

HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY

Fejlesztések keretét megadó államigazgatási, kormányzati struktúra fejlesztési tervei

Szell Kálmán Terv

Magyary Zoltán
Közigazgatás-
fejlesztési Program

Nemzetpolitikai
Stratégia

Új Széchenyi Terv

Irinyi Terv

Fejlesztéspolitikát megalapozó stratégiák

Országos Fejlesztési
és Területfejlesztési
Koncepció

Nemzeti
Energiastratégia

Nemzeti
Vidékstratégia

Nemzeti Fenntartható
Fejlesztési Stratégia

Nemzeti
Éghajlatváltozási
Stratégia

Nemzeti Reform
Program

Nemzeti
Turizmusfejlesztési
Koncepció

Nemzeti Vízstratégia
Kvassay Jenő Terv

Nemzeti
Környezetvédelmi
Program

Semmelweis Terv

Országos
Közfoglalkoztatási
Programok

Ágazati tervek és programok

A MAGYAR HIDROLÓGIAI TÁRSASÁG LAPJA • 97. ÉVF. 4. SZÁM • 2017
HUNGARIAN JOURNAL OF HYDROLOGY • VOL 97. NO 4. • 2017





Hidrológiai Közlöny

A Magyar Hidrológiai Társaság lapja
Megjelenik háromhavonként

F szerkeszt :
Fehér János

Szakszerkeszt k:
Ács Éva
Konecsny Károly
Nagy László

Szerkeszt bizottság elnöke:
Szöllősi-Nagy András

Szerkeszt bizottság tagjai:
Ács Éva, Baranyai Gábor, Bezdán Mária,
Bíró Péter, Bíró Tibor, Bogárdi János,
Csörnyei Géza, Engi Zsuzsanna, Fehér
János, Fejér László, Fekete Balázs,
Gampel Tamás, Gayer József, Hajnal
Géza, Ijjas István, Istvánovics Vera, Józsa
János, Kling Zoltán, Konecsny Károly,
Kovács Sándor, Major Veronika, Melicz
Zoltán, Nagy László, Rákosi Judit, Rátky
István, Román Pál, Szabó János Adolf,
Szilágyi Ferenc, Szilágyi József, Szilávik
Lajos, Szolgay János, Szűcs Péter, Tamás
János, Vágás István, Vekerdy Zoltán

Kiadó:
Magyar Hidrológiai Társaság
1091 Budapest, Üllői út 25. IV. em.
Tel: +36-(1)-201-7655
Fax: +36-(1)-202-7244
Email: titkarsag@hidrologia.hu
Honlap: www.hidrologia.hu
A Kiadó képviselője: Szilávik Lajos, a
Magyar Hidrológiai Társaság elnöke

Hirdetés:
Gampel Tamás, a Magyar Hidrológiai
Társaság f titkára
1091 Budapest, Üllői út 25. IV. em.
Telefon: (1)-201-7655 Fax: (1)-202-7244
Email: fotitkar@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

Tartalomjegyzék

Fehér János: Előszó	3
TÖRTÉNELMI PILLANATKÉP	
Fejér László: Egy dedikáció háttere	4
SZAKCIKKEK	
Nemzeti Vízstratégia (Kvassay Jenő Terv) - Összefoglalás	5
Szilágyi János Ede, Baranyai Gábor, Szűcs Péter: A felszín alatti vízkivételek liberalizálása az Alaptörvény és az európai uniós jog tükrében	14
Szigyártó Zoltán és Váradi József: Javaslat az árvízi szükség-tározók által tartott árvízszintekre	24
Mentes Gyula: Hidrológiai folyamatok hatása a dunai magaspártok mozgására	34
Fleit Gábor és Baranya Sándor: 3D numerikus modell igazolása komplex szabadfelszín-áramlások vizsgálatára	40
Nyíri Gábor, Zákányi Balázs, Szűcs Péter, Nagy Gábor, Kiss Tibor: Árvízvédelmi töltések, völgyzárógáták általjának hidraulikai modellezése és állékonyságvizsgálata	48
Nagy Judit, Kiss Tímea, Fiala Károly: Hullámtér-feltöltés és vizsgálata az Alsó-Tisza mentén: I. Hullámtér-szélesség és beömlő mellékfolyók hatása az akkumulációra	59
Székely Ferenc, Csepregi András, Izápy Gábor, Tóth Mária: Hozamváltási teszt hatásának modellezése a Tatabánya XV/C vízakna hatásterületén	67
NEKROLÓG	
Fazekas László – Bodnár Gáspár megemlékezése	75
Dr. Varga György – Kövendi-Veress Gyula megemlékezése	76



Hungarian Journal of Hydrology

Journal of the Hungarian Hydrological Society
Published quarterly

Editor-in-Chief:

János FEHÉR

Assistant Editors:

Éva ÁCS
Károly KONECSNY
László NAGY

Editorial Board Chairman:

András SZÖLL SI-NAGY

Editorial Board Members:

Éva ÁCS, Gábor BARANYAI, Mária BEZDÁN, Péter BÍRÓ, Tibor BÍRÓ, János BOGÁRDI, Géza CSÖRNYEI, Zsuzsanna ENGI, János FEHÉR, László FEJÉR, Balázs FEKETE, Tamás GAMPEL, József GAYER, Géza HAJNAL, István IJJAS, Vera ISTVÁNOVICS, János JÓZSA, Zoltán KLING, Károly KONECSNY, Sándor KOVÁCS, Veronika MAJOR, Zoltán MELICZ, László NAGY, Judit RÁKOSI, István RÁTKY, Pál ROMÁN, János Adolf SZABÓ, Ferenc SZILÁGYI, József SZILÁGYI, Lajos SZLÁVIK, János SZOLGAY, Péter SZ CS, János TAMÁS, István VÁGÁS, Zoltán VEKERDY

Publisher:

Hungarian Hydrological Society
H-1091 Budapest, Üll i út 25., Hungary
Tel: +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:

Tamás GAMPEL, Secretary General of the
Hungarian Hydrological Society
H-1091 Budapest, Üll i út 25., Hungary
Phone: +36-(1)-201-7655. Fax: +36-(1)-202-7244
Email: fotitkar@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

János FEHÉR: Foreword	3
HISTORICAL SNAPSHOT	
László Fejér: Background of a dedication	4
SCIENTIFIC PAPERS	
National Water Strategy (Kvassay Jen Plan) - Summary	5
János Ede SZILÁGYI, Gábor BARANYAI, Péter SZ CS: The liberalisation of the ground water withdrawal taking into account the Hungarian Constitution and the EU law	14
Zoltán SZIGYÁRTÓ and József VÁRADI: Proposal for flood levels maintained by flood reserve reservoirs	24
Gyula MENTES: Effect of hydrological processes on the movements of the Danube's high banks	34
Gábor FLEIT and Sándor BARANYA: Verification of a 3D numerical model to analyse complex free surface flows	40
Gábor NYIRI, Balázs ZÁKÁNYI, Péter SZ CS, Gábor NAGY, Tibor KISS: Hydraulic modelling and slope stability analysis of flood protection dykes, barrages and their subsoil	48
Judit NAGY, Tímea KISS, Károly FIALA: Floodplain aggradation along the Lower Tisza. Part I. The effect of active floodplain width and tributaries on accumulation	59
Ferenc SZÉKELY, András CSEPREGI, Gábor IZÁPY, Mária TÓTH: Modelling the effect caused by changing the production rate at the waterworks Tatabánya XV/C	67
OBITUARY	
László FAZEKAS by Gáspár BODNÁR	75
Dr. György VARGA by Gyula KÖVENDI-VERESS	76

El szó



A Magyar Kormány 2017. március 7-én fogadta el a Nemzeti Vízstratégiát és annak végrehajtását szabályozó intézkedési tervet. Mivel a Hidrológiai Közlöny fő célja a vízzel és vízgazdálkodással kapcsolatos magas szintű szakmai ismeretek közzététele, ezért a szerkesztés részéül fontosnak tartottuk, hogy ismereteket adjunk olvasóinknak erről a vízgazdálkodás keretstratégiáját 2030-ig meghatározó dokumentumról. A Nemzeti Vízstratégia teljes terjedelme 140 oldal, mely dokumentum megjelent a Magyar Közlönyben, valamint teljes szövege elérhető az interneten is: http://www.kormany.hu/download/6/55/01000/Nemzeti_Vizstrategia.pdf. Lapunk terjedelmi korlátait figyelembe véve olvasóinknak a Nemzeti Vízstratégia hivatalos Összefoglalóját adjuk közre, vezércikként.

Szakkikkek sorát a napjainkban élénk szakmai és társadalmi vízhangot kapott és vitát kiváltott témával nyitjuk. Egy 2017-es kormányzati javaslat a 80 méternél sekélyebb és házi vízigényt meg nem haladó vízkivételt biztosító vízellátási létesítmények létesítéséhez nem tenné szükségessé sem engedélyezési, sem bejelentési eljárás lefolytatását. *Szilágyi és társai* megvizsgálták a javaslat várható hidrológiai hatásait, majd pedig a magyar alkotmány és a kapcsolódó joggyakorlat, illetve az uniós jog és joggyakorlat szemszögéből elemezték azt. Következtetésük szerint a mentesítési kedvezmény elfogadása komoly aggályokat vet fel mind hidrológiai, mind jogi szempontból.

A 2000-es évek első évtizedének egyik legjelentősebb, az ország árvízvédekezési koncepcióját átalakító vízgazdálkodási döntése volt a Tisza vízgyűjtőjére vonatkozó Vásárhelyi Terv elfogadása és fokozatos megvalósítása. *Szilágyi Zoltán és Váradai József* közös cikke javaslatot tesz a Szolnok feletti magyarországi Tisza szakaszon eddig megépült hat árvízi szükségeltározó vízszinttartással történő üzemeltetési paramétereire. Statisztikai módszerekkel levezetik a szükségeltározók beeresztési vízszintjei tiszai szelvényében tartandó vízszinteket, és részletesen bemutatják, hogy az újabb adatok rendelkezésre állásakor miként kell a számításokat újból elvégezni. Hangsúlyozzák, hogy ha a tartandó vízszinteket a javasoltuk szerinti, egységes elven alapuló eljárással határozzák meg, úgy ezen értékeket természetesen nem csak a tározók üzemeltetésénél, hanem új tározók tervezésénél, és a már meglévő méreteinek az ellenőrzésénél, esetleges szükség szerinti módosításánál is figyelembe lehet venni.

A Duna magyarországi szakasza több helyen magaspartokkal szegélyezett. *Mentes Gyula* a dunaföldvári és a dunaszekcsi magaspartok dőlési és a hidrológiai folyamatok közötti összefüggéseket vizsgálata. Megfigyelésként kutak adatai alapján megállapította, hogy a talajvízszint változásainak hatása a magaspartok mozgásaira három-négy nagyságrenddel nagyobb, mint a Duna vízszintingadozásaié. A regressziós együtthatók és a magaspart stabilitása között feltárt kapcsolat hasznos lehet a csuszamlások elrejelzésére.

A numerikus hidrodinamikai modellezés jelentősen fejlődésen ment keresztül az elmúlt évtizedben. A kidolgozott matematikai és numerikus alapok nem csak az egydimenziós és kétdimenziós modellekre állnak ma már rendelkezésre, de a legújabb fejlesztésekkel kidolgozott számítógépes programok többfázisú rendszerek háromdimenziós szimulációját is lehetővé teszik. *Fleit Gábor és Baranya Sándor* tanulmányukban bemutatnak egy, a közelmúltban kifejlesztett hidrodinamikai áramlási modelleszközt és annak hidraulikai laboratóriumi célirányos tesztelésének eredményeit. A teszteket három sematikus, vízmérnöki területhez kapcsolódó mintaalkalmazásra végezték el, és ezek alapján szemléltették a napjainkban elérhető szoftverek képességeit.

Nyíri Gábor és társai tanulmányukban bemutatják három árvízvédelmi töltés és két völgyzárógát általajadottságaira és szivárgási viszonyaira vonatkozó vizsgálataik eredményeit, valamint a rézsűállékonysági modellezésben nyert megállapításait.

