G. Reichnek az egykori Maros-hajózásra vonatkozó, rövid kéziratot közleménye ébresztette fel érdeklődésemet a rómaiak idejében szükségképpen feltételezett tiszai hajózás iránt [...]*”. A munkaközösséget egyébként 1963-ban Martin Eckoldt (1910–2003) vízépítő mérnök alapította a koblenzi Szövetségi Hidrológiai Intézet kebelében.

A tanulmányban felhalmozott tudásanyag rendkívül nagy és kiterjedt kutatómunkát sejtet, hiszen az ókori Tiszára vonatkozóan rendkívül szegényesek az adataink. Lászlóffy az elején megszólaltatja az egyedüli ránk maradt irodalmi forrást a témában, a görög Strabon Kr.e. 27–25 között készült munkáját, a *Geographika*-t: „[...] a géták és dákok földjén »keresztül folyik a Marisos (Maros) a Danuviosba (Duna). Ezen szállították a rómaiak a hadi készleteket.«” (Strabon: *Geographika*, VII.3.13.).



3. kép. Róma-kori folyami hajó egyik típusa, a dereglye. Mainzban talált, I. századbeli sírkőről készített rajz. (Forrás: Lászlóffy Woldemár 1982b)

Picture 3. Roman river boat, the longboat. A drawing of a first-century tombstone found in Mainz. (Source: Woldemár Lászlóffy 1982b)

Az ókori szerző által Marosnak (illetve Maros mellékfolyójának) vélt és nevezett vízfolyás alatt az Alsó-Tiszát kell érteni. A Maros az egész tanulmány vezérfonala; a Tiszát nem vették birtokba a rómaiak (nem véletlenül, mert árvizes-mocsaras területét nem igazán tudták hasznosítani), s Dacia hajdani határa is messze húzódott tőle, s így – adatok hiányában – Lászlóffy a Marosról fennmaradt régészeti források alapján feltárja a Tiszán folytatott hajdani hajózás technikai lehetőségeit, annak gazdasági és társadalmi hátterét, továbbá a vízi szállítást, a forgalmat.

A mintegy 15 oldalnyi terjedelmű tanulmány először magát Dacia tartományt mutatja be, külön fejezetrészt szentelve a provincia gazdasági értékeinek, a Maros jelentőségének az áruk behozatalában. Előbbiekből, továbbá a Maroson való hajózás technikai lehetőségeiből, az azon történő víziszállítás eszközeiből, a forgalom lebonyolításából következtet a tiszai hajózás mibenlétére. A tanulmány kevés illusztrációt tartalmaz, viszont gazdag szakirodalomra épít.

Amellett, hogy felhasználta a magyar régészet múlt század eleji jeles alakjainak – Cserni Bélának, Téglás Gábornak – témába vágó tanulmányait, az adatgyűjtés érdekében kiterjedt levelezést folytatott számos tudományág akkori művelőjével. Különösen kiemelendő Mócsy Andrással, az ELTE régészeti tanszékének akkori vezetőjével, a határon túli kollégákkal, – így Virág János temesvári mérnökkel – továbbá az előzőekben említett, Eckoldt által alapított német munkaközösség életrehívójával folytatott eszmecsereje.

ÖSSZEZÉS

A két Lászlóffy-kézirat tartalmi kibontása rávilágít a szerző forráskritikai alaposággal végzett munkájára, melynek eredménye a vízgazdálkodási ismeretek tudáskörének szélesítése volt.

Ha végigolvassuk a Lászlóffy levéltári hagyatékában szereplő publikációk és előadások címjegyzékét, még gazdagabb kép tárul elénk. Lászlóffy az 1930-as évektől az 1980-as évekig az írásai tudatosan emelte be a vízgazdálkodás történeti összefüggéseit. Példaként említhetjük a vízrajzi szolgálat gazdasági-műszaki vonatkozásaival foglalkozó „*A vízrajzi tevékenység közgazdasági jelentősége és a hidrológia tudománya*” című kéziratát (Lászlóffy é.n.), vagy akár a magyar vízügy múltja egyik legjelesebb alakjának méltatását, „*Vásárhelyi Pál, a honfoglaló*” című rádióelőadásában (Lászlóffy 1946).

A rómaiak tiszai hajózásáról szóló munkája (Lászlóffy 1982b) pedig azért újszerű, mert egy olyan témát karolt fel, ami akkoriban nemcsak a vízügy múltjában, történetében, hanem az ókortudomány területén is hiánypótló volt.

Történeti kutatásai a szerteágazó „kapcsolati háló” és interdiszciplináris volta miatt is példaértékűek. E vizsgálódások eredményei pedig szervesen épültek be Lászlóffy oktatói munkájába is.

IRODALOMJEGYZÉK

Böhm W. (1932). A vízrajzi tevékenység közgazdasági jelentősége és a hidrológia tudománya. Kézirat. Lászlóffy Woldemár iratai. Környezetvédelmi és Vízügyi Levéltár (=KVL) XXXI. 8.

Dóka K. (1980). A magyarországi vízmesterképzés múltjából. Vízügyi Közlemények, 62. évf. 1. füzet. pp. 97-108.

Ellmers, D. (2003). Dr. Martin Eckoldt (1910-2003). Deutsches Schifffahrtsarchiv, 26, pp. 7-19. URL: https://www.ssoar.info/ssoar/bitstream/handle/document/52438/ssoar-dsa-2003-ellmers-Dr_Martin_Eckoldt_1910-2003.pdf?sequence=1&isAllowed=y (letöltés: 2021. 12.12.).

Fejér L. (2018). Lászlóffy Woldemár. In: Ágoston István -Fejér László: A nemzet inzellérei III. Vízmérnökök élete és munkássága XIX-XX. sz. Alsó-Tisza Vidéki Vízügyi Igazgatóság. Szeged.

Fejér L., Lászlóffy W. (1986). A hidrometria magyarországi fejlődése (1700-1945). Vízügyi Történeti Füzetek 13. VIZDOK, Budapest.

Gerencsér Á. (2020). Vízmesterképzés Magyarországon a XIX. század közepén. Hírscatorna, 2020/1. sz. pp. 86-90.

Gábris M. (1986). A vízügyi centenáriumiok és a volt kassai vízmesteriskola. Magyar Vízgazdálkodás. 1986/5. pp. 18-19.

Kósa Cs. (1981). A vízépítő országot épít. Beszélgetés Dr. Lászlóffy Woldemárral. Magyar Vízgazdálkodás, 1981. évi 9. sz. pp. 20-22.

Lászlóffy W. (é.n.). A hidrográfia Magyarországon és a külföldön (tartalomjegyzék). Vízrajzi Könyv (kézirat). KVL XXXI. 8. Lászlóffy Woldemár iratai.

Lászlóffy W. (1946). Vásárhelyi Pál, a honfoglaló (rádióelőadás). KVL XXXI. 8. Lászlóffy Woldemár iratai.

Lászlóffy W. (1979). Péch József és munkájának emlékezete születésének 150. évfordulójára. A Vízügyi Közlemények 1979. évi 1. füzetéből készült különnyomat. KVL XXXI. 8. Lászlóffy Woldemár iratai. /Péch József 1829-1902 iratok/

Lászlóffy W. (1982a). A Tisza. Vizi munkálatok és vízgazdálkodás a tiszai vízrendszerben. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Lászlóffy W. (1982b). A rómaiak hajózása a Tiszán. KVL XXXI. 8. Lászlóffy Woldemár iratai.

Nováky B. (2003). A fajlagos lefolyás térképezésének dr. Lászlóffy Woldemár által kidolgozott módszere és annak eredményei. Hidrológiai Közöny, 2003. 3. szám, pp. 136-138.

Somogyi S. (2003). Dr. Lászlóffy Woldemár, a szakíró és szerkesztő – egy társtudomány szemszögéből. Hidrológiai Közöny, 2003. 3. szám, pp. 133-135.

Szesztay K. (2003). Dr. Lászlóffy Woldemár hidrológiai munkássága. Hidrológiai Közöny, 2003. 3. szám, pp. 129-132.