A XIX. századi ármentesítések során megépült árvédelmi töltések jelentősen lecsökkentették a folyók ártereinek szélességét és ezáltal felgyorsították a hullámtér feltöltődését. *Nagy Judit és társai* az Alsó-Tisza menti hullámtér feltöltődését vizsgálták a hullámtér-szélesség és a beömlő mellékfolyók hatásaként. Megállapították, hogy a feltöltődés következtében a hullámtér és a folyó vízszállító képessége jelentősen mértékben csökkent az Alsó-Tiszán.

A szakmai cikkek sorát *Székely Ferenc és társai* tanulmánya zárja, amelyben bemutatják a Tatabánya XV/C vízaknára végzett hozam-változási tesztet és a teszt eredményei alapján elvégzett modellezési számítások eredményét. Az egykori szénbányából fűrt csapoló kutakban változó hozamú szivattyúzást végeztek, ennek hatását részletesen két észleléskútban mérték. A mérések alátámasztották a függőleges átszivárgás jelentőségét, a sugárirányú heterogenitás hatását a szerkesztők a bi-zonális tároló modell alapján vették számításba. A WT kúthidraulikai és PEST kalibrációs szoftverek alkalmazásával végzett paraméterbecslés során jó illeszkedést lehetett elérni a mért és számított depressziók között.

A közelmúltban elhunyt két jelentős vízügyi személyiségről emlékezünk meg a Nekrológ rovatban. Az életének 77. évében elhunyt vízügyi igazgatóról, *Fazekas Lászlóról* utóda, a Felső-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság igazgatója, *Bodnár Gáspár* írt az elhunyt életútját részletesen bemutató nekrológot. *Kövendi-Veress Gyula* a 83. évében elhunyt, a vízügyi szakma több területén is eredményes alkotó munkát végzett *Dr. Varga György* életútját ismerteti nekrológiájában.

Végezetül, az év végéhez közeledvén a *Hidrológiai Közlöny* valamennyi olvasójának kívánok – szerkesztőbizottság tagjai nevében is – kellemes ünnepeket és sikereket gazdag, boldog, békés új esztendővel!

Dr. Fehér János
címzetes egyetemi tanár
a *Hidrológiai Közlöny* főszerkesztője

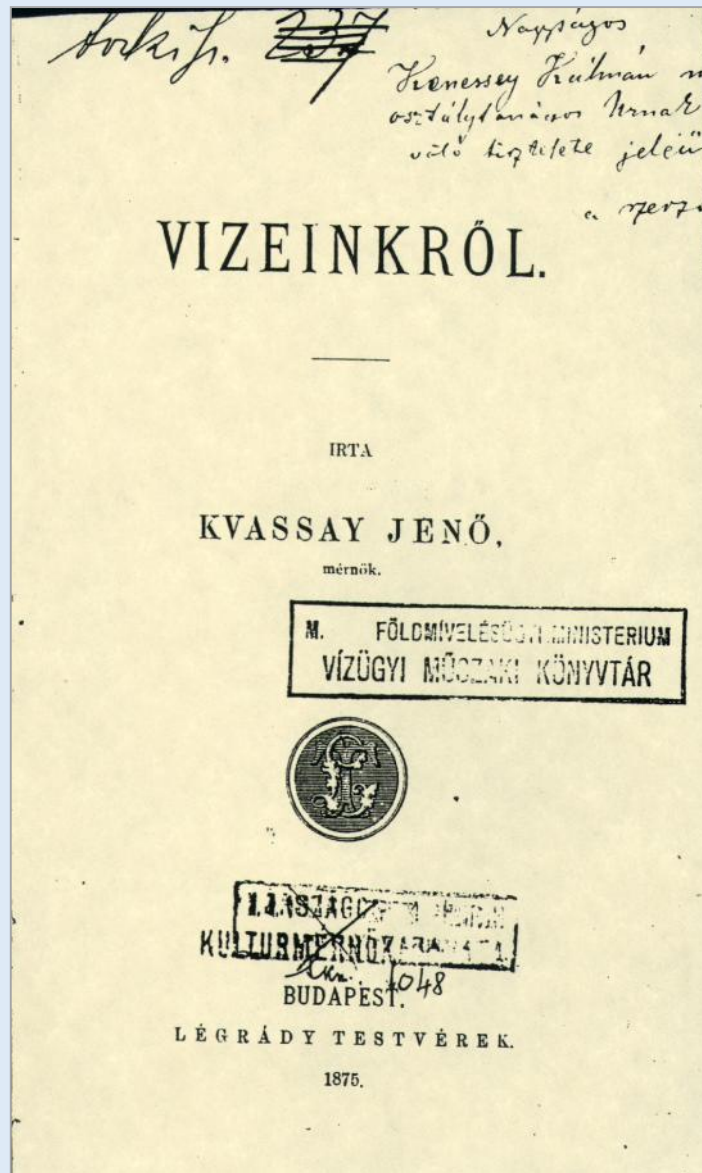
Történelmi pillanatkép

Fejér László, a Magyar Hidrológiai Társaság tiszteleti tagja, a Hidrológiai Közlöny rovatvezet je bemutatja a vízgazdálkodási szakirodalom egy történelmileg figyelemre méltó példányát, melyet a Duna Múzeum riz.

Egy dedikáció háttere

A Magyar Környezetvédelmi és Vízügyi Múzeum – közkeletben nevében az esztergomi Duna Múzeum – könyvtára M1049 AM leltári szám alatt J. K. Kvassay Jen 1875-ben megjelent első, a hazai vízgazdálkodási szakirodalomban is kellő módon méltatott munkáját, a *Vizeinkről* c. könyvet. Tartalmát illetően ez a kötet egy teljesen kiforrott szemléletet tükröz, szinte programadó tanulmány a magyar vízszabályozások passzív, egyoldalúan védekező jellegű korszakát felváltó vízgazdálkodási-vízhasznosítási szemlélet, ill. tevékenység szükségességéről. A könyv nyilván más könyvtárakban is fellelhető, de ennek a példánynak a dedikálása az igazán érdekes. A belső címlapon a következő bejegyzés található: „Nagyságos Kenessey Kálmán min. osztálytanácsos Úrnak kiváló tisztelete jeléül a szerző.” Ki volt vajon a bejegyzés címzettje, akinek a húszas éveiben járó fiatal szerző ezt a példányt átadhatta?

Napjainkban a szakmai köztudatban az szerepel, hogy a hazai kultúrmérnöki intézményt Kvassay Jen kitartó munkálkodásának eredményeképpen tárcája keretén belül hívta életre 1879-ben br. Kemény Gábor földmívelés-, ipar- és kereskedelemügyi miniszter. Ez valóban így is van, de Kvassay nem volt híján szövetségeseeknek. Ilyen volt például az 1822-ben született Kenessey Kálmán is. Kenessey jogász végzettségű szakemberként mélyen beleásta magát a magyar közigazgatásba, de emellett birtokos-gazdálkodó is volt, aki a hazai agrárium gondjainak, bajainak jó ismerjeként 1868-ban a földmívelési tárca osztálytanácsosa, azaz magas rangú tisztviselő lett. Volt az, aki Kvassay ügyét az 1870-es évek derekán támogatta, el segítve, hogy a mérnök kormányzati költségen 1875/76-ban nyugat-európai tanulmányútra mehessen. A derék osztálytanácsos 1878-ban a Nemzetgazdasági Szemle hasábjain érkezett el szövegéről arról (Kenessey 1878), milyen fontos volna, hogy az ország gazdasági alapjait jelentő mezőgazdaság kultúrmérnöki segítséget kaphasson, mert a mezőgazdaság „állam-fenntartó fontossággal bír; s hogy éppen ennél fogva virágzó földmívelés nélkül nem boldogulhatunk!” Tehát „a földmívelést minden életünk érdekében fejleszteniünk kell. Hogy együtt, s ezáltal az ipar és kereskedelem fejlődésének is utat nyissunk.” Kenessey cikkében írt arról, hogy a kultúrmérnökséget milyen kondíciókkal indította el a kormányzat, hozzátéve: „a gyakorlat ezen egyetlen egyén [Kvassay] által képviselt intézménnyel beérni nem fogja, s gondoskodnunk szükséges, hogy mindenekelőtt a kellő segédszemélyzet, vagyis az általam földjavítási végrehajtó mérnököknek nevezett egyének, megfelelő számban, alkalmaztassanak fokozatosan, s a mutatkozandó szükséghez képest arányosítva...”. Kenessey törekvéseit és jóslatát visszaigazolta az idő, s a kultúrmérnökség szerves fejlesztésében már Kvassaynak volt kimagaslóan nagy szerepe.



IRODALOM

Kenessey Kálmán (1878). A kultúrmérnöki intézmény a külföldön és annak meghonosítása hazánkban, Nemzetgazdasági Szemle, II. évf. IV. sz.

NEMZETI VÍZSTRATÉGIA

(Kvassay Jen Terv)

A Magyar Kormány 2017. március 7-én elfogadta a Nemzeti Vízstratégiát és a végrehajtását biztosító intézkedési tervet és kihirdette a 1110/2017. (III. 7.) Korm. számú határozatával. Az alábbiakban a Nemzeti Vízstratégia összefoglalóját közöljük. A teljes 140 oldal terjedelmű dokumentum elérhető a http://www.kormany.hu/download/6/55/01000/Nemzeti_Vízstratégia.pdf internetes oldalon.

ÖSSZEFOGLALÁS

BEVEZETÉS

A *Kvassay Jen Terv* (a továbbiakban: *KJT*) – a Nemzeti Vízstratégia – a magyar vízgazdálkodás 2030-ig terjedő keretstratégiája és 2020-ig terjedő középtávú intézkedési terve, a kormányzati stratégiai irányításról szóló 38/2012. (III.12.) Korm. rendelet értelmében vízügyi szakpolitikai stratégia.

A *KJT* célja a társadalom és a víz viszonyának a feltárására támaszkodva intézkedések megfogalmazása, hogy

- a világot fenyegető vízválságot hazánk elkerülhesse, annak már mutatkozó jelei ellen időben megtehesse a szükséges intézkedéseket,
- rizzük meg a vizet a jövő nemzedékek számára, mert az élet mással nem pótolható feltétele, és a gazdaság forrása,
- hatékonyan, a gazdaságot támogatóan éljünk a kintélő elnyével,
- kell biztonságban legyünk fenyegetéskáráitól.

A *KJT* feladata a vizek kezelésével és állapotával kapcsolatos célok kijelölése, az ezek eléréséhez szükséges intézkedések, feladatok azonosítása, valamint a végrehajtás feltételeinek és módjának a meghatározása. A víz közcélúsága és kiszolgáltató helyzetünk miatt hazánkban hagyományosan igen nagy az állami felelősség és feladatvállalás. Kiemelendő fontos tehát, hogy a folyamatok közben tartására szakmailag alkalmas, erőforrásokkal kellően ellátott, konjunkturális hatásoktól mentes, stabil vízügyi intézményrendszerünk legyen.

A *KJT* hatóköre az ország teljes területén minden vízzel kapcsolatba kerülő tevékenység.

Kiindulópontja, hogy nincsen önmagáért való vízgazdálkodás, a vízgazdálkodás szolgáltatás a társadalom és a gazdaság igényeinek a kielégítésére. Ezért a *KJT* a meglévő fejlesztéspolitikát megalapozó stratégiákban (pl. Nemzeti Vidékstratégia, Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia, EU Duna Régió Stratégia stb.), illetve a fejlesztési keretekben (Széll Kálmán Terv, Magyar Zoltán Közigazgatás-fejlesztési Program, Nemzetpolitikai Stratégia, Új Széchenyi Terv, Irinyi Terv, stb.) megfogalmazottakra építkezve azok kielégítését célozza, továbbá a társadalmi és ágazati igényeknek – az ágazati programokon keresztül (pl. Nemzeti Környezetvédelmi Program, Semmelweis Terv, Nemzeti Közfoglalkoztatási Programok) – a vízzel kapcsolatos lehetőségekhez való illesztését szorgalmazza.

A *KJT* különösen fontosnak tartja a természetes folyóvizek védelmét és azok természetes állapotának meg-

tartását, valamint a mezőgazdaság vonatkozásában a természeti adottságokhoz jobban igazodó tájgazdálkodás megvalósulását, így ezek tekintetében a természetvédelem és ökológia igényeihez igazodó vízgazdálkodási keretrendszert vázol fel. Mindez összhangban van a Nemzeti Környezetvédelmi Programmal, a Nemzeti Vidékstratégiával, illetve a Nemzeti Fenntartható Fejlesztési Stratégiával. A *KJT* továbbá felhívja a figyelmet a megújuló energiák hasznosítására, konszenzusban a Nemzeti Energiastratégia által megfogalmazott célokkal.

A KVASSAY JEN TERV (KJT) SZÜKSÉGESSÉGE, KIHÍVÁSOK

Földünk édesvíz készlete állandó, de ha egy félre vetítjük, a fogyás drámai. Az elmúlt negyven évben a 13 ezer köbméter/févente globális átlag 5 ezerre csökkent. A népesedési folyamatok és a klímaváltozás globális vízválsággal fenyegetnek, rendkívüli kihívás elé állítva a vízzel való gazdálkodást. Ennek elkerülésére, tompítására szorgalmazzák a világ jelentős szereplői a közös cselekvést a víz ügyeiben.

Az ENSZ-ben 2015 szeptemberében elfogadott Fenntartható Fejlesztési Célok között² a víz kiemelt hangsúlyt kap 2030-ig, a következő területeken:

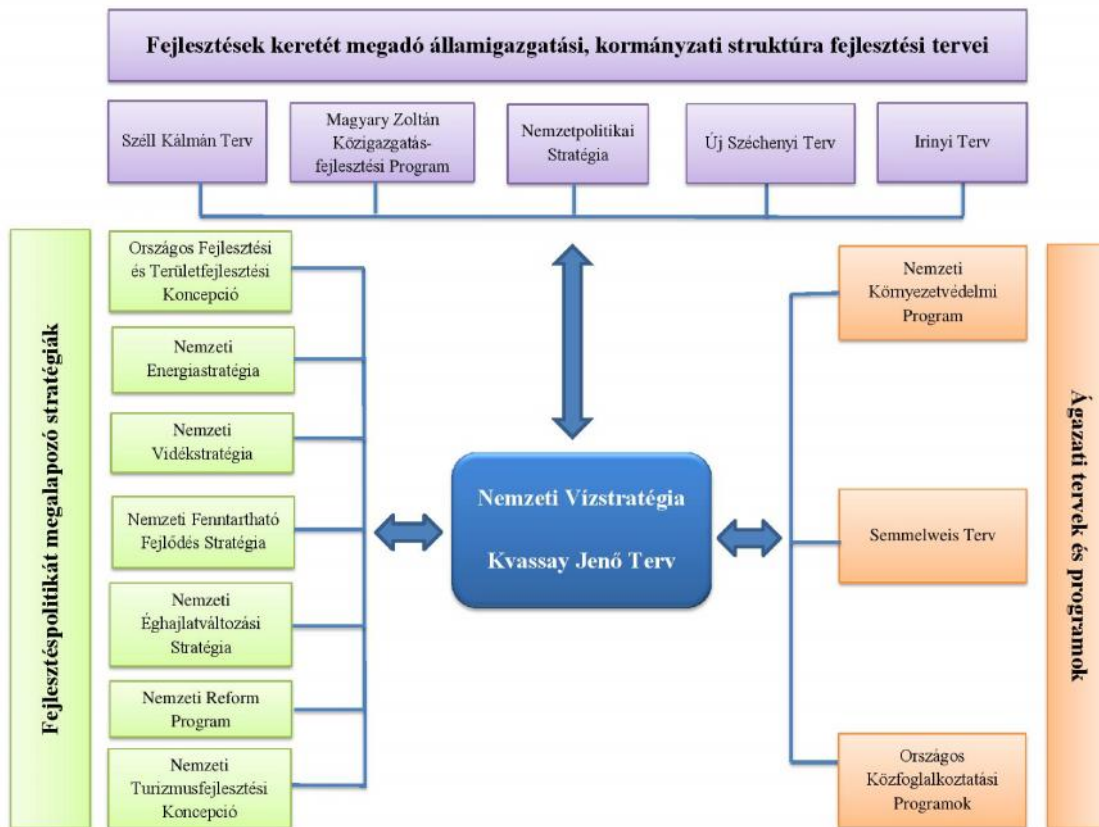
- a vízminőség javítása a szennyezés csökkentése, a veszélyes anyagok és kemikáliák lerakásának megszüntetése, illetve kibocsátásuk minimalizálása révén, valamint a nem tisztított szennyvíz jelenlegi arányának megfelelése és az újrahasznosított víz arányának növelése,
- a vízhatékonyság növelése minden ágazatban, a vízkivétel és -szolgáltatás fenntarthatóvá tétele a vízhiány problémájának kezelése érdekében,
- integrált vízgazdálkodás megvalósítása minden szinten, megfelelő esetben beleértve a határokon átívelő együttműködést is,
- a vízi ökoszisztémák védelme, beleértve a hegyeket, az erdőket, a vizes területeket, a folyó- és állóvizeket, valamint a felszín alatti vízadókat,
- a nemzetközi együttműködés kibővítése és a fejlődő országok kapacitás-fejlesztéseinek támogatása a vízzel és szanitációval kapcsolatos tevékenységekben és programokban,

¹ Lásd Ferenc pápa *Laudatio si'* kezdetű enciklikájának II. A víz problémája c. fejezetét is.

² A víz dedikált megjelenése a Fenntartható Fejlesztési Célok között nagyrészt köszönhető a 2013-ban lezajlott Budapesti Víz Világtalálkozónak, a magyar vizes szakma és diplomácia sikerének

– a helyi közösségek részvételének támogatása és erősítése a vízgazdálkodás és a szanitáció javítása érdekében.

A KJT ezeket a célokat is szem előtt tartja a hazai célok megfogalmazása során.



A Kvassay Jenő Terv kapcsolódása más stratégiákhoz, programokhoz

A Duna vízgyűjtőjének országaival és a határos országokkal való operatív együttműködésnek megvannak a hagyományos intézményes alapjai. Regionális tekintetben nemcsak vállalt kötelezettség, hanem saját viszonyaink miatt is fontos érdekünk az EU vízpolitikájának érvényesítése, amit három felismerés határoz meg:

– Az elmúlt másfél évszázad súlyos károkat okozott Európa vizeinek állapotában, különösen a vízi élvilágban, ezért létszükséglet a romlás megállítása, illetve a helyreállítás a kielégítő mennyiség és jó minőségű víz biztosítása.

– Az elmúlt évek nagy árvizei súlyos károkat okoztak egész Európában. A kezelésük csak akkor lehet hatékony, ha az összesen, a közös vízgyűjtő egészére kiterjedően történik.

– A tagállamok között a fentiekkel illetően összehangolt, egységes, monitoringon és terheléshatáselemzésen alapuló probléma-azonosításra, összevetéssel intézkedési tervekre van szükség. Ezt szolgálják a Víz Keretirányelv³, valamint az Árvízkezelési Irányelv⁴.

A változásokra való reagálás hazai szükségességét, a klímaváltozás és a vízválság fenyegetését jelzik:

– az 1998 óta eltelt 18 évben nagy folyóinkon 9 alkalommal vonult le rekordokat döntő árhullám, holott a megelőző 50 évben mindössze kétszer történt ilyen,

– a szélsőséges vízhiányok gyakoribbá váltak, például 2015-ben a Rába, a Hernád, a Sajó, a Szamos, a Tisza, a Sebes-Körös döntött negatív rekordot, elérve vagy alulmúlva az eddig észlelt legkisebb vízállást, és további 6 folyó 20 cm-en belül megközelítette az eddigi legkisebb vízszintet, közte a Duna több szelvényében,

– fokozódik a térségi vízszétosztás szükségessége a vízhiányos területekre (pl. vízátervezetés a Tiszából a Körös-völgybe, a Tisza-tó üzemeltetése a Tisza élvilágának fenntartása és Szolnok vízellátása érdekében, a Velencei-tó vízpótlása a felette levő tározókból, a Szigetköz vízpótlása),

– gyakoribbá váltak a rendkívüli hevesesség, viszonylag kis területre kiterjedő, villámárvizek (pl. 2010. Észak-Magyarország, 2015. budapesti vízözön),

– felszíni és felszín alatti vizeink jelentős része nem éri a VKI által megkövetelt „jó” állapotot.

A számos további kihívás közül kiemelkednek a következők:

– A vízproblémák jelentős részének kiváltó oka a hagyományos vízgazdálkodáson kívüli. A megoldásukhoz ma már nem elegendőek a hidrotechnikai eszközök, hanem ágazatközi együttműködés, a társadalmi tudatosság növelése és az értékrend kedvező irányú befolyásolása szükséges.

³ 2000/60/EK irányelv a közösségi cselekvés kereteinek meghatározásáról a víz-politika területén

⁴ 2007/60/EK irányelv az árvízkezelési irányelvről és kezeléséről

– A vízgazdálkodás meghatározó kihívása a területi használati módok változása (pl. a birtokszerkezet megváltozása; arra alkalmatlan, vízjárta területek mevelésbe vonása; a városiasodás; a folyóink medrének árvízszintet növelő használata; a vizekkel szembeni fokozódó rekreációs igények stb.).

– A biológiai sokféleség megőrzésében rendkívüli jelentőség a vizes élőhelyek szegényedésének, az ökoszisztéma-szolgáltatások további hanyatlásának a megelőzése.

– A víz, mint gazdasági erőforrás – termelési tényező – alacsony kihasználtsága hazánkban.

Napjainkban a víz jelentősége egyre jobban felértékelődött, ezért is eldőlő fontosságú, hogy a vízgazdálkodás területén növekedjék az állami szerepvállalás és ez segítse el a szakemberállomány bővülését (ennek jó példái a Nemzeti Községi Szolgálati Egyetemen induló vízgazdálkodási képzések), tudományos és tervezési helyek jöjjenek létre, szoros kapcsolat álljon fenn a vízvédelmi és a vízkárelhárítási jellegű adatbázisok között, valamint legyen aktív kapcsolat a természetvédelem, erdőgazdálkodás és a vízgazdálkodás között.

Stratégiai jelentőség, hogy a KJT-t olyan időszakra vonatkozóan adta el a Kormány, amikor a víz kiemelkedő nemzeti jelentősége beágyazódott a nemzetpolitikába, és így erre támaszkodva a vízgazdálkodás és a vízügyi igazgatás jelentősége növelhető. Ezt az elmúlt évek intézkedései nyomán az alábbiak mutatják:

– A víz megjelenik az Alaptörvényben a nemzet megőrzendő közös öröksége részeként, a nemzeti vagyon részeként, és létfeltétele a nemzet közös örökségét képező többi elemnek, rendszernek. A vizek és a vízi létesítmények tulajdonjogának közösségi tulajdonban maradását a kétharmados *nemzeti vagyon törvény* garantálja. Megszületett a *víz- és vízellátásról szóló törvény*, és ennek nyomán ésszerű szolgáltatási méretek alakultak ki. Érzékelhető a jó irányba való elmozdulás a hazai finanszírozás tekintetében, ideértve a növekvő fenntartási források biztosítását a központi költségvetésben.

– A Kormány hathatós szerepvállalásával jelentős hidrodipломáciai sikereket értünk el. Ilyen például a víz kiemelt témája a *2011-es EU elnökségünk* idején, a *Duna Stratégia* kezdeményezése és a végrehajtásában betöltött koordinátori szerepünk, a *Budapesti Víz Világtalálkozó* (2013-ban és 2016-ban), az *ENSZ Fenntartható Fejlesztési Céljainak* kidolgozásában és elfogadtatásában való szerepünk, aktív részvételünk a *párizsi klímacsúcs*on az UNESCO Nemzetközi Hidrológiai Program elnöki tisztségére (2016), Víz Világtanács kormányzótanácsi tagság (2015 óta), ENSZ EGB határokat átlépő vízfolyások és nemzetközi tavak védelmére I és II használatáról szóló Egyezmény elnökségének ellátása (2015-2018) vagy az újraerősítés és kormányzatilag támogatott vízipari export.