Tanai A. (2020). A vízügyi szakképzés múltja – A kassai vízmesteriskola. Vízmérce. https://vizmerce.blog.hu/2020/12/11/a_vizugyi_szakkepzes_es_multja_a_kassai_vizmesteriskola (letöltés: 2021. 12.06.)

Vágás I. (2003). A hidrológia és matematika kapcsolata dr. Lászlóffy Woldemár szemléletében. Hidrológiai Közöny, 2003. 3. szám, pp. 139-140.

*** (1879-1947). Kassai Vízmesteriskola iratai 1879-1947. KVL VIII. 2.

*** (1928-1982). Lászlóffy Woldemár iratai. KVL XXXI. 8. 2. doboz. Előadások és tanulmányok kéziratjai (magyar és idegen nyelven) 1928-1982.

*** (1986). Georg J. Halasi-Kun levele László Ferencnek. Duna Múzeum. 28.65.64_Halasi-Kun.

*** (1899). Kassai M. Kir. Vízmesteri iskola szervezeti szabályzata (Darányi). Magyar Mezőgazdasági Múzeum és Könyvtár, Szakoktatás-történeti Gyűjtemény (SZO) 76. pp. 2.

*** Duna Múzeum 24.980.3. Lászlóffy Woldemár.

*** (1956). Duna Múzeum. 24.980. 9_Lászlóffy Woldemár.

SZERZŐK



ALBERT GÁBOR történész, 2003-ban fejezte be PhD doktori tanulmányait az ELTE BTK XIX-XX. századi Magyar Történeti Doktori Iskolában. Munkahelye a Magyar Mezőgazdasági Múzeum és Könyvtár. Kutatási területe: agrár szakoktatás-történet, történelemtanítás-történet.



FARKAS ILDIKÓ levéltáros. Munkahelye a Környezetvédelmi és Vízügyi Levéltár. Kutatási területe: vízügy-történet.



Ember és víz

- Fejezetek a vízgazdálkodás történetéből -

Leonardo példája a folytonosság törvényére

Leonardo da Vinci (1452-1519) – feljegyzéseinek tanúsága szerint – helyesebben képzelte el és fogalmazta meg a nyíltfelszíni medrekben történő vízmozgás törvényszerűségeit, mint bárki előtte és kortársai közül. Rendszerint minden megfigyelését, kísérletét maga végezte és mindig természetes körülmények között. Több esetben írt a szabadfelszíni vízmozgásról és teljesen világos képe volt a folytonosság törvényéről, amelyet a következő szemléletes, ma is helytálló analógiával magyarázott meg:

"Képzeljünk el egy utcát, amelyiknek három szomszédos, egymásban folytatódó szakasza különböző szélességű, az első a legkeskenyebb, negyed olyan szélességű, mint a második, az pedig fele olyan széles, mint a harmadik, mindhárom utcaszakasz tömve van egymás mellett szorosan, folyamatosan tovább haladó emberekkel, amíg a legszélesebb szakaszon haladó emberek egyet lépnek előre, odáig a középső szakaszon lévőek kettőt, a legkeskenyebben lévőek pedig nyolcat, ez az arány megmarad bármilyen mozgásnál, amely különböző szélességű szakaszokon halad át ..."

SzL.

Történelmi pillanatkép

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

A robbantásos árvízi jégtörés kezdetei hazánkban

Fejér László (E-mail: fejerla@gmail.com)

Kivonat:

A dinamit feltalálása után (1867) hazánkban is új eszközt próbáltak a szakemberek folyami jégtorlaszok megbontására. A különféle bombák/torpedók alkalmazása kezdetben inkább sikertelen, mint sikeres megoldásoknak tűntek. Az 1879-es jeges árvizek alkalmával két feltaláló, Hamar Leó és Zubovics Fedor próbálkozott a Dunán, illetve a Berettyón a korabeli sajtó figyelmétől kísérve. Kudaruk azonban nem vette le az árvízi védekezés ezen eszközét a napirendről, s a földművelésügyi tárca 1902. évi költségvetésében már külön tételként jelent meg a jégrobbantásokra fordítható összeg.

Kulcsszavak

Vízügyi történelem, jégrobbantás, árvízvédekezés.

Szakmai körökben még korábban felbukkant az a szóbeszéd, hogy az 1838. évi pest-budai árvíz során a budai várból, avagy a Gellért hegyről ágyúval lötték volna a Csepel-szigetnél megtorlódott jeget, hogy azt megbontva elősegítsék az áradás levonulását, de erre nem találtunk adatot. Ágyúdörrenés csakugyan hallatszott a Várból a vész napjaiban, erről Széchenyi is megemlékezett naplójában, de ez megállapodás szerinti figyelmeztető lövés volt, amely a menekülésre szólította fel a városlakókat (*Kaján szóbeli közlése*).

A gondolat persze előkerült az árvíz után is. Gróf Andrassy György a Magyar Tudós Társaság segítségével pályadíjat tűzött ki „Budapestnek árvíz elleni megóvásáról” témára. Az Andrassy-féle pályadíjra jelentkező egyik pályázó dolgozatában a robbantásos árvízi jégtöréssel foglalkozott, de ezt a bíráló bizottság sem vette komolyan. A beérkezett pályaműveket és Gáty István, valamint Győry Sándor bírálatait 1845-ben könyv formában is megjelentették.

A jég robbantással történő eltávolítása/leúsztatása, vagy legalábbis felszabdálása azonban – a dinamit szabadalmaztatását (1867) és elterjedését követően – újból a szakmai érdeklődés középpontjába került. Mint Európában számos helyen, úgy Magyarországon is történtek kísérletek az alkalmazására.

Az egykori napilapok szerint már 1876-ban történtek próbálkozások a dunai árvíz jégtorlaszainak robbantással történő megbontására. Nagy László „Az 1876. évi árvizek” című munkájában megemlíti, hogy február elején a gerjени jégtorlasz dinamittal történő szétrepesztésére – Jankovics Miklós miniszteri biztos jelenlétében – Hoiny János cs. kir. mérnökhelyettes vezetésével háromszori sikertelen kísérletet tettek (*Nagy 2007*). Dolecskó Mihály (1839-1913), a komáromi folyammérnöki hivatal főnöke egy 1879-ben megjelent cikkében (*Dolecskó 1879*) hívta fel a figyelmet, hogy ezek a kísérletek – kivéve, ha azokat csak kis jégfelületeknél alkalmazzák – vajmi kevés sikerrel járhatnak. „S ha nem tudjuk kivárni, hogy a nap melege egész kiterjedésében lazítsa fel a jeget, akkor nálunk az igazi megoldást a jégtörő hajók bevetése jelentheti.” Hogy Dolecskó mérnök miért érteke-

zett a témáról, annak kiváltó oka az volt, hogy Hamar Leó (1828-1885) fizikatanár- és feltalálónak sikerült rávenni a közmunkaügyi minisztériumot, pontosabban szólva a Közmunka- és közlekedésügyi Minisztériumot, amely Péchy Tamás vezetésével a témában érintett folyammérnöki hivatalok munkáját is irányította, hogy a dinamitot, valamint ellenpróbaként puszkaporos-hársfaszenes keverékkel töltött „torpedó”-ját kipróbálhassa a dunai jeges árvíz alkalmával. Ez utóbbi keverékkel töltött robbanótest alkalmazásának az volt az alapja, hogy míg a dinamitos robbantás esetén a sokkalta gyorsabban lejátszódó folyamat a jeget közvetlenül próbálja törni – a jég alatti puszkaporos keverék viszont lassabban robban és a felszabaduló energiával, valamint a keletkező gázokkal a víz hullámlását annyira kívánták fokozni, hogy az a jég töréséhez vezessen. A robbantó szerkezetet feltaláló társával, Moser Lajos (1819-1907) egykori honvédőrmaggyal együtt készítették.

Hamar Leóról tudni kell, hogy ő a kor egyik ismert hazai feltalálója volt, de találmányai (Vízmerő óra, forgó gőzgép, „villany-delejes” – elektromágneses – vasúti kocsikerék fékező, forgatási gőzmozdító stb., mindezeket 1868-ban szabadalmaztatta.) többnyire – bár időnként, esetről esetre sikert is aratott velük – elmerültek a feledés homályában. A minisztérium Zsák Hugót (1841-1915), a budapesti folyammérnöki hivatal főnökét rendelte ki melléje kísérőnek, már csak azért is, hogy egy tapasztalt, de nem túl idős mérnök legyen a segítségére a vidéki szakszemélyzet irányításában.

Az első robbantási kísérlet – amelyet Hamar 1879. február 5-én Gemenc alatt Érsekcsanádnál, az összefüggő jégtorlasz legalsó végénél hajtott végre – sikertelen maradt. Zsák Hugó távirati jelentéséből (*Zsák 1879*) tudjuk, hogy a kb. 200 méteres jeget, amelynek mélysége 3-4 m mélyre is lehúzódott, Hamar mintegy 50 kg-os robbanótöltettel próbálta megmozdítani.

Ahogy Zsák leírta, a robbantás közel 10 méteres körzetben repesztette meg a jeget, de ez az egész jégfelületet nem hozta mozgásba. A robbantott jégdarabok felrepültek a levegőbe, aztán visszaesve a jégre hamarosan újra hozzáfagytak. Hamar – Zsák Hugó segítségével – az ezt kö-

vető napon még egy kísérletet tett. Február 6-án Foktónél, az ottani zátonynál kialakult torlaszon több, különböző méretű töltet egyidejű robbantásával próbálkozott, de vállalkozását itt sem kísérte siker (Moser 1879). Ezután – tekintve, hogy a próbálkozásokhoz felhasznált anyag- és munkaköltség tetemesre rúgott – Hamar befejezettek nyilvánította a kísérletet. „A dunai meddő jégrobbantások kísérlete 2400 ftba került a kormánynak; ez is kár a mai szűk időben”, így írt a Fővárosi Lapok 1879. 02. 11-i száma (Fővárosi Lapok 1879a).

Hamar Leó a továbbiakban sem hagyott fel robbantási műveleteivel, hiszen néhány évvel később, 1882-ben már ott találjuk a Gerster Béla által vezetett Korintusz-csatorna építkezésénél, ahol a földszoros átmetszésénél a sziklarobbantásoknak ő a vezetője, és itt használják az általa feltalált elektromos robbantó gépet (Fővárosi Lapok 1882).

Azonban nemcsak Hamar Leó foglalkozott jégrobbantással abban az időben. A hazai huszárság „fenegyereke” Zubovics Fedor főhadnagy – ugyancsak a kormányzat által felkérve – a Berettyón kialakult jeget próbálta robbantással mozgásba hozni. Zubovics Fedor (1848-1920) kalandos életű huszártiszt, közismert, vagy inkább hírhedt párbajhős, távlovagló, a hazai társasági élet rendkívüli sportteljesítményekre képes figurája, aki számos hadi találmánya révén vált ismertté.

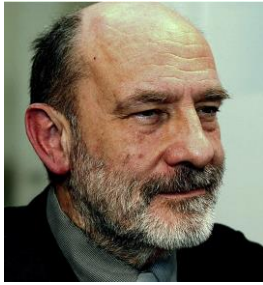
A korabeli napilap (Fővárosi Lapok 1879b) a következőket írta Zubovics vállalkozásáról: „Szeghalomról írják, hogy a Zubovics Fedor által a Berettyón véghezvitt jégrobbantások hajmeresztő látvány voltak; Zubovics és társa életveszély közt létrán másztak le a jégtorlaszok közé, s helyezték el az aknákat; alig értek ki s futottak pár száz lépésnyire, fölrobbant a tömérdek dinamit; az eredményről nincs hír.” Mint Hamar Leó mellett Zsák Hugót, úgy Zubovics mellett Szarvassy Arzént, a gyulai folyam-mérnöki hivatal fiatal mérnökét bízta meg a kormányzat, hogy a próbálkozást figyelemmel kísérje. Az itteni kísérlet sem vezetett eredményre, úgyhogy az eseményről több tudósítás már nem született.

Ugyanakkor, egy év múlva Zubovics mégis sikerre vitte robbantási vállalkozását. A Duna újabb jeges árvize ezúttal Bécsben okozott gondot. „A bécsi Duna-átmetszés torkolatánál összetorlódott jégtömbök fölrobbantásának eszméjével már jó ideje foglalkoznak. Zubovics főhadnagy tegnapelőtt megnyerte a Duna-szabályozó-bizottság beleegyezését és támogatását, sajátágosan konstruált torpedók segítségével ily robbantás eszközésére. A torpedók meggyújtása villannyal történt. A torpedók elhelyezése és az egész előkészület több órát vett igénybe, úgy, hogy csak két órakor délután fogtak az akna fölrobbantásához. Az alig hallható dörrenés után két hatalmas vízoszlop mintegy tíz méternyi magasságra szökött föl, s nagymennyiségű jégdarabot dobott egész a tülso partra. A robbanás következtében két krátterszerű nyílás képződött, melyből mindkét part felé hosszú, mély hasadékú repedések képződtek, melyeken át a víz felszínre jutott. A repedések hossza körülbelül 1500 méter lehet. A robbantás eredménye a jelenvolt szakemberek által kielégítőnek jelentetett ki és Zubovics főhadnagynak ki is fejezték elismerésüket.” (A HON 1880)

Ezt követően hosszabb ideig nem került szóba a jégrobbantás kérdése. Ám amikor 1891-ben a dunai jeges áradás levonult az országon és a Budapest alatti mohácsi szakaszon egyre-másra torlódni kezdett a jég, „valamelyik hazai lap reáutalt azokra a jégrobbantásokra, melyeket a francia kormány a Rajnán ugyanazon évben végeztetett és mintegy szemrehányásként felemlítette azokat a kedvező eredményeket, a melyeket a Szajrán ezekkel a robbantásokkal elértek.” (Gazdasági Mérnök 1893). A kérdés felborzolta a hivatali kedélyeket és Kvassay Jenő előterjesztésére gr. Bethlen András földművelésügyi miniszter felkérte a német, illetve porosz, francia és holland kormányokat, hogy tájékoztassák a magyar felet mindazon árvízi jégrobbantásokról, amiket az elmúlt időkben végrehajtottak, s számoljanak be a sikerekről, kudarcokról és a végrehajtás módozatairól. Csodák-csodájára az érintett külföldi szakerek rendben megküldték a kért ismertetéseket, amikről aztán a hazai szakmai közönséget a Magyar Mérnök- és Építész-Egylet 1893-ban rendezett szakülésén Faragó Lipót (1855-1908), az FM Tiszai ügyosztályának főmérnöke tájékoztatta. Az ülésen rajta kívül felszólalt Zsák Hugó, Dolecskó Mihály és Bertalan Lajos (1838-1901) főmérnök, a FM Dunai ügyosztályának főnöke és beszámoltak a hazai kezdeményezésekről, melyeket 1876., 1879., 1880. években a Dunán Gerjennél és Baja felett az érsekcsanádi torlasznál, valamint a Körösön és a Maroson foganatosítottak és mindezeket összehasonlították az ismertetett külföldi munkákkal. Faragó utalt arra a lényeges különbségre, mely a külföldi példákban említett és a hazai folyók között van, nevezetesen nálunk az eltérő éghajlati viszonyok miatt nehezebb körülményekkel kell zajlás idején megküzdeni. De ugyanakkor állította, hogy kedvező viszonyok között hasonló előkészületekkel, rendszeres eljárással, komoly anyagi áldozatokkal és alkalmas időben tett intézkedésekkel, mint amilyenekkel Francia- és Németországban dolgoztak, nálunk is – különösen a kisebb folyókon – élt lehet élni. De azt azért hozzátette, számos esetben a külföldi példák nem hasonlíthatóak azzal a kedvezőtlen helyzettel, amelynek következtében nálunk – különösen a Dunán – felülről lefelé szokott megindulni a jég és lépten-nyomon torlasz képződik, s amellyel szemben, különösen az idő rövidsége miatt, külföldön is tétlenül várnak, hogy a víz emelkedésével a torlasz megmozduljon.