– Magyarország az Egyesült Nemzetek Szervezete (ENSZ) és a Világbank felkérésére *2016-tól szerepet kap a Vízügyi Elnöki Testületben*, amelynek feladata, hogy szemléletváltáshoz segítse a világot, inspirálja a vízgaz-

dálkodás korszerűsítését szolgáló technológiai fejlesztéseket, befektetéseket. A konkrét célok között szerepel annak elmozdítása, hogy minden ember férjen hozzá a tiszta ivóvízhez, javuljon a vízfelhasználás hatékonysága, a vízbázisok védelme, kapjon lendületet a vízügyi innováció, és váljon általánossá a határokon átnyúló vízgazdálkodási együttműködés. Magyarország számára azért fontos a részvétel a testületben, mert ezzel erősítheti a globális vízdiplomáciában betöltött szerepét, valamint lehet segítséget ad a vízgazdálkodási gondok megoldására is.

ADOTTSÁGOK, LEHETŐSÉGEK ÉS KONFLIKTUSOK

Vízföldrajzi adottságainkat egyrészt jelentős viszonylagos elmaradást, másrészt ezzel egy időben nagymértékű kiszolgáltatottság jellemzi, amely a Kárpát-medence páratlan vízrajzi egységében, illetve politikai határokkal való megosztottságában gyökerezik. *Országunkban az egyfelől jutó vízkészlet az egyik legnagyobb a kontinensen, ugyanakkor a csapadékból származó saját felszíni vízkészletünk a legkisebb.* Felszíni vízhálózatunk az igényekhez képest ritka. Jól megfigyelhető, hogy a szociálisan elmaradott, szegénységgel sújtott térségek általában egybeesnek azokkal a területekkel, ahol nehezebb a vízhez való hozzáférés (például Nógrád, Somogy, Baranya dombvidéki, aprófalvas területei). Kiváló minőségű és bőséges felszín alatti vizekkel rendelkezünk mind ivóvízellátási, mind gyógyászati és üdülési célra. E téren a túlzott használat helyenként már mutakozó jelei okoznak konfliktust. Sekély tavaink komoly idegenforgalmi potenciált jelentenek, megőrzésük nemzetgazdasági, gazdasági, természeti érték megőrzési feladat. Nagy területű, értékes vizes élőhelyeink vannak, de a vizeink ökológiai állapota (földfelszíni és felszíni) közepesnek mondható, elmarad az elvárt „jó állapotól”. Ennek a megoldásában kiemelkedő szerepe lesz a vízgazdálkodási beavatkozások és a természetvédelem közötti konfliktusok feloldásának.

A medencejelleg miatt az árvizek által fenyegetett területeink aránya Európában a legnagyobb. Természetünk közel fele belvízjárta, amiben az adottságainkon túl szerepe van a kedvezőtlen földhasználatnak és agrotechnikának is. Az ország klimatikus adottságai miatt nagy az aszályveszély. A csapadék szeszélyes eloszlása növeli a mezőgazdaság kockázatait, ami jelentősen csökkentheti az egyben hozamnövelést is jelentős öntözéssel. Az öntözés használatára viszont csak akkor biztosított, ha az az agrotechnika integráns része. Ezért az ágazati munkamegosztás tekintetében a vízügy feladata a vízkészletek biztosítása és igény szerint helyre vezetése. Az öntözés (a víz kijuttatása a földre, a növényhez) az üzemi mezőgazdasági vízgazdálkodás dolga. A vízgondok elsősorban az Alföld középső tájain halmozódnak. A klímaváltozással a szélsőségek további növekedésével számolhatunk, ami a vízválság fenyegetésének egyik fő okozója. Magyarország is érzi a klímaváltozás vizekre gyakorolt hatásait, ezért fontos szerepe van a megújuló energiák a mezőgazdaság, az agrotechnika, az ipar és a vízgazdálkodás kérdéseit integrált kezelésének, amelyek a kormányzati feladatmegosztás alapján több tárcát érintenek.

A szakterületek

A települési vízgazdálkodás érinti legközvetlenebbül a lakosságot, a háztartásokat. Az ivóvízellátás teljes kör - nek tekinthet (minden településen rendelkezésre áll közüzemi ivóvízellátás, a lakosság mindössze 2%-a nem jut vezeték ivóvízhez). A szolgáltatott ivóvíz min sége dönt en kielégíti a közegészségügyi követelményeket és biztonságot, a szolgáltatók kell en felkészültek, hogy üzemzavar esetén is biztosítsák az ellátást. Kedvez tlen, hogy f ként az észak- és dél-alföldi régióban a kutak vize geológiai eredet szennyez komponenseket is tartalmaznak, a kitermelt vizek tisztítást igényelnek. Az els dleges veszélyeztetet komponensekt l (aréz, bór, fluorid, nitrit és ammónium) való mentesítésre Ivóvízmin ségjavító Program zajlik, megvalósítása a KEHOP 2014-2020 uniós költségvetési ciklusban folytatódik.

A közüzemi szennyvízcsatorna-bekötéssel rendelkező lakások aránya 77 % (2014), a csatornázás felzárkózódóban van a vízellátáshoz. A szennyvíztisztítás fejlesztése révén a közcsatornán elvezetett szennyvizek dönt többsége biológiai tisztítás után kerül a befogadóba. Ugyanakkor a kisvízfolyásokba és csatornába vezetett tisztított szennyvizek rontják a vizek min ségét, pedig ezek készletnövel hatása elemi kívánalom lenne. A befogadók állapota, terhelése sok esetben rosszabb, mint a szennyvíztisztítóból érkező vízmin ség, függetlenül attól, hogy van-e az adott befogadó felett más engedélyes kibocsátó, így kiemelt fontosságú a befogadók illegális terhelésének feltárása. A csatornahálózatok kiépítésével együtt a talajokat mentesítjük a korábbi szikkasztásos terhelést l. Konkrét, már programozott feladatot jelentenek a még hátralev vízmin ségjavító feladatok végrehajtása, a Nemzeti Települési Szennyvízelvezetési és -tisztítási Megvalósítási Program ütemes befejezése, valamint az ivóvízbázisok biztonságba helyezése. Kiemelt fontosságú a szennyvíziszapok rendezett elhelyezésének, lehet ség szerinti hasznosításának a megoldása. Jelenleg a leggazdaságosabb és ökocentrikus felhasználási mód az iszapok mez gazdasági elhelyezése. A víztakarékosság elve, hogy a háztartásba belép vizet minél többször felhasználjuk, ez pedig a szennyvízkezelés helyén a leggazdaságosabb. E kérdéskörben hangsúlyos az ún. szürkevizet (új víz) környezeti ártalmak nélküli hasznosítása, els sorban mez gazdasági vízhasználat, öntözés céljából.

A települési csapadékvíz-gazdálkodás (benne a víz-visszatartás és vízhasznosítás) megoldása, különösen a csapadékok hevességének növekedése miatt, szakmai, intézményi és finanszírozási tekintetben egyaránt egyre súlyosabb kihívás.

A víziközm vek avulása (például a hálózat 250 éves kicserélési ciklusa) az elmaradt rekonstrukció fedezetének sürg s megteremtését igényli rekonstrukciós alap létrehozásával. Az elavult víziközm vek m ködtetésének fenntarthatósági hiányosságai sürg s megoldást igényelnek. A kell m ködési források, a rekonstrukciók fedezetének rendelkezésre állása, a még hátralev fejlesztések végrehajtása elemi feltétele a kiegyensúlyozott víziközm -ellátásnak és a felszín alatti vízkészlet takarékos, hatékony hasznosításának, a vízválság elkerülésének.

A területi vízgazdálkodás több, szakmailag sajátos szakterületet fed le (árvízmentesítés és árvíz elleni védekezés, síkvidéki vízrendezés, belvíz elleni védekezés, dombvidéki vízrendezés; mez gazdasági vízgazdálkodás; térségi vízszétosztás, folyógazdálkodás, vízi utak, vízenergia-hasznosítás). Ezek alapinfrastruktúrája jórészt kiépült, de nem hasznosítás-orientáltak, defenzív jelleg -ek és rugalmatlanok (különösen a klímaváltozás fényében). Vissza-visszatér en milliárdokat fordítunk árvíz- és belvívvédekezésre, ugyanakkor elszenvedjük az aszályok ugyancsak milliárdos kárait. Ezért az egységes vízgazdálkodás keretében a vízelvezetés (árvizek és belvizek elvezetése) és a vízhasznosítás összekapcsolása szükséges a víz-visszatartás eszközeivel (és ennek részeként a vizes él helyek rehabilitációjával és fejlesztésével, tekintettel arra, hogy a biológiai sokféleség meg rzésében rendkívüli jelent sége van a vizes él helyek szegényedése, az ökoszisztéma-szolgáltatások további hanyatlása megállításának), ami egyben a vízválság elkerülésének legjelent sebb eszköze is (és amihez a térségi vízszétosztás létesítményeinek b vítése és az okszer területhasználattal kell, hogy kapcsolódjék).

A területi vízgazdálkodás elmúlt évtizedeinek kiemelkedő sikere az 1998 óta rendre rekordokat döntó árvizek elleni sikeres védekezések m szakai irányítása. Ugyancsak korszakos siker az új Tisza-völgyi árvédekezési doktrína (a Vásárhelyi-terv Továbbfejlesztése – VTT) kidolgozása, de kedvez tlen, hogy az eredetileg elképzelt komplexitással szemben egyoldalúan árvízvédelmi célokra szült a megvalósítása. A továbblépés egyik legfontosabb feladata a nagyvízi medrek rendbetétele, a nagyvízi mederkezelési tervek érvényesítése és következetes végrehajtása, mert ennek hiányában nincs esély az árvizek emelkedésének megakadályozására.

Az agráriumban az elmúlt két és fél évtized változásaihoz való alkalmazkodás gondjai háttérbe szorították a területi vízgazdálkodást, különösen a gazdák összefogását, a helyi kezdeményezéseket. Erre is visszavezethet, hogy az elmúlt években az állam növelte szerepét a területi vízgazdálkodásban: a vízügyi igazgatóságok kezelésében lévő összes vízilétesítmény hossza ma már több mint 41 ezer km – mindebb l a vízitársulatoktól átvett forgalomképes állami tulajdonú csatorna 28 472 km –, amely megoszlik: belvívcsatornára (21 731 km), öntözés és kettősm ködés csatornára (4 326 km), kisvízfolyásra (14 989 km), szivattyútelepekre és vízkormányzó m tárgyakra. Így az állami tulajdonban lévő m vek vagyongazdálkodását, fenntartását és üzemeltetését a központi költségvetési szervként m köd vízügyi igazgatási szervezet látja el.

Sajátos ellentmondás, hogy nem a term helyi adottságokhoz, illetve igényekhez igazodik az öntözési lehet ségek kiépítettsége. Legalább 400 ezer hektár öntözéséhez elegend vízkészlet áll rendelkezésre, de alig 100 ezer hektárt öntöznek. Ezen belül az öntözésre berendezett, vízjogilag engedélyezett területeknek évenként mindössze 20-50%-án van öntözéses gazdálkodás. Ugyanakkor a vízszegény területeken problémákat (például ökoszisztémák károsodását) okozhat a készletek túlhasználata. Ezek elkerüléséhez (is) szükséges a gondos, tudományos ala-

pokon álló vízkészlet-gazdálkodás helyreállítására.

A VIZEK projekt (KÖFOP-1.0.0-VEKOP-15 „Mez - gazdasági vízhasználat információs és ellenőrzési keretrendszer (VIZEK) kialakítása”) keretében kialakításra kerül egy üzemszerűen működő, az öntözéshez kapcsolódó beruházási döntéseket támogató, az öntözéses gazdálkodás és a szárazsághatás elleni védekezés talajtani, ökológiai, vízügyi, gazdaságossági szempontból komplexen elemző alkalmazás modellje. A kialakított modell által lehetővé válik az adott területre vonatkozó öntözési igény relevanciájának felmérése, az igényt gátló tényezők feltárása, az öntözési beruházás nagyságrendjének és jövedelmezőségének jellemzése.

A kiépülő rendszer megfelelő alapot szolgáltat majd a fejlesztési programok és a támogatási rendszerek kidolgozásához.