Az utókornak ezek után nem maradt más hátra, mint a veszedelmes jégtorlódási helyeket folyószabályozási művek építésével felszámolni – amennyire lehetett, hatékony jégtörő flottát létrehozni és nem feledkezni meg a jégrobbantás eszközeinek, technológiáinak fejlesztéséről.

Ez utóbbival kapcsolatban még egy történeti adalék: nem véletlen, hogy a Darányi Ignác vezette földművelésügyi tárca 1902. évi költségvetésében a következő tétel is szerepelt: „A vízszabályozási munkálatok hitelénél új tétel a jégrobbantások költségeire előirányzott 20.000 korona, a mely hitelrészlet a folyó év telén végzett kísérletek alapján vétetett fel, a mely kísérletek beigazolták, hogy jég torlódások megelőzése szempontjából, árvízvédelmi szempontokból, a jégrobbantások fontos jelentőséggel bírnak.” (Magyar Nemzet, 1901).



FEJÉR LÁSZLÓ okl. vízépítő mérnök (BME 1974), a vízügyi közgyűjtemények ny. igazgatója, az MHT Vízügyi Történeti Bizottságának, valamint a Magyar Mérnöki Kamara Történeti Bizottságának elnöke, az MHT tiszteleti tagja.

IRODALOMJEGYZÉK

Dolecskó M. (1879). Torpedók vagy jégtörő-hajók. *A Hon*, 1879. 02. 15.

Moser L. (1879). A jég-robbantási próbák érdekében! *A Hon*, 1879. 02. 25.

Nagy L. (2007). Az 1876. évi árvizek. KVVM

Szászhelyi P. (1956). A dunai jeges árvízről, *Hidrológiai Közlöny* 36. évf. 3. sz.

Tóth F. (2020). Jeges árvizek elleni védekezés évszázada I., *Védelem Tudomány, Katasztrófavédelmi online tudományos folyóirat*. V. évfolyam, 2. szám, 4. hó. pp. 151-176.

Zsák H. (1879). Az árvízről. *A Hon*, 1879. 02. 05.

*** *A Hon* (1880). Jégrobbantás a Dunán. 1880. 02. 20.

****Fővárosi Lapok* (1879a) 1879. 02. 11.

****Fővárosi Lapok* (1879b). 1879. 02. 14.

****Fővárosi Lapok* (1882) 1882. 08. 25.

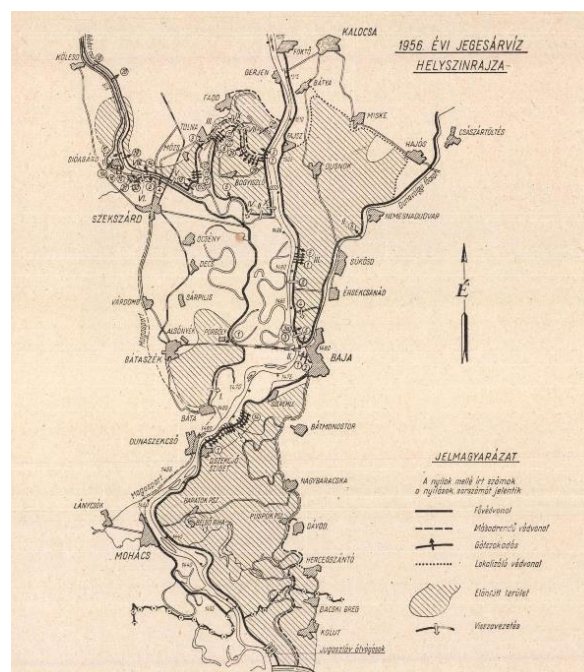
****Gazdasági Mérnök* (1893). A jégrobbantásokról. 1893. 02. 12.

*** *Kaján I.* szóbeli közlés

****Magyar Nemzet* (1901). A földművelésügyi költségvetés. 1901. 11. 26.

TÖRTÉNETI KIEGÉSZÍTÉS

A legnagyobb jeges árvíz, amely döntő mértékben meghatározta a jégvédekezésre való felkészülés nagyságát és módszereit, 1956 tavaszán tört az országra (*Tóth 2020*).



1. ábra. Az 1956-os jeges árvíz (Szászhelyi 1956)



2. ábra. Katasztrófa - Árvíz - Jégrobbantás a Dunán (MTI-FOTO 1956)

A 2. ábrán látható, amint Budapesten, 1956. március 6-án robbantáshoz készítik elő a megakadt jeget a Kossuth hídnál. A zajló Duna elöntötte az alsó rakpartot. A Kossuth híd – a Kossuth és a Batthyány tér között – a második világháborúban felrobbantott budapesti Duna-hidak részbeni

pótlására épült 1946. január 15-én, Mistéth Endre tervei alapján. A kivitelezéshez szükséges vasat a háborús törmelésekből válogatták össze. 1957-ben forgalmon kívül helyezték, majd 1960-ban lebontották. Helyét az egykori pesti és budai hídfőnél emlékkő jelöli (MTI-FOTO 1956).

IRODALOMJEGYZÉK

Szászhelyi P. (1956). A dunai jeges árvízről, Hidrológiai Közlöny 36. évf. 3. sz.

Tóth F. (2020). Jeges árvizek elleni védekezés évszázada I., Védelem Tudomány, Katasztrófavédelmi online tudományos folyóirat. V. évfolyam, 2. szám, 4. hó. pp. 151-176.

***MTI-FOTO (1956). <https://archivum.mtva.hu/photobank/item/MTI-FOTO-UGRud3R3d0ZSNWJwSy9HVHdGRkIOQT09>

Könyvismertetés

**Dr. Szlávik Lajos: Az 1970. évi Tisza-völgyi árvíz
Vízügyi Közlemények Emlékkötet. Kiadó az Országos Vízügyi Főigazgatóság, Budapest, 2020.
207 oldal, 32 ábra, 16 táblázat, 91 fénykép**

Az Országos Vízügyi Főigazgatóság 2020. évtől újra indította a nagy múltú – szünetekkel 1879-től kiadott – folyóiratot, a **Vízügyi Közleményeket**. Az új sorozat két értékes emlékszámmal indult. Az egyiket Kvassay Jenő születésének 170. évfordulójára állították össze, a másikat

az 1970. évi Tisza-völgyi árvízre emlékezve. Ez utóbbi kötet szerzője, Szlávik Lajos (PhD) okleveles mérnök-hidrológus, Professor Emeritus, egyetemi magántanár, a Magyar Hidrológiai Társaság elnöke, aki egyúttal a **Vízügyi Közlemények szerkesztője is**.



Az árvizes emlékkötet megjelentetésének több indoka is volt. Egyrészt 2020. évben emlékeztünk meg a nagy árvíz 50. éves évfordulójáról, másrészt a szerzőnek szubjektív indítéka is lehetett. Ugyanis 1970. júliusában pályá-

kezdő hidrológus mérnökként került Nyíregyházára, a Felső-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatósághoz, ahol akkor még javában zajlottak a katasztrófa során bekövetkezett károk helyreállítási munkálatai. A fiatal szakembernek – a

vízrajzi tevékenység szervezése és irányítása mellett – fontos feladata volt az 1970. május-júniusi árvíz hidrológiai feldolgozása is.

Az 1970. évi Tisza-völgyi árvizet követően a szakemberek több mint száz tanulmányban dolgozták fel az árvíz eseménytörténetét, lefolyását, tanulságait és tapasztalatait, amelyek 1971-1972-ben négy gyűjteményes kötetben jelentek meg. A Szerző ezek alapján, egy átfogó, összegző elemzést szándékozott összeállítani, amely a tanulságokat és a tapasztalatokat napjainkban is értékelhető, alkalmazható, felhasználható formában mutatja be. Mindemellett a Szerző a fellelhető eredeti szöveges dokumentumok és fényképanyag felhasználására törekedve, anyaggyűjtés céljából például Nyíregyházára, a Felső-Tisza-vidéki Vízügyi Történeti Gyűjteményhez is ellátogatott, ahol lehetősége nyílt az árvízvédekezés idején készült eredeti feljegyzéseket, elemzéseket, az árvízvédelmi naplót, fotódokumentációt újra megtekinteni.

A Vízügyi Közlemények Emlékkötetének több mint kétszáz oldala 11 fejezetre tagolódik. Az első két fejezet, összesen 48 oldalon a Tisza vízgyűjtő jellemzőinek ismertetését, az ármentesítési munkák és az árvizek hidrológiájának bemutatását, valamint az 1970. évi árvíz hidrometeorológiai előzményeit foglalja össze. A 3-8. fejezetekben részletezi a Szerző az 1970. május-júniusi árvízvédekezés operatív munkálatait az egyes Tisza szakaszokon, illetve a mellékfolyókon (Túr, Szamos, Kraszna, Berettyó, Körösök, Maros), azaz az érintett hat vízügyi igazgatóság működési területén. Az árvíz okozta óriási károknak megfelelően a legnagyobb terjedelmet (46 oldal) a Tisza-Szamos-Kraszna köz árvízvédekezésének szenteli.

A 9-10. fejezet az 1970. évi Tisza-völgyi árvízvédekezés műszaki és szervezési intézkedéseinek összefoglalását, értékelését és az 53 napos árvízvédekezés eseménynaptárát mutatja be. Ebből a részből többek között megtudhatjuk, hogy a Felső-Tiszán az I. fokú árvízvédelmi készültséget május 13-án rendelték el és a Tiszán és mellékfolyóin a III. fokú készültség július 4-én került megszüntetésre.

„Az 1970. évi árvíz emlékezete” című 11. fejezetben a térség városaiban, falvaiban, az árvíz és a helyreállítási munkák után felavatott emlékművek, emléktáblák, továbbá a témában megjelent riportkönyvek kerülnek ismertetésre.

A Forrásmunkák jegyzéke mintegy 8 oldalon 171 tételben az árvizet, árvízvédekezést, a bekövetkezett károkat, az érintett terület földrajzát, hidrológiáját, árvízmentesítési munkálatait tartalmazó szakmai közlemények, illetve könyvek adatait sorolja fel. Ezek között – a hazaiak mellett – a Tisza romániai vízgyűjtőréseire tizenkettő, a jugoszláv területre vonatkozóan pedig egy közlemény található.

A szöveg illusztrálására döntően korabeli tanulmányokban közölt ábrákat és táblázatokat, továbbá közel száz fekete-fehér és színes fényképet használ fel a Szerző.

Az összefoglaló és egyben a könyv zárómondata szerint:

„A fél évszázaddal ezelőtti eseményeket felidézve tisztelgünk a magyar árvízvédelem egy nagy nemzedékének képviselői, ikonikus személyiségei, a védekezést szervező, irányító, végrehajtó vízimérnökök emléke előtt, akik közül sajnos ma már csak kevesen vannak az élők sorában.”

„Az 1970. évi Tisza-völgyi árvíz” című emlékkötet, illetve szerzője, 2021. évben méltán nyerte el a Magyar Hidrológiai Társaság Vitális Sándor Szakirodalmi Nívódíját. Megjegyezzük, hogy Szlávik Lajos 1985, 1997, 1999, 2001 után immár ötödik alkalommal kapta meg ezt a magas szakmai elismerést.

Az emlékkötetet ajánljuk minden olyan kutatónak, szakembernek és érdeklődőnek, aki az 1970. évi árvízről átfogó, szakmailag megalapozott ismeretet szeretne szerezni.

*Dr. Konecsny Károly
főszerkesztő-helyettes*

Könyvismertetés

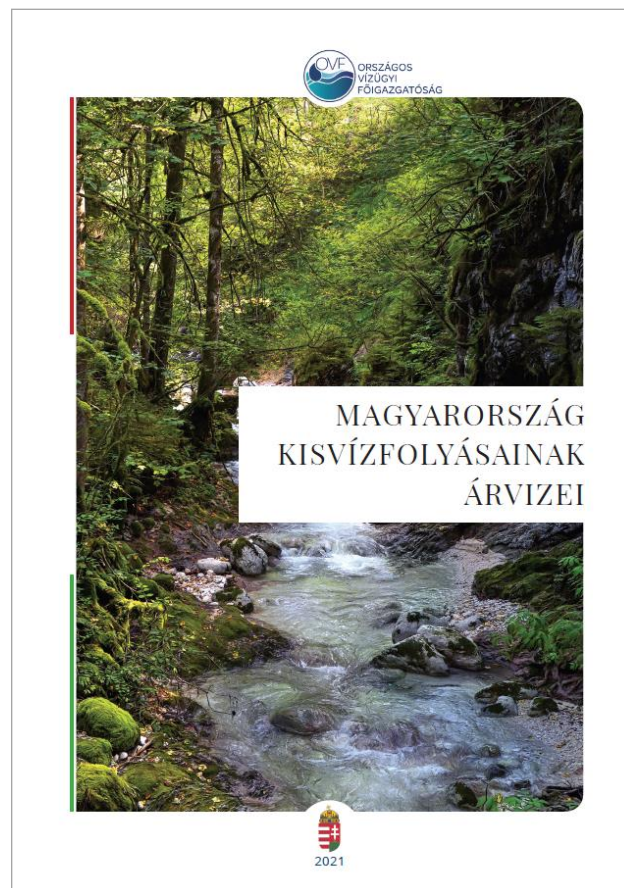
Koris Kálmán és társai: Magyarország kisvízfolyásainak árvizei

Kiadó az Országos Vízügyi Főigazgatóság, Budapest, 2021.

Nyomtatott verzió: 345 oldal, 107 fénykép, 102 ábra és 106 táblázat.

A könyv első az empirikus árvízszámításról szóló fejezete híven tükrözi a hazai módszerek gazdagságát. Mégis mi tette szükségessé új módszertan kidolgozását? Az elmúlt két-három évtizedben nyilvánvalóvá vált, hogy a hagyományos árvízszámítási módszerek már nem mindig alkalmazhatók. Olyan extrém árvizek keletkeztek kisvízfolyásainkon, amelyek korábban ismeretlenek voltak. Ugyanakkor az is nyilvánvalóvá vált, hogy az adatsorok bővültek és azokban már fellelhetőek a klímaváltozás hatásai, a szélsőségek irányába történő elmozdulás. Ez a tény időszerrév és szükségessé tette, hogy az egyébként igen gazdag hazai empirikus árvízszámítási módszertan megújuljon.

További indok, hogy ezen a területen a megelőzés, az előrejelzés és a védekezés is sajátos hozzáállást, speciális megoldásokat követel a vízügyi szakmától. Feladatok jelennek meg az önkormányzatoknál, hiszen sok esetben ők felelősek az árvízvédekezésért, azonban nincs elegendő vízügyi szakemberük. A megelőzés itt azt jelenti, hogy rendelkeznek olyan cselekvési (települési vízkárelhárítási) tervekkel, amelyek kész megoldásokat tartalmaznak a szélsőséges helyzetekre, így lerövidítik a beavatkozási időt. A létrejött tervezőműhelyek sokasága, azok egységes szemléletű gondolkodása különösen indokolja a módszertan megújulását.



Napjainkban már rendelkezésre állnak az OMSZ raderképei, órás előrejelzései, amelyek nem csak a vízkészlet-gazdálkodási feladatainkat támogatják, hanem a szélsőségek elleni védekezést is. A vízügyi igazgatóságok szakembereinek műszaki irányítást is kell biztosítaniuk annak érdekében, hogy a beavatkozásokkal elkerüljék, vagy minimalizálják a kárt. A kisvízfolyásoknál hatványozottan igaz, hogy költséghatékonyabb a felkészülés és a megelőzés intézményrendszerének a meg-

erősítése. A hirtelen megjelenő árvíz kevés időt hagy a gondolkodásra, a helyzetelemzésre, a megfelelő döntések meghozatalára. Felkészültnek kell lennünk, ismernünk kell vízfolyásainkat, a települési vízkárelhárítási terveket, és persze ismernünk szükséges a védekezésben résztvevőket is, a védelemvezetőket és a társszervek vezetőit. Vízfolyásaink így nem a veszélyforrásokról lesznek ismertek, hanem esztétikus megjelenésükről válhatnak kedvelté.