Az átfogó, a települési és a területi vízgazdálkodást egyaránt szolgáló szakterületi feladatok között az egységes monitoring, adatbázis és tervezési rend hiánya korlátozza a vízkészletekkel való pontos és fenntartható gazdálkodást, valamint a vízkészletek állapotának értékelését. A vízzel való gazdálkodás szemléletváltásának elemi feltétele (i) a tudományos megalapozottság, (ii) a megvalósításhoz a kutatásban gyökerező innováció, (iii) a napi működésnek pedig a tudományos szolgáltatások megléte. Az újjáépítendő kutatásnak komplexnek kell lennie, a hidrológiai alapoktól a hidroökonómiáig kell terjednie, és egyben jelentős szerepet kell vállalnia az ország még mindig számottevő, de kiaknázatlan hidrológiai potenciáljának feltárásában és hasznosításában.

A jövő vízgazdálkodásának legnagyobb szakmai kihívása, hogy miként legyen megvalósítható és miként tegyen szert rugalmas eszközökre. Ez az évszázados „létesítményes” (hard) vízépítés mellett a vízigényt és vízkibocsátást is szabályozó, a területhasználatot befolyásoló integrált (soft) vízgazdálkodás. Ennek legfontosabb eleme a szakmaiság, a tudományra támaszkodó elvárás, tehát az ehhez szükséges eszközrendszer újrateremtése minden tekintetben élvezzon elsőbbséget. A megoldás irányába mutatna egy kutatóhálózat létrehozása, amely innovatív szemlélettel és integráltan kezeli a vízgazdálkodás, valamint a mezőgazdasági és az ipar kérdéseit.

Az intézmények

A vízgazdálkodásért, a vízügyi igazgatási szervek irányításért és a vízvédelemért a Belügyminisztérium felel, szervezetiileg a közfoglalkoztatásért és vízügyért felelős helyettes államtitkárság. Az állam operatív központi feladatait az Országos Vízügyi Felügyelet (OVF) végzi.

A mezőgazdasági vízgazdálkodás (az öntözési víz szolgáltatás és vízkormányzás kivételével), a földtani közeg (a föld, mint környezeti elem) védelme, a talajvédelem, illetve a környezet komplex védelme (stratégiai környezeti vizsgálat, ökológiai vizsgálat, környezeti hatásvizsgálat, egységes környezethasználati engedélyezés) a Földművelésügyi Minisztériumhoz, a terület- és vidékfejlesztés a Miniszterelnökséghez tartozik.

A víziközmű-fejlesztés és a közműüzemeltetés szakterületi

szabályozása a BM feladata, a víziközmű-szolgáltatás elkülönült szabályozási feladatait (gazdasági és szolgáltatási szabályozás) a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium és a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH) látják el. A MEKH a szolgáltatási tevékenység hatósága. A víziközmű-szolgáltatás többségében az önkormányzatok felelőssége, amit ténylegesen gazdasági társaságok látnak el.

Az ivó- és fürdővíz közegészségügyi vonatkozásai az *Emberi Erőforrások Minisztériuma* alá tartoznak.

A területi vízgazdálkodást vízügyi igazgatási szervek – a 12 vízgyűjtő re szervezett területi vízügyi igazgatóságok – látják el. Az igazgatóságok feladata az állami művelés-kezelés, ide értve az ár- és belvíz elleni védekezést, valamint a vízminőségi károk elhárítását is. Szervezettségük, területgazda szerepük, kreativitásuk kiemelkedő. Ennek a jelentősége a védekezések irányításában és szervezésében mutatkozik meg, valamint abban, hogy az állami szervek közül a vízügyben dolgozik a legtöbb (évszaktól függően 15-20 ezer fő) közfoglalkoztatott. Fontos azonban kiemelni az igazgatóságok humán erőforrás helyzetét, mivel a nyugdíjba vonuló és a vízügyi igazgatóságoktól elkerülő szakemberek helyébe igen nehéz megfelelő szakmai ismerettel rendelkező mérnököket felvenni. A minőségi munkaerő elvándorlását meg kell akadályozni, és ösztönözni kell a pályakezdő fiatalok vízügyi ágazatban való elhelyezkedését, megtartását és előmenetelét – hasonlóan a más közalkalmazotti ágazatokban megkezdett folyamatokhoz –, összességében erősíteni kell a vízügyi ágazat felé az évtizedeken átnyúló szakmai-ágazati elkötelezettséget.

A 2016. évi költségvetés öröndetes előrelépést jelentett a létszámhelyzet rendezésében, ugyanis ennek keretében 222 fővel már bővült a vízügyi igazgatóságok szakmai állománya, ez azonban elsősorban a vízügyi szakmai irányítást végző személyzet létszámának rendezését jelentette.

A települési vízgazdálkodás területi kulcsszereplői az ellátásért felelős önkormányzatok, valamint a víziközmű-szolgáltató gazdasági társaságok. Ezen a területen a víziközmű-szolgáltatásról szóló 2011. évi CCIX. törvény (továbbiakban: Vksztv.) teljesen új helyzetet teremtett, a törvény által beindított folyamatok révén az új, korszerű fogalmi rendszerre alapozva kialakult a víziközmű-szolgáltatás stabilitást ígérő struktúrája. A korábbi mintegy 400, többségében nem gazdaságos üzemű üzemeltető társaságból a törvény előírásainak érvényesítésével igen rövid idő alatt mára 41 lett (bennük az 5 állami tulajdonú regionális vízmű-társasággal), a szolgáltatásban tapasztalt fennakadások nélkül. Mindez olyan sajátos magyar víziközmű-szolgáltatási modellt eredményezett, amely joggal keltett nemzetközi érdeklődést. Másfelől viszont az egyre komolyabb munkaerő- és szakemberhiány, a kedvezőtlen árviszonyok, az adók és egyéb hatások révén a szektor elérte hatékonyságnövelési mozgásterének határát.

Állami szerepvállalás növelése szükséges a már meglévő évi 4,5 milliárd Ft összegű lakossági víz- és csatornaszolgáltatás vissza nem térítendő támogatás mértékén

felül.

A vízügyi és vízvédelmi területi szint hatósági feladatokot a jogszabályban kijelölt 12 megyei (f városi) katasztrófavédelmi igazgatóság látják el, kivéve a jegyz i hatáskörbe utalt feladatokat. Az els fokú vízügyi és vízvédelmi hatóságok illetékességi területe két kivétellel egybeesik a vízgyjt re szervezett vízügyi igazgatóságok területével, szervezetileg a vízügyi igazgatóság székhelye szerinti megyei katasztrófavédelmi igazgatósághoz tartozik. A másodfok a BM Országos Katasztrófavédelmi F igazgatóság.

A katasztrófavédelmi igazgatóságok vízügyi és vízvédelmi szakterületén mindösszesen 221 f az engedélyezett létszám. A vízjogi engedély iránti kérelmek és a szakhatósági közrem ködések jelent s száma (2015-ben összesen 17600 vízügyi hatósági döntés és 10300 szakhatósági állásfoglalás került kiadásra), továbbá a vízvédelmi feladatkörnek a környezetvédelmi hatóságoktól a vízügyi szakterülethez kerülése (2015-ben 6700 vízvédelmi határozat született) a hatósági feladatok növekedéséhez vezetett.

Az állami felel sség vízvédelmi monitoring feladatokot a megyei kormányhivataloknál m köd környezetvédelmi laboratóriumok látják el, a környezetvédelemért felel s Földm velésügyi Minisztérium és a kormányhivatalokat irányító Miniszterelnökség felel sségi köréhez tartozóan. A vízvédelmi monitoring feladatok szakmai irányítása ugyanakkor a BM-hez tartozik. Ugyancsak ez a hatósági mér hálózat látja el a vízügyi és vízvédelmi hatóságok és igazgatási szervek egyéb vizsgálati igényeinek kielégítését.

A vízgazdálkodás jogszabályi háttere a fenti megosztottságot tükrözi, ami a víz min ségének és mennyiségének egymástól való szétválasztásában jelenik meg.

CÉLOK ÉS IRÁNYOK

A KJT 2030 jöv kép

A vízgazdálkodás szakmaisága és a vízgazdálkodásban érintettek igényeinek összehangoltsága biztosítja a következ célok egyidej elérését:

– Minden vízhasználónak elégséges egészséges víz áll rendelkezésre, egyforma eséllyel, a vízpotenciálunk hatékony kihasználása és a vizek kártételei elleni intézkedések harmóniában vannak a természeti adottságokkal.

– Ebb l is következ en a hazai hasznosítható vízkészletek mennyiségének és min ségének a javítása a jó állapot eléréséig megtörténik, a víz mint a természeti rendszerek létezése, m ködése alapfeltételének megóvása biztosított, majd ennek fenntartási feltételei a változó körülmények között is adottak lesznek.

– A vizek okozta károk megelőzése kerül el térbe a mai védekezés helyett, az emberi élet védelme és a nemzeti vagyoni kockázathoz igazított mérték megóvása, a vízgazdálkodási rendszerek és a területhasználati módok összehangolt átalakítása úgy, hogy a víz káros b sége a vízhiány mérséklésére legyen fordítható.

Hosszú távú célok

A fenntarthatóságot támogató társadalmi rend két alapeleme: az értékrend és az intézményi rend.⁵ Ezt az alapvetet szem el tt tartva, a KJT a következ négy értékrendi és három intézményi jelleg súlyponti feladatot határozza meg.

1. *Vízvisszatartás és vízszétosztás a vizeink jobb hasznosítása, a gazdaság-támogató vízgazdálkodás érdekében*

2. *Kockázat megelőzés vízkárelhárítás*

3. *A vizek állapotának fokozatos javítása, a fenntartható jó állapot elérésére*

4. *Min ségi víziközm -szolgáltatás és min ségi csapadékvíz-gazdálkodás elviselhet fogyasztói teherviselés mellett.*

5. *A társadalom és a víz viszonyának a javítása (mind egyéni, mind gazdasági, mind döntéshozói szinten).*

6. *A tervezés és irányítás megújítása*

7. *A vízgazdálkodás gazdasági szabályozó rendszerének újjászervezése*

A hosszú távú célok részletes bemutatását a 7.2 fejezet, az ehhez kapcsolódó beavatkozásokat, intézkedéseket a 8.2 fejezet, táblázati formában a hosszú távú és a középtávú célokat, illetve a hozzárendelt feladatokat a 10. fejezet tartalmazza.

A vízzel való gazdálkodás szemléletváltásának a sarokpontjai

A vízgazdálkodás komplexitásának, a szinergiák kihasználásának bizonyított érvényesítése legyen a feltétele a vízgazdálkodási beavatkozások jóváhagyásának és finanszírozásának (a víz egyszerre környezeti elem és er forrás, a cél ezek kölcsönhatásban lévő tervezési környezetének megteremtése).

A mérlegelt védelem és a differenciált biztonság lehet vé tétele és alkalmazása, ide értve azt is, hogy az állam által garantált vízbiztonságtól eltér t teremthessenek maguknak az érintettek a helyi er források felhasználásával, továbbá az objektumvédelem eszközrendszerének fejlődését, illetve ennek támogatását is.

Fenntartható és finanszírozható, a költségvetési lehet ségekkel összhangban lévő állami szerepvállalás, a központi és a helyi er források ráfordítási arányainak újragondolása. A lehatárolható (helyi jelent ség) vízgazdálkodási feladatok megvalósításáról a helyiek döntenek, megvalósításában és üzemeltetésében részt vállaljanak.

Az új szemlélet fejlesztést szolgálják a *nemzeti fejlesztési költségvetési keretek* is, hogy a vízgazdálkodási fejlesztésekkel a hasznosítási feltételek b vüljenek, illetve egyidej leg el nyös területi és vidékfejlesztési változások jöjjenek létre.

A vízzel való gazdálkodás szemléletváltásának feltétele a tudományos megalapozottság, a megvalósításhoz a kutatásban gyökerez innováció, a napi m ködésnek pedig a tudományos szolgáltatások megléte. Az *újjáépí-*

⁵ Nemzeti Fenntarthatósági Keretstratégia NFFT 2013

tend kutatásnak a hidrológiai alapoktól a hidroökonómiáig kell terjednie, és vállaljon jelentős szerepet az ország még mindig számottevően kiaknázatlan hidrológiai potenciáljának a feltárásban, hasznosításában.