A könyv kiemelkedő szerepet játszik a hazai tározás biztonságos tervezésében. Rendkívül fontos ugyanis, hogy miközben sokszor részben árvízvédelmi céllal létesítünk tározókat azok a jövőben ne árvízi veszélyhelyzet kihirdetésétől váljanak ismertté, hanem az adott térség biztonságos és esztétikus vízbázisaként gondoljon rájuk a közvélemény.

Az Országos Vízügyi Főigazgatóság kérte fel dr. Koris Kálmánt egy szakkönyv és segédlet elkészítésére. Az elmúlt évtizedek tapasztalatai alapján a könyv keretein belül kimunkálásra került dombvidéki kisvízfolyásaink katasztere, felmérve a jellemzőiket, értékelve a viselkedésüket.

Minden védekezéshez kell egy támpont, jelen esetben az, hogy kisvízfolyásainkon mekkora árvizekre és milyen tartóssággal számolhatunk. Számos olyan esetet látunk, amikor egy villámárvíz levonulás pánikszerű ijedtséget vált ki a döntéshozókból. Választ keresnek a megoldásra, legyen az a meder bővítése, vagy záportározó építése. A döntéshozatalnál kiváló iránymutatást ad ez az egységes szemléletű könyv.

A könyv szerzője dr. techn. Koris Kálmán (BME), szakszerkesztő: dr. Balatonyi László PhD. (OVF), a könyv megírásában közreműködő szakemberek: Bálint Márton (VIZITERV Environ), Filutás István (VIZITERV Environ), Horváth Gábor (Dél-dunántúli VIZIG), Kerék Gábor (Észak-dunántúli VIZIG), dr. Koris Kálmán ifj. PhD (BME), Kovács Péter (Észak-magyarországi VIZIG), Simonics László (Közép-dunántúli VIZIG), Somogyi Péter (Nyugat-dunántúli VIZIG), Takács Zita (Közép-Dunavölgyi VIZIG) és Varga György (OVF).

Láng István főigazgató (Országos Vízügyi Főigazgatóság) előszavát követően a bevezető fejezet keretein belül áttekintésre kerül az árvízhozam számítás történetisége a múlt század elejétől Bogdánfy Ödön módszerén keresztül, Korbély Sándoron át egészen a racionális módszertanig.

Az „Árvízi adatgyűjtemény, és az adatok statisztikai feldolgozása” című első fejezet dombvidéki kisvízfolyások éves nagyvízhozamának adatgyűjteményét, az idősorok, függetlenség- és homogenitás vizsgálatát és az árvízhozamok eloszlásvizsgálatát tartalmazza.

A második fejezet, „Az új árvízszámítási segédlet”, a hidrológiailag feltáratlan magyarországi hegy- és dombvidéki kisvízfolyások különböző előfordulási valószínűségű árvízhozamainak meghatározására alkalmas. A segédlet a hegy- és dombvidéki területeket hat régióra osztja fel, melyek a következők: Észak-magyarországi lefolyási régió, Budapest-környéki lefolyási régió, Észak-dunántúli lefolyási régió, Közép-dunántúli lefolyási régió, Dél-dunántúli lefolyási régió és Nyugat-dunántúli lefolyási régió. Az alkalmazható vízgyűjtő-nagyságok pedig $10 \div 6\,000 \text{ km}^2$ közöttiek.

A könyv utolsó fejezete, a „Kisvízfolyások történelmi árvizei Magyarországon 1875-2020”, egy komoly hiánypótló összegzést tartalmaz. Ebben a páratlan értékű fejezetben került bemutatásra az a lista, ami a kisvízfolyásainkon levonuló jelentősebb árhullámokat tartalmazza. A fejezet a klasszikusnak mondható 1875. évi budapesti Ördögárok villámárvizével kezdődik, majd ezt követően huszonnyolc árhullám kerül ismertetésre.

A Magyarország kisvízfolyásainak árvizei című szakkönyv két formában készült el. Egyrészt nyomtatott verzióban (ISBN 978-615-5825-02-06) 345. oldal terjedelemmel, másrészt elektronikus verzióban is (978-615-5825-03-3) 753. oldalon, mivel az elektronikus verzió tartalmazza az egyes vízügyi igazgatóságok működési területére eső dombvidéki kisvízfolyások nagyvízhozamainak idősorát és a trendvonalakat tartalmazó grafikonjait, eloszlás függvényekkel és táblázatokkal.

A könyv digitális formában az alábbi linken érhető el: https://vpf.vizugy.hu/reg/ovf/doc/koris_balatonyi.pdf

*Dr. Kertai István
a Vízügyi Tudományos Tanács tagja
VIZITERV Consult Kft.
Szaktanácsadó*

Könyvismertetés

Dr. Jolánkai Géza VIZESKÖNYV című kötete a szerző értékelése szerint „egy vén vízmérnök életrajzi elmékedése vizeink mennyiségi, minőségi és ökológiai állapotáról és a lehetséges menekülési utakról”.

A Vízügyi Tudományos Tanács „Jövőépítés a vízgazdálkodásban” című könyvsorozatának ötödik kötetét veheti kezébe az Olvasó, és a sorozat e legújabb darabja részben rendhagyó is.

Jolánkai Géza e könyv lezárásának idején már közel két éve eltávozott, ám kimagasló és világszerte ismert kollégánk hátrahagyott egy teljes önéletrajzi írást, amelynek kiadhatóvá szerkesztését örömmel vállalta a Tudományos Tanács.

Jolánkai Géza ugyanis nem csupán a szakmai közönségnek szánta memoárját, ezért a szigorú értelemben vett vízsakmai részeket rövidebben érinti, inkább a tőle megszokott színes, történetmesélős stílusban ír a számára kedves vagy éppen megrázó eseményekről – mind saját életét, mind a magyar vízügy (elsősorban a VITUKI) elmúlt fél évszázadát tekintve. A könyvet épp ezért nem kizárólag a vízmérnök-társadalomnak, hanem a vizeket, vizes élőhelyeket kedvelő, azok jövőjéért felelősséget érző, a vízügyi történelemre nyitott olvasóknak ajánljuk.

A Szerző maga írja a könyv előszavában: „Már vagy két éve izgat-noszogat az a gondolat, hogy kéne írni egy vizeinkről szóló szakkönyvet, de egy kicsit másképp, olvasmányosítva, jópofásítva, hogy el lehessen adni (ha nem is pénzért, de szélesebb olvasói körben, mint egy szűk szakkönyvet). Bármilyen rossz fényt is vet rám ez az ügy bevallom, hogy nem olyan szakkönyvet akarok írni, ami nevemet öregbíti ..., hanem olyat, ami szórakoztató, ötletes, kicsit szakmai, kicsit csak úgy sztorizó ...”

A könyv így is indul. Az első fejezet bemutatja gyermekkorát és ifjúkorát egészen az egyetemi évekig, majd az első valódi munkájáig, mely rögtön Ghánába repítette az ifjú mérnököt. Hazatérte után, 1966-ban lépett be a VITUKI-ba, ahol nyugdíjazásáig dolgozott (2. fejezet). Kezdetben Muszkalay László „szárnyai” alatt dolgozott (nem rossz kezdés egy ifjú mérnöknek), majd – miután beleásta magát az elkeveredés modellezésébe – dr. Benedek Pál átvitte a Vízügyi Minőségvédelmi Intézetébe. Itt indult Géza „nemzetközi karrierje”. Számos nemzetközi projektben vett részt, illetve lett azok vezetője. Az első ilyen, WHO által finanszírozott, projekt tette lehetővé, hogy egy hosszabb amerikai (USA) tanulmányúton vehessen részt. Az itt szerzett, illetve megerősített tudása alapozta meg a vízminőségi modellezés és az ökohidrológia iránti elkötelezettségét.

Hazatérve, további életének legfontosabb és legszeretettebb projekt-sorozatát kezdte el: a Balaton kutatását, melybe beletartozik a Kis-Balaton, a Zala és további, kisebb mellékvízfolyások vizsgálata is.

A 3. fejezetet a VITUKI-ban folytatott kezdeti tevékenységének szentelte. Tevékenységet írtam, hiszen a fejezet első pár oldala a VITUKI sporttelepével és az ott folytatott akti-

vitással foglalkozik. Ezután tér át az UNESCO és a magyar állam által támogatott nemzetközi hidrológiai tanfolyamra, melyet a világ minden részéről származó hallgatók látogattak. Az angol nyelvű tanfolyamot 38 évig rendezte meg a VITUKI és Jolánkai Géza majdnem végig oktatott ott. A másik rendszeres oktatási tevékenysége az ELTE TTK Természetföldrajzi Tanszék megbízásából szervezett hidrológiai képzésen volt. A fejezet további részében nagy nemzetközi projektekről esik szó, melyekben Géza fontos szerepet játszott. Ezek közül kiemelte a KGST és az UNESCO keretében végzett munkákat. Ez átmenetet is képez a 4. fejezethez, mely további, bőséges betekintést ad az 1990-es évek pezsgő kutatási életébe.

Az 5. fejezet ismét egy kis kitérőt tesz Jolánkai Géza oktatási tevékenységébe, de ezúttal a brüsszeli Vrije Egyetem IUPWARE tanfolyamán, ahol vízminőségi modellezési előadásokat tartott. A fejezet érdekessége, hogy egy rövid betekintést is ad a belgiumi mindennapokba.

A 6. fejezet Jolánkai Gézának a Bős (Gabcikovo)-Nagymarosi kapcsolatos „rémtörténetben játszott (pozitív, de morgós) szerepét mutatja be. Szakmai kudarcként élte meg a Szerző, hogy az általa vezetett VITUKI-s munkacsoport által készített, mintegy 1000 oldalas kutatási jelentésre egy pillantást sem vetettek az „illetékesek”.

A 7. fejezet főállású pályafutásának utolsó projektjeiről emlékezik meg. Itt esik szó az első, általa „vezetett” (az idézőjel magyarázata a könyvben) EU által finanszírozott projektről, mely a Zalával foglalkozott. Ezt követte a Tisza River Project és a ClimateWater Projekt, melyben már valóban Jolánkai Géza játszotta a főszerepet.

A 8. fejezet egy szomorú megemlékezés a VITUKI végnapjairól, ahogy Jolánkai Géza látta.

A 9. fejezet a Szerző elképzeléseit sorolja a vízgazdálkodás előtt álló nagy kihívások megoldására. Tekintettel arra, hogy saját bevallása szerint sem tekinthető szakértőnek a vízgazdálkodás minden vonatkozásában a fejezet csak néhány fontosabb kérdéssel foglalkozik és csak a kézirat lezártáig (2016-17) terjedő időszakot vizsgálja.

A könyvet az igen gazdag irodalmi munkásságot bemutató publikációs jegyzéke zárja.

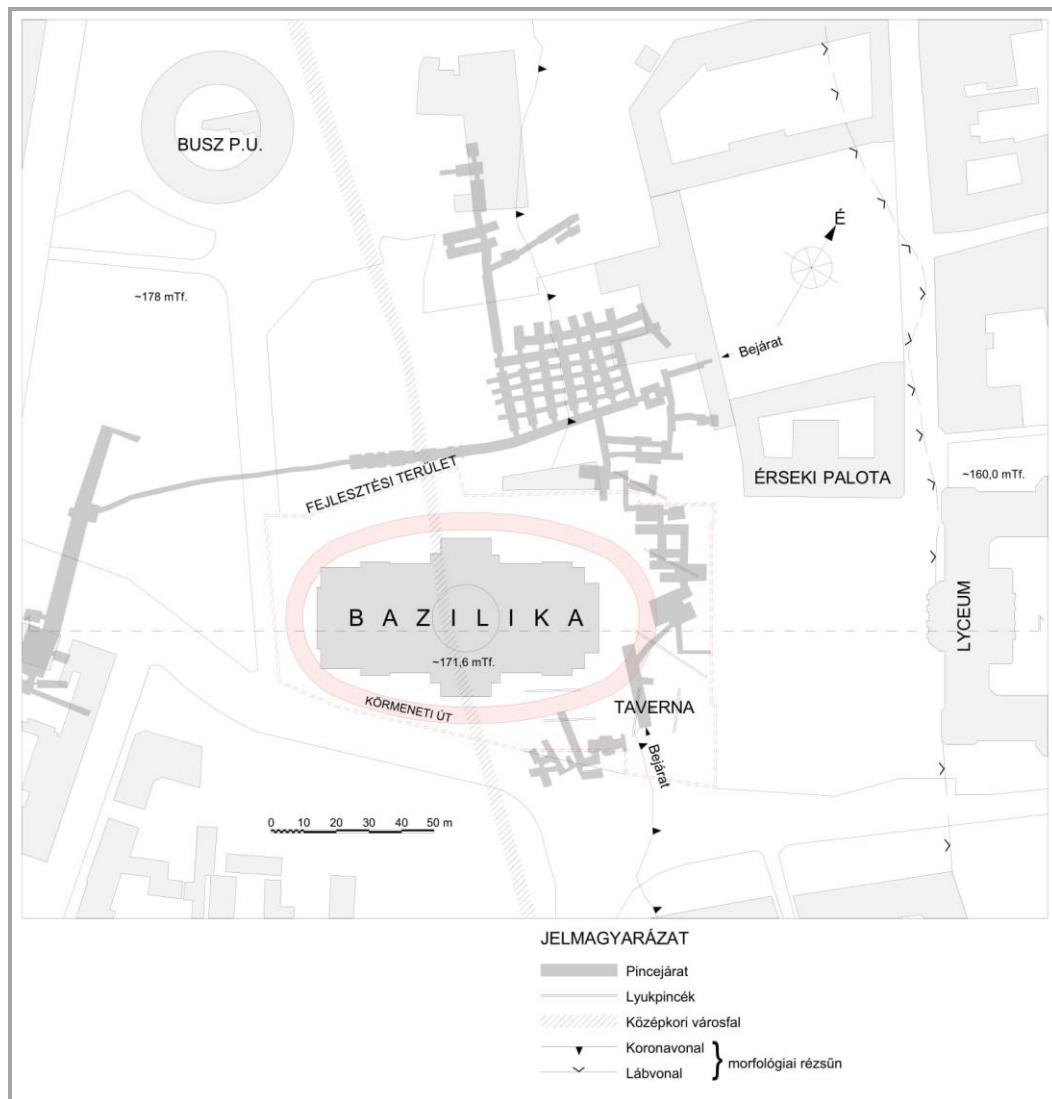
A könyv az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) Vízügyi Tudományos Tanácsának kezdeményezésére, az OVF támogatásával, B5 formátumban jelent meg. Szerkesztette: dr. Bakonyi Péter és dr. Ijjas István
Kiadó: Typotex, Budapest, 2021
ISSN 2786-2879
ISBN 978 963 493 1645

*Dr. Bakonyi Péter
a Hidrológiai Közlöny szerkesztőbizottságának tagja*

Helyreigazítás

A Hidrológiai Közöny 101. évfolyamának 4. számában megjelent, „Szlabóczky Pál: Hidrogeológiai és mérnökgeológiai kérdések az Egri Bazilika és a Bélháromkúti Apátság felújításánál” című cikk képanyagának helyreigazítása.

A Hidrológiai Közöny 101. évfolyam 4. számának 54. oldalán található 1. ábrán a nyomtatásban nem látható a kép lényegét képező pincehálózat. Ezért az alábbiakban közöljük a megfelelő ábrát:



A kellemetlenségért elnézést kérve, a szerzőnek köszönetet mondunk, hogy felhívta figyelmünket a hibára.

Dr. Major Veronika
a Hidrológiai Közöny főszerkesztője

Nekrológ



Életének 82. évében elhunyt Rémai János okleveles mérnök (ÉKME 1963), okleveles vízellátási, csatornázási és egészségügyi szakmérnök (BME 1971).