A vízmérnöki létesítmények bővítésének már jól látszódnak a határai, nem lehet például a gátakat a végtelenségig emelni. Alapvető feladat tehát a társadalom és a víz viszonyának az alakítása, a vízigény-szabályozás (ide értve az árvízvédelmi igényeket, a megújuló víz visszahúzóását belvízjárta területekről, a települések fejlesztése és a vízgazdálkodási lehetőségek összhangját is). Ebben kardinális szerepe van a társadalommal folytatott párbeszédnek.

A végrehajtás feltételei

– Az integrált vízgazdálkodás feltételeinek a megteremtése, országos vízgazdálkodási tervezési rendszer kialakítása a helyi sajátosságok figyelembevételével. A vízgazdálkodás és a vízvédelem nem kezelhet különállóan, továbbá az egységes vízgazdálkodási szempontokat integrálni kell más szakterületi (mezgazdaság, energia, közlekedés) politikákba is. Koordinált interdiszciplináris kutatóhálózat és egységes adatbázis létrehozása szükséges, amely az integrált vízgazdálkodás innovációjának és megvalósításának egyaránt megbízható bázisa. Ésszerű adatgyűjtés és az adatbázisokhoz való szabályozott hozzáférés megteremtése.

– Megtartó erők és ösztönző foglalkoztatáspolitikák kialakítása, az oktatás és képzés teljes vertikumának figyelembe vételével (a szakmunkásképzéstől a szakgimnáziumokon át a felsőfokú képzésig és továbbképzésig). A víziközmű-szolgáltatás gazdasági fenntarthatóságának biztosítása.

– A tervszerű rekonstrukciók, a fenntartás és az üzemeltetés forrásainak biztosítása.

– Nemzetközi aktivitásunk erősítése (ideértve a határvíz együttes ködést is), az állam ez irányú szerepének növelése, ami mind a szellemi, mind vízipari exportunk növekedéséhez vezethet, és jelentősen hozzájárulhat a globális vízpolitikai térben való szerepvállalásunkhoz.

– A részfeladatok ütemezése során elvezessenek el a bázistól a súlyponti feladatokat egyaránt szolgáló, kiemelt szakterületi és térségi vízgazdálkodási kérdések, különösen: a vízkészletekkel való gazdálkodás korszerű eszközeinek és feltételeinek a megteremtése, az öntözési igények kielégítését szolgáló, vízkormányzást támogató vízhiány (aszály) monitoring és jelzőrendszer létrehozása, a folyók nagyvízi vízszállító képességének a helyreállítása és stabilizálása a nagyvízi mederkezelési tervekben foglaltakkal, a térségi vízgazdálkodási-vízszétosztó rendszerek kérdésének kezelése (a Balaton idegenforgalmi fejlesztésének biztonságát szolgáló vízszintemelési feltételeinek a megteremtése, a dunántúli karsztvízszintek visszaemelkedésével elálló veszélyeztetés megszüntetése, lehetőleg a víz hasznosításával, a Tisza-Körösvölgyi Együttműködési Vízgazdálkodási Rendszer megvalósításának a feltételei, a Homokhátság vízháztartásának a helyreállítása.).

INTÉZKEDÉSEK ÉS BEAVATKOZÁSI TERÜLETEK

Fejlesztés 2014-2020

A közvetlen vízgazdálkodási fejlesztések forrásait a 2014-2020 közötti időszakban a KEHOP és a VP fejlesztései adják, összesen 713 Mrd Ft keretösszeggel. Ez 319 Mrd Ft-tal kevesebb, mint az előző fejlesztési ciklusban rendelkezésre álló 1032 Mrd Ft, így a szűkebb forrás nyomtatékosabban felhívja a figyelmet 2014-2020-as időszakban megvalósítandó projektek megfelelő elkészítésére, a társadalmi hasznosság, a sorrendiség és szükségesség fokozott mérlegelésére.

A KEHOP és a VP végrehajtása elindult (a finanszírozható projekteket a 4. melléklet sorolja fel). Szakmai súlypontjai az alábbiak:

A KEHOP 1. prioritási tengelyében (a klímaváltozás hatásaihoz való alkalmazkodás területi vízgazdálkodási fejlesztési feladatokra 2016 szeptember 27-én 271,93 milliárd Ft állt rendelkezésre. A kiemelt projektek súlypontjában a Tiszavölgyi vízgazdálkodás fejlesztése, ezen belül is az ár- és belvízvédelem, továbbá a Duna közvetlen árvízvédelmi fejlesztéseinek 2007-ben megkezdett programjai folytatása áll. A nagyjavításokat érintő fejlesztések célja a vízkészletek fenntartható gazdálkodásának javítása a szükséges infrastrukturális feltételek biztosításával.

A KEHOP 2. prioritási tengelye a települési vízellátást, szennyvízelvezetést és -tisztítást szolgálja 273,72 milliárd Ft keretösszeggel (2016 szeptemberi adat). A 2016. évi Éves Fejlesztési Keret (ÉFK) 72 ivóvízminőség-javító projekt 53,53 milliárd Ft értékben, 97 szennyvízelvezetési és -tisztítási projekt 220,19 milliárd Ft értékben biztosít finanszírozási lehetőséget. A KEHOP ÉFK további módosításai során újabb projektek jelenhetnek meg.

A Vidékfejlesztési Programban 2016 szeptember 27-én 97,62 milliárd Ft állt rendelkezésre vízgazdálkodási fejlesztésekre (súlypontban a vízviszátartással és víztakarékos öntözésfejlesztéssel, valamint a 2000 LE alatti települések szennyvíztisztításával). 2014 és 2020 között is számos nem vízgazdálkodási tárgyú nevesített, de tartalmilag azt érintő fejlesztés várható, különösen az Országos Környezeti Kármentesítési Program (23 milliárd Ft), valamint a természetvédelmi és élővilág-védelmi fejlesztések (31 milliárd Ft) keretében.

A Terület- és Településfejlesztési Operatív Program (TOP) keretében támogatható lesz a települési belterületi csapadékvíz-gazdálkodás, mintegy 25 milliárd Ft értékben.

A Közigazgatás- és Köszolgáltatás-Fejlesztési Operatív Program (KÖFOP) „Mezőgazdasági Vízhasználat Információs és Ellenőrzési Keretrendszer (VIZEK) kialakítása (KÖFOP-1.0.0-VEKOP-15) projekt – 4,2 milliárd Ft keretösszeggel – átfogó célja, hogy a tényleges mezőgazdasági vízhasználattal, annak technikai jellemzőivel, térbeliségével és időbeli lefolyásával kapcsolatban pontos információt szolgáltatson a vízügyi igazgatási szervek, a vízügyi és vízvédelmi hatóságok, a döntéshozók és a statisztikai szervek felé, továbbá csökkentse a mezőgazdasági vízhasználók és hatóságok adminisztratív terheit a

mez gazdasági vízhasználathoz kapcsolódó vízjogi engedélyezési eljárás gyorsításával és egyszer sítésével.

A finanszírozási lehet ségekkel akkor lehet maximális eredményt elérni, ha a fejlesztéseket integrált szemlélettel, koordináltan hajtják végre. Az integrált területi megközelítés, a komplex projektek és a más operatív programokkal való kapcsolat rendkívül fontos a vízgazdálkodásban, ezért javasolt a KEHOP-on belül a természetvédelmi és a vízgazdálkodási projektek összehangolása. Fontos lehet ség az egyes operatív programok közötti szinergiák kihasználása, különösen a Vidékfejlesztési Program vonatkozásában.

Vannak olyan feladatok, amelyeket már az elkövetkező években (2021-ig) meg kellene valósítani, de a rendelkezésre álló EU forrásokhoz tartozó feltételeknek nem felelnek meg, vagy nem jut rájuk elég támogatás. Ilyen körülmények között három irányban javasolt mozdulni: a hazai – nemzeti – forrásokat b vítteni, gazdaságsszabályozási eszközöket alkalmazni és a támogatások hatékonyságát növelni. A legfontosabb hazai forrásból (is) finanszírozandó feladatok:

- A Dunántúli-középhegységben a karsztvízszint visszaemelkedése miatti veszélyhelyzet elhárítása.
- Vízbázisok biztonságba helyezése, kompenzációs intézkedések.
- Víziközm hálózati rekonstrukciók.
- Monitoring rendszer fejlesztése és m ködtetése.

A min ségi megvalósítást veszélyezteti a m szakirány részre fordítható mindössze 1%-os beruházási hányad. Szakterületünkön nem reális a 2%-os területkiszajátítási részarány sem.

A fejlesztések megvalósítását követ en, a m ködtetés és fenntartás költségigénye a beruházás mintegy 3-5%-ára tehet , tehát a hazai m ködtetési forrás 21-35 Mrd Ft-os b vítése szükséges. Ennek hiányában az EU-s projektek ellen rzött m ködtetési kötelezettsége „elszívja” a forrásokat a meglév létesítmények amúgy is sz kös m ködtetése és fenntartása el l, tovább növelve a rekonstrukciós nyomást.

Beavatkozási területek, intézkedések – középtávú célok elérése érdekében

A KJT-ben el irányzott hosszú távú célok elérésére az alábbi öt f területen szükséges középtávú intézkedések megfogalmazása és végrehajtása:

– *A vízgazdálkodás jogszabályi és irányítási háttere. Megalopozza a vízgazdálkodás gazdasági szabályozó rendszerének újjászervezését, a vízügyi tervez munka és a szükséges irányítás megújítását, a hatékonyság növelését.*

– *A vagyongazdálkodás. A vízkészletek és a vízgazdálkodási rendszerek kezelése és üzemeltetése szempontjából kiemelt terület, a vízvisszatartás, a vízszétosztás, vizeink jobb hasznosítása és a gazdaság-támogató vízgazdálkodás érdekében szükséges a rendszerek egységes kezelése és fenntartása.*

– *A m ködtetés (kapacitások, er források). A gazdaságssz víziközm -szolgáltatás, a min ségi csapadékvíz-gazdálkodás, az öntözéshez szükséges megfelelő min ség és mennyiség víz biztosítása, a tározók üzemeltetése, mind a vizekhez köthet er forrásaink optimális felhasználását célozza.*

– *Hidrodiplomácia és vízipari export. Nemzetközi jelenlétünk, szaktudásunk, a vizek állapotának fokozatos javítása, a fenntartható jó állapot elérése nem csak saját érdekünk, jöv nk és környezetünk együttes feladata, nemzetközi kapcsolataink révén, jó együttm ködéssel a kit zött célok id ben elérhet ek.*

– *A társadalmi kapcsolatok és értékrend. A társadalom és víz viszonyának javítása, gazdasági és irányítási szempontból is kiemelt jelent ség , a kapcsolatok feltárására támaszkodva a vízválság elkerülése nagyobb biztonsággal történhet.*

1. A vízgazdálkodási jogterület els sorban az integrált vízgazdálkodás feltételeinek a megteremtése, egyben a szükséges irányítási (szervezeti) korrekciók megalapozása miatt szorul módosításra. Ezen belül:

– az állami feladatvállalás és a helyi érdekeltségek helyes arányának a kialakítása érdekében törvényi szinten kerüljön meghatározásra a helyi jelent ség közcélú vízgazdálkodási feladatok fogalma, és ezzel együtt kerüljön felülvizsgálatra a helyi jelent ség közcélú vízelésmények köre,

– a települési csapadékvíz-gazdálkodás tekintetében a települési önkormányzatok döntési jogköre lehessen – természetesen a víziközm -szolgáltatókkal való konzultációt követ en –, hogy a csapadékvíz-gazdálkodást a Vksztv. hatálya alatti víziközm szolgáltatáshoz kapcsolódva közüzemi szolgáltató végezze, vagy önkormányzati feladatként a víziközm -szolgáltatástól teljesen függetlenül az önkormányzat más módon lássa el. A döntés meghozatala el tt adatgy jtés és részletes vizsgálatok elvégzése (díjra, költségelemre, m szakirány feltételekre, stb.) is szükséges.

– A területi és a települési vízgazdálkodás közötti összhang er sítése (gördül fejlesztési tervek), valamint az eddigi vízelvezetés központú gyakorlat helyett a víz-visszatartásra, a vízhasznosításra, a csapadékvíz-gazdálkodásra koncentráló szemlélet megvalósítása szükséges.

– A tervezés – mint az irányítás eszköze – megújítása érdekében készüljenek el az alapvet vízgazdálkodási tervek (vízgy jt -gazdálkodási terv, árvízkezelési tervek, nagyvízi mederkezelési tervek) összhangjának és hatékony végrehajtásának a biztosítására az országos vízgazdálkodás-fejlesztési terv kidolgozásának és bevezetésének alapelvei.

2. A vagyongazdálkodás korszer sítése elengedhetetlen el feltétele a területi vízgazdálkodás (különösen a vízkárelhárítás), valamint a víziközm -szolgáltatás kiegyensúlyozott m ködének, mert a létesítmények állapota nehézségeket okoz a közfeladat ellátása során és a lakosság ellátásának biztonságában. Ennek keretében a

lehet legrövidebb időn belül készüljön finanszírozási stratégia a víziközművek állapotának felmérésére és a vízkészlet-gazdálkodási, energetikai, vízvesztéségi és infiltrációs szempontok szerint ütemezett rekonstrukcióra. Továbbra is szükséges víziközmű elemenként és fejlesztési ütemenként a beruházási, felújítási és pótlási terv, valamint a fenntartási és üzemeltetési terv megkövetelése.

Ezek végrehajtásának feltételei hiányában kockázatot hordoz a vízellátási problémák megoldása, egyben ez teszi lehetővé a védekezés megvalósulását. Ugyancsak nem halasztható a vízkészlet – mint vagyontárgy – definiálása a vagyongazdálkodási törvényekben. Ma ugyanis ellentmondás van a nemzeti vagyontárgy nyilvántartása, és a víz, mint folyamatosan, dinamikusan (szochasztikusan) változó készlet jellege között. Ennek az ellentmondásnak a feloldása szükséges a napi, gyakorlati intézkedések összhangjának a biztosításához a vizekkel történő gazdálkodással kapcsolatos elírások, finanszírozási rendszer felülvizsgálata, az érintett állami, önkormányzati és egyéb szervezetek, személyek közötti együttműködés hatékonyságának növelése.

3. A kapacitások és erőforrások biztosításában feladat:

- Vízügyi igazgatási és hatóságot érintő humán erőforrás megtartó képességének, fejlesztésének a biztosítása,
- Koncepció készítése a kutatóhálózat, az egységes adatbázis, valamint az oktatás rendszerszintű megújítására.
- Települési csapadékvíz-gazdálkodási program és víziközmű rekonstrukciós program.
- A vízgazdálkodási tervezési rendszere megújításának alapelvei, programja.
- A nemzetközi kapcsolatok ápolásához szükséges kapacitások bővítése.

A vízgazdálkodás társadalmilag igazságos finanszírozásának kialakítására *megfontolandó* a vízhasználat révén keletkező bevételek elkülönített kezelése és visszaforgatása vízgazdálkodási célokra. Ennek lehet sémája 2017 végéig célszerű megvizsgálni.

4. Hidrodipломácia és vízipari export

Megkezdődött a víz globális és a regionális kihívásai

val való szembenézés. Az ENSZ Fenntartható Fejlesztési Céljaival, valamint a párizsi klíma-megállapodással is összefüggésben a korábbinál nagyobb volumenű beruházások, tudás-transzferek vannak készülben, átalakulóban van az ezt támogató nemzetközi intézményi és finanszírozási rendszer. Alapvetően érdekünk a vízpolitikai szerepünk megőrzése és további erősítése ebben a folyamatban, erre (is) támaszkodva és hozadékként a vízipari export bővítése. Ezt alapozta meg az első, és szolgálja a tervezett, második Budapesti Víz Világtalálkozó is.

Látni kell azonban, hogy ma a hazánkban a vízipari export lehetőségei is korlátosak. Ezért a rövid és középtávon a meglévő kapacitásokból a létező legnagyobb haszon elérése kell, hogy legyen a cél. Hosszú távon a hiányzó kapacitások újjáépítésével, aktív kormányzati támogatással, a vízipar Magyarország egyik vezető iparágává válhat.

Ezért készüljön hidrodipломáciai és vízipari export program a konkrét célok, valamint a szükséges feltételek és kapacitások meghatározására.

5. A társadalmi kapcsolatok és a vízzel kapcsolatos értékrend fejlesztése érdekében iránymutató az Aarhusi Egyezményben⁶ fakadó részvételi jogok megismertetése a társadalommal, hasonlóképpen a köznevelés vízgazdálkodási ismeretanyagának felülvizsgálata, a víz- és az oktatáspolitikai együttműködésének erősítése, továbbá a társadalmi tájékozottságot felmérő kutatások rendszeres elvégzése.

Az operatív kapcsolatok területén:

- Az érintett nyilvánosság tájékoztatása a vizeink állapotáról, a vízgazdálkodási feladatokról, a vízügyi igazgatási tevékenységekről és a víziközmű rendszerekről.
- Online hozzáférés lehetőségeinek megteremtése a vízügyi adatbázisokhoz.
- Publikus árvíz- és belvízvédelmi és aszályjelző rendszer kifejlesztése.

A víztakarékos technológiák és vízfogyasztási gyakorlatok népszerűsítése, az ÚJ VÍZ, mint tisztított szennyvíz hasznosításának elterjesztése.

⁶ az Egyezményt Magyarországon a környezeti ügyekben az információhoz való hozzáféréssel, a nyilvánosságának a döntéshozatalban történő részvételével és az igazságszolgáltatáshoz való jog biztosításáról szóló, Aarhusban, 1998. június 25-én elfogadott Egyezmény kihirdetésével 2001. évi LXXXI. törvény ültette át

A felszín alatti vízkivételek liberalizálása az Alaptörvény és az európai uniós jog tükrében

Szilágyi János Ede*, Baranyai Gábor**, Szűcs Péter***

* egyetemi docens Miskolci Egyetem Állam- és Jogtudományi Kar (e-mail: civdrede@uni-miskolc.hu)

** oktató, Nemzeti Közszerológiai Egyetem

*** egyetemi tanár Miskolci Egyetem Környezetgazdálkodási Intézet és MTA-ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport

Kivonat

Miközben Magyarországon kedvező folyamatok indultak be egy példaértékű vízszemlélet-kormányzás és a vízszemlélet-tudomány kiépítése érdekében, egy 2017-es kormányzati javaslat a 80 méternél sekélyebb és házi vízigényt meg nem haladó vízkivételt biztosító vízállásmentesítések létesítéséhez nem tenné szükségessé sem engedélyezési, sem bejelentési eljárás lefolytatását (továbbiakban: mentesülési kedvezmény vagy dereguláció). Jelen munkában a mentesülési kedvezményről szóló javaslat kerül elemzésre. Elsőként megvizsgáltuk a javaslat várható hidrológiai hatásait. Ezt követően pedig a magyar alkotmány és a kapcsolódó joggyakorlat, illetve az uniós jog és joggyakorlat szemszögéből elemeztük. Következtetésünk szerint a mentesülési kedvezmény elfogadása komoly aggályokat vet fel mind hidrológiai, mind jogi szempontból. Utóbbi vonatkozásában különösen a magyar alkotmánybírók által kimunkált, a környezethez való jog kapcsán megfogalmazott visszalépés tilalma, illetve az Európai Unió Víz-keretirányelvének előírásai azok, amelyek a szerzők véleménye szerint sérelmet szenvedhetnek.

Kulcsszavak

Felszín alatti vizek, mentesülési kedvezmény, környezethez való jog, visszalépés tilalma, Víz-keretirányelv, vizek jó állapota

The liberalisation of the ground water withdrawal taking into account the Hungarian Constitution and the EU law

Abstract

While numerous positive initiatives have been launched recently for the establishment of a robust system of water governance and a prosperous water science in Hungary, a government proposal tabled in 2017 would abolish both authorisation and notification obligations in connection with the opening of new wells withdrawing groundwater for household purposes up to 80 meters of depth (deregulation proposal). In this article the deregulation proposal is assessed from a range of scientific and legal perspectives. First, the possible hydrological (qualitative and quantitative) effects of the proposal are analysed. Second, the deregulation proposal is interpreted taking into consideration the Hungarian constitution and EU law, as well as the relevant jurisprudence. According to the conclusions of the authors, the deregulation proposal raises serious problems both in a hydrological and in a legal sense. In connection with the latter one, the derogation proposal would violate, first, the non-derogation principle under the right to a healthy environment as elaborated and applied by the Hungarian Constitutional Court, and second, numerous provisions of the EU Water Framework Directive.

Keywords

Groundwater, deregulation, right to a healthy environment, non derogation principle, Water Framework Directive, good water status

BEVEZETŐ

Az elmúlt években a víz a magyar közpolitikai gondolkodás és cselekvés egyik központi kérdésévé vált, és ennek során számos előremutató lépés is történt. Konceptcionálisan az egyik ilyennek tekinthető lépés, hogy az állam a globális szinten kibontakozó vízkrisis mind magyarországi, mind azon túlmutató hatásainak kezelésében a korábbiakhoz képest aktívabb szerepet vállalt fel a kapcsolódó szakterületek lényegében minden szegletében. A 2011-ben megszületett Alaptörvényünk P) cikkében – a korábbi környezethez való jog védelmi szintjét mintegy továbbfejlesztve – a természeti erőforrásokat (köztük kiemelten a vízkészletet) a nemzet közös örökségként ismerte el, amelyek megóvása a jövő nemzedékek számára mindenki kötelessége (kiemelten pedig a magyar államé). Alaptörvényünk további előremutató fejlesztése továbbá az is, hogy – pusztán egy évvel az ENSZ Közgyűlésének vízhez és szanitációhoz való jogról szóló határozatának (A/RES/64/292) elfogadását követően már – az ivóvízhez való hozzáférés biztosítását *expressis verbis* (azaz egyértelmű és félreérthetetlen) alkotmányba foglalással is az állam kötelezettségévé tette (lásd az Alaptörvény XX. cik-

két). 2017-ben megszületett Magyarország első holisztikus, a vízszemlélet-kormányzás, az integrált vízgazdálkodás és a tájszemlélet-vízgazdálkodás koncepcióinak (Honti és társai 2017, Szilágyi 2018) megfelelően tételített, a 1110/2017. kormányhatározattal elfogadott Nemzeti Vízstratégia (NVS). Mindeközben a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) kiemelt kutatási programot indított (Báldi és társai, 2016) a víztudományok kapcsán a Nemzeti Víztudományi Kutatási Program néven. Az MTA kezdeményezésére értesítve, hogy a magyar kormány az NVS elfogadásával egy időben döntött a Nemzeti Víztudományi Kutatási Program (NVKP) felkarolásáról is. A sok hangsúlyos elképzelés és stratégia elkészítésén túl azonban konkrét lépések is történtek. Egyrészt a vízszolgáltatások két területén is kedvező folyamatok indultak meg: nevezetesen a víziközmű-szolgáltatások és a mezőgazdasági vízszolgáltatások újratervezése vonatkozásában. Tény ugyanakkor, hogy mindezek finanszírozási vetületei tekintetében még vannak nyitott kérdések. Mindazonáltal óriási pénzek kerültek felhasználásra mind a területi vízrendezés, mind a települési víziközmű-rendszerek terén. Mindeközben Magyarország jelentős erőfeszítéseket tett a hidrodiplopácia

terén is, s az eltelt néhány év tapasztalatai alapján úgy t -
nik, hogy nem is eredménytelenül. A 2011-es EU elnökség
egyik kiemelt témájává tettük a vizet, a második periódú-
sát kezd Köztársasági Elnökünk által felkarolt legf bb
ügy a nemzeti és nemzetközi vízkérdés, és immáron két
nemzetközi megakonferencián vagyunk túl nem csekély
nemzetközi eredményekkel. Az els Budapesti Vízkonfe-
rencia (BWS) hozadéka lett (*NVS, Bostic és társai 2015*),
hogy a vízügyek önálló kiemelését kaptak az ENSZ
(A/RES/70/1) 2016-tól él ún. Fenntartható Fejldési Cé-
lok (SDG-k) között. A második BWS egyik hangsúlyos
területe az, hogy a határon átnyúló vízkonfliktusokat mi-
nél inkább a határon átnyúló vízügyi együttm ködések
váltsák fel. Hangsúlyozzuk ugyanakkor, hogy a fent em-
lített számos pozitív fejlemény ellenére akad még b ven
tennivaló.

Jelen tanulmányunk közvetlen tárgyát képez jogsza-
bályi javaslat-csomag – nevezetesen a T/15373. számú,
2017. április 26. napján benyújtott törvényjavaslat – egy
el remutató, az Európai Unió COM(2012) 673. sz. vízstra-
tégiájában illetve Magyarország Nemzeti Vízstratégiájá-
ban is tételezett célkit zés megvalósítási folyamatába il-
leszkedik, nevezetesen az illegális vízkivételek felszámó-
lásának keretébe.

A törvényjavaslat közvetlen el zménye azon 2016-os
jogszabály-módosítás, amelynek során – többek között –
módosításra került a vízgazdálkodásról szóló 1995. évi
LVII. törvényünk (Vgtv) 27. §-a (*Szilágyi 2017b*). A jog-
szabály módosításával a döntéshozók a 2016. június 4.
napja el tt vízjogi engedély nélkül létesített vízkivételt
biztosító vízilétesítmény (például mez gazdasági öntö-
zésre használt kút) épített jének (tulajdonosnak) büntetés
nélkül teszük lehet vé e létesítmény legalizálását, ha az
ilyen létesítményre 2016. június 4. napja és 2018. decem-
ber 31. napja között vízjogi fennmaradási engedélyt kér-
nek. Abban az esetben, ha nem adható meg a fennmaradási
engedély – mivel a létesítmény vízgazdálkodási, környe-
zet- vagy természetvédelmi szempontból káros és ez általa-
kítással sem szüntethet meg –, akkor a létesítmény megs-
züntetésére kötelezik (*BM 2016*). Meglátásunk szerint
maga az intézkedés egy jó irányba tett lépésnek tekinthet
, de már relatíve hamar kiderültek bizonyos hiányosságok is
a változások kapcsán. Az egyik ilyen kérdés volt az, hogy
a 2018-as határid t követ en a döntéshozóknak lesz-e
majd kell akarata (és erre rendelt finanszírozása) az ille-
galításban maradt vízilétesítmények felkutatására. Egy kö-
vetkez problémaként jelentkeztek a fennmaradási enge-
dély megkérése kapcsán jelentkez költségek, nevezete-
sen, hogy ezek léte bizonyos fokú akadályt képezhet a leg-
alizálás útjában. Vagyis mindezekre tekintettel várható
volt az, hogy az ügynek lesz még folytatása.

A folytatás, a T/15373. számú, 2017. április 26. napján
benyújtott törvényjavaslat képében érkezett meg. Ezen tör-
vényjavaslat több törvény módosítását is érinti. Így az ille-
tékr l szóló törvényt (1990. évi XCIII. törvényt), a term -
föld védelméről l szóló törvényt (2007. évi CXXIX. tör-
vényt), és magát a vízgazdálkodásról szóló törvényt (Vgtv-
t) is. A törvényjavaslatban vannak olyan elemek – például
a fennmaradási engedélyt kér k (vagyis a legalizálók)
költségeit csökkent rendelkezések – amelyek mindenfajta

külön indoklás nélkül is üdvözlend k. Vannak olyan ele-
mek – például a korábbi 2018-as legalizálási határid meg-
hosszabbítása 2028. december 31. napjáig –, amelyek kap-
csán vet dhetnek fel kérdések (például, hogy e folyamat
nem lenne-e lezárható valamelyest korábban). És van egy
olyan eleme, amely viszont – megítélésünk szerint – ko-
moly újragondolást igényelhet. E szabály lényege, hogy a
80 méternél sekélyebb és házi vízigényt meg nem haladó
vízkivételt biztosító vízilétesítmény (leegyszer sítve: kút)
létesítéséhez nem tenné szükségessé sem engedélyezési,
sem bejelentési eljárás lefolytatását (továbbiakban: mente-
sülési kedvezmény vagy dereguláció). A pontosság kedvé-
ért fontosnak tartjuk megjegyezni azt, hogy a T/15373.
számú törvényjavaslat jogszabályi rendelkez részében se-
hol nem találkozhatunk magával a mentesülési kedvez-
ményt tartalmazó pontos jogszabályszöveg-tervezettel,
erre csak a törvényjavaslat indoklása utal illetve ez fejti ki
azt is, hogy ezen konkrét szabály kormányrendeleti szinten
kerülne bevezetésre.

E vonatkozásban megjegyezzük azt is, hogy a Kor-
mány honlapján jelen írás lezárásakor ugyan elérhet még
egy májusi jogszabály-módosítási javaslatsomag (*BM
2017*), amely több vízgazdálkodáshoz kapcsolódó kor-
mányrendeletet is érint, de ebben sem található meg a vita
tárgyát képez konkrét el írások. Vagyis sok tekintetben
jelen észrevételeink egy részleteiben még ki nem munkált
el terjesztés munkaverziója kapcsán értelmezend k.

A T/15373. számú törvényjavaslat jelent ségét – több
minden mellett – az adja, hogy a magyar lakosság ivóvíz-
igényeit jelent s részben a felszín alatti vizekb l elégítik
ki (lásd err l a 1155/2016. kormányhatározattal elfogadott
második vízgy jt -gazdálkodási tervünket, a VGT2-t),
vagyis az el terjesztés jelent sen érinti a korábban már
említett ivóvízhez való hozzáférés kérdéskörét is.

A fenti bevezet gondolatok kifejtése kapcsán alapve-
t en három egységre tagoltan foglalkozunk a kérdéskörrel.
Els ként megvizsgáljuk a kérdés természettudományi il-
letve mérnöki tudományi háttérét. Ezt követ en pedig a
magyar jog, majd pedig az európai jog szempontjából ér-
tekeljük a bevezetni szándékozott elképzelést.

A MENTESÜLÉSI KEDVEZMÉNY (DEREGULÁCIÓ) HATÁSAI A FELSZÍN ALATTI VIZEK ÁLLAPOTÁRA

A felszín alatti vizek kiemelt fontosságú szerepet játszanak
Magyarországon. Az ivóvíz ellátás szinte teljes mértékben
felszín alatti vízkészletekb l történik. Világhír ásvány-,
gyógy-és hévíz készleteink is felszín alatti eredet ek. A
k zetek pórusaiban és repedéseiben tárolt felszín alatti vi-
zeinkre, mint az egyik legértékesebb természeti er for-
rásra tekinthetünk. Az emberi szem számára láthatatlan
felszín alatti vizek ugyanakkor igen összetett rendszert al-
kotnak hazánk területe alatt. Ez a kiemelt fontosságú ter-
mészeti rendszer igen bonyolult és érzékeny. A f bb tör-
vényyszer ségek megértéséhez feltétlenül ismerni szüksé-
ges az alapvet hidrogeológiai paraméterek mellett a fel-
szín alatti áramlási rendszereket, amelyek mentén víz-
áramlás és anyag-, valamint h transzport folyamatok, to-
vábbá kölcsönhatások játszódnak le. Bár az áramlási rend-
szerek mentén a folyamatok dönt en igen alacsony sebes-
séggel zajlanak, bármely beavatkozás a felszín alatti vizek

vonatkozásában sohasem marad lokális, hanem az évek, évtizedek, évszázadok vagy évezredek vonatkozásában még ha csökken amplitúdóval is, a hatások térben továbbterjednek egyfajta hidraulikai folytonosság eredményeképpen (Sz. Cs. és Mikita 2016).

Magyarországon a vízgyjt-gazdálkodási terv elkészítésekor 185 felszín alatti víztest került kijelölésre. A sekély porózus víztestek száma 55, míg a sekély hegyvidéki víztestek száma 22. Azaz 77 sekély felszín alatti víztest található hazánkban, amelyeket mindenféleképpen érintene a tervezett dereguláció. A javasolt 80 méteres mélység miatt a 48 porózus víztest egy jelentős része is negatívan érintett lehet. Ez azt jelenti, hogy a felszín alatti víztestek több felét valamilyen módon biztosan érintheti a javasolt szabályozás. A törvényjavaslat célja olyan szabályozás kialakítása, amely 80 méteres kútmélységig nem teszi szükségessé sem engedélyezési, sem bejelentési eljárás lefolytatását. Ha ez megvalósulna, akkor semmilyen létesítési információ nem áll majd rendelkezésre a 80 méternél sekélyebb kutakról, sem a kutak működéséről és hatásáról. A várható negatív hatások az érintett felszín alatti vízkészleteket mennyiségi és minőségi szempontból is érintheti. Lehetetlenné tenné a megbízható vízgyjt-gazdálkodási tervezést. Ellehetetlenítené a felszín alatti vízkészlet-gazdálkodást. Veszélyeztetné hazánk jelenleg méltán elismert ivóvízellátását. A feltételezhető negatív hatásokkal kapcsolatos részletek ennek megfelelően kerülnek felsorolásra az alábbiakban.

Mennyiségi aspektusok

A világ vízellátásában a felszín alatti víz átvette a vezető szerepet a felszíni vízkészletektől. Európában ma már a vízellátás 75%-a, míg Magyarországon több mint 95%-a származik a felszín alatti vizekből. Bár az ivóvízellátó közművek napi kapacitása Magyarországon 4,5 millió m³, a termelt ivóvíz éves mennyisége csak kb. 700 millió m³. Az ivóvíz mellett az ásvány- és gyógyvizeinket, valamint a hévizeket is magában foglaló felszín alatti vízkészleteink még inkább felértékelődtek a méltán híres balneológiai és energetikai célú hévízhasznosítás miatt. A hazai hévíztermelés nagysága a hivatalos adatok és becslések szerint elérheti az évi 100 millió m³ értéket. Az évi 700 millió m³ nagyságú ivóvíz termelés döntő részét olyan vízműkutak adják, amelyeknek a szűrt szakaszai a felszín alatt 50 és 150 méter mélységben helyezkednek el. Az ismert és regisztrált vízkivételek mellett sajnos ma Magyarországon több százezer illegálisan fúrt kút is terheli a felszín alatti vízkészleteket. Egyes becslések szerint az illegális kutak száma akár elérheti az egymilliót is. Ezek a már létező illegális kutak döntően 50-60 méternél nem mélyebbek. Sajnos a jelenlegi helyzet is már igen komoly problémákat vet fel, hiszen az említett illegális kutak által termelt nem regisztrált vízkivétel mértéke elérheti az évi 100 millió m³ értéket. Ez a mennyiség már jelenleg is több helyen komolyan veszélyezteti a fenntartható felszín alatti vízhasznosítást és gazdálkodást.

Mindezek fényében a T/15373. számú törvényjavaslat indoklásában közölt 80 m-es mélység szakmai szempontból elfogadhatatlan, mivel ez már az országban igen kiterjedten megtalálható, úgynevezett védett vízműves rétegek további ellenrizetlen igénybevételét jelentené. A felszín

alatti áramlási rendszerek törvényszerű ségei miatt a különböző mélységben található vízkészletek igen érzékeny és összetett kapcsolatban állnak egymással. A javasolt törvényjavaslat hatására nem csak a hazai kiváló minőségű és kiemelkedő biztonságú ivóvízellátás kerülhet veszélybe, hanem hosszabb időtávon a világhírű ásvány-, gyógy- és hévíz készleteink mennyiségi viszonyai is károsan sérülhetnek. A túlzott mértékű és ellenrizetlen felszín közeli vízkivétel károsan befolyásolja a mélyebb elhelyezkedésű felszín alatti rétegek természetes utánpótlódási viszonyait is. Lehetetlenné válna lokális, területi vagy regionális vízmérlegeket készíteni, hiszen semmilyen információ nem állna rendelkezésre az újonnan létesült kutakról, azok víztermelési adatairól bejelentési és engedélyezési kötelezettség híján. Vagyis a tervezett szabályozás eredményeképpen megbecsülhetetlen számú új kút létesülhet a már mai is több helyen túltermelt legfelső vízadó rétegek vonatkozásában. Az új kutak, ill. az új kutak termelésének igen nagy százaléka eshet ki teljesen a vízügyi hatóság szabályozási látóköréből, a vízgyjt-gazdálkodási tervezésből, és a fenntartható