Negyven éves életpályáját teljes egészében a vízügyi szolgálatban töltötte el. Szakmai pályafutását 1963-ban a Pécsi Vízügyi Igazgatóság (utóbb Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság) Vízrendezési osztályának műszaki ügyintézőjeként kezdte, 1968-ban építésvezető, 1969–1972 között pedig a Vízellátási és csatornázási osztály csoportvezetőjeként szolgált.

A Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság védelmi szervezetének tagjaként részt vett az 1965-ös dunai, és az 1970-es tiszai árvízvédekezésekben. 1973-tól 1993-ig a Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság Vízellátási és csatornázási osztályának csoport-, majd osztályvezetője, később főosztályvezető-helyettese volt.

A Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság védelmi szervezetének tagjaként részt vett az 1965-ös dunai, és az 1970-es tiszai árvízvédekezésekben. 1973-tól 1993-ig a Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság Vízellátási és csatornázási osztályának csoport-, majd osztályvezetője, később főosztályvezető-helyettese volt.

1993–2003 között – nyugdíjazásáig – a Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium Vízgazdálkodási főosztályának vezetője; 2003-tól 2011-ig pedig az Országos Környezetvédelmi és Természetvédelmi Főfelügyelőség, illetve a Vízügyi és Környezetvédelmi Központi Igazgatóság szakmai főtanácsadója volt.

1983–1986 között a Mezőgazdasági és Élelmiszerügyi Minisztérium és a TESCO (1962-ben alapított magyar külkereskedelmi vállalat) kiküldöttjeként Algériában öntözési szakértőként dolgozott. Minisztériumi megbízatása mellett 1994–2003 között a Duna-menti Regionális Vízmű Rt. igazgatótanácsának elnöki feladatait is ellátta.

A kétoldalú nemzetközi vízügyi kapcsolatok terén 1995–2003 között a magyar–horvát, valamint a magyar–

RÉMAI JÁNOS

1940. február 2. – 2021. december 8.

szlovén vízgazdálkodási bizottságok meghatalmazott helyettese volt.

Szakmai munkásságának fő területei az igazgatóságoknál a vízjogi feladatok ellátása mellett a vízgazdálkodási és víziközmű társulatok megalakulásának szervezése, tanácsok, ipari- és mezőgazdasági üzemek szakmai tevékenységének felügyelete volt. Minisztériumi beosztása idején munkája felölelte az EU-csatlakozás víziközműveket érintő fejezetének előkészítését, a társminisztériumokkal történő együttműködést; a víziközművekkel kapcsolatos jogszabályok előkészítését, valamint az állami tulajdonú regionális víziközmű vállalatok szakmai felügyeletét.

Tevékenységét számos hazai és külföldi szakmai kitüntetéssel ismerték el. 1970-ben Kiváló Dolgozó lett, 1978-ban és 1988-ban Kiváló Munkáért kitüntetést kapott. 1998-ban megkapta a KHVM Vásárhelyi Pál díját.

2003-ban a Magyar Köztársasági Ezüst Érdemkereszt kitüntetés indoklása így szólt:

„a vízügy érdekében négy évtizeden át végzett magas színvonalú szakmai, vezetői munkájáért, különös tekintettel a vízbázis védelem, az ivóvíztisztítási, a szennyvízelvezetési és –tisztítási célprogramok elkészítésében kifejtett tevékenységéért!”

1997–2018 között a Magyar Víz-és Szennyvíztechnikai Szövetség (MaSzeSz) elnökségi tagja volt. 1994-től részt vett a MTA Vízgazdálkodástudományi Bizottságának munkájában is. A Magyar Hidrológiai Társaság 1963 óta köszönthette tagjai között, ahol közreműködött az Ipari vízgazdálkodási Szakosztály, a Vízellátási Szakosztály és a Csatornázási-szennyvíztisztítási Szakosztály munkájában is. Kiemelkedő tevékenységéért 2012-ben Pro Aqua kitüntetésben részesült.

Emlékét kegyelettel megőrizzük!

*Dr. Szlávik Lajos
a Magyar Hidrológiai Társaság elnöke*

Nekrológ

DR. IVICSICS FERENC

1930. február 2. – 2021. október 23.



Életének 92. évében elhunyt dr. Ivicsics Ferenc, okleveles mérnök (BME 1952), egyetemi doktor (BME 1969), a Budapesti Műszaki Egyetem vasdiplomás mérnöke.

1952–1954 között tanársegéd az Agrártudományi Egyetem Kultúrtechnikai Tanszékén, 1954-től a MÉLYÉPTERV tervező mérnöke, 1959–1996 között a VITUKI munkatársa, osztályvezetője.

Sokrétű érdeklődése kiterjedt a szennyvíztisztítás tervezési feladataira; az öntözőrendszerek üzemeltetési kérdéseire, hidraulikus anyagszállításra, a robbantás vízépítési alkalmazására, a szivárgási kérdésekre, valamint a talajmechanikával és a résfalépítéssel kapcsolatos kutatásokra.

Az 1970-es évektől az új vízépítési mélyépítési termékek és technológiák engedélyezésével, továbbá minőségvédelmi kérdésekkel, környezetvédelemmel, szabványosítással foglalkozott. Nyugdíjba vonulása után, 1997-től az OVF szakértőjeként végezte szakmai feladatait.

Meghívott előadóként részt vett a szakmérnök-képzésben és mérnök-továbbképzésben. Mintegy 30 szakcikket, tanulmányt publikált. Fordítói tevékenysége során számos szakcikket fordított le, valamint közreműködött kiadványok és könyvek (pl. a Vízrendezés, a Nomográfia) fordításában.

Tagja volt a Magyar Minőség Társaságnak és a Magyar Mérnöki Kamara Vízgazdálkodási és Vízépítési Tagozatának, ahol a Minősítő Bizottság elnöke volt.

1952. április 25-től, több mint 69 éven át volt tagja a Magyar Hidrológiai Társaságnak, 1980–1993 között a Vízépítőipari szakosztály titkára, majd 1994-től 2006-ig elnöke volt. 2015-től töltötte be az MHT Fegyelmi és Etikai Bizottságának elnöki tisztségét.

Számos szakmai kitüntetéssel ismerték el mérnöki-tudományos tevékenységét. A Magyar Mérnöki Kamara Zielinski Szilárd-díjának, a Vízgazdálkodási Tagozat Signum Aquae plakettjének, valamint a vízgazdálkodás legmagasabb állami kitüntetésének a Vásárhelyi Pál-díjnak tulajdonosa. Kiemelkedő társasági tevékenységéért 1989-ben Pro Aqua Emlékérem kitüntetést kapott, 1997-ben Bogdánfy Ödön Emlékéremben részesült. 2018-tól az Magyar Hidrológiai Társaság Tiszteleti tagjaként köszönthettük.

Dr. Ivicsics Ferentől, a kiemelkedő tudású mérnöktől, a tisztelt VITUKI-s kollegánktól és egy igaz embertől búcsúzunk.

Emlékét kegyelettel megőrizzük!

*Dr. Szlávik Lajos
a Magyar Hidrológiai Társaság elnöke*

KÜLDETÉSÜNK A TUDÁS!

12 FÓRUM – 100 ELŐADÁS



maszesz

Magyar Víz- és
Szennyvíztechnikai
Szövetség



Szövetségünk kiemelt célja a szakmai tudásmegosztás. Ezért, küldetésünknek megfelelően, 2022-ben is színvonalas fórumokat teremtünk a tudásátadásnak. Ám eltérően az eddigi gyakorlattól a Webináriumaink ingyenesen elérhetőek lesznek.

Az online előadásainkat négy téma köré csoportosítva szervezzük:

- Minden, ami energia
- Az ellátás biztonsági kérdései
- A települési vízgazdálkodás kihívásai
- Alaptudás szinten tartása

Tájékozódjon a MaSzeSz honlapján (www.maszesz.hu) és a FACEBOOK (Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség) oldalán az előadások időpontjáról és kapcsolódjon be webináriumainkba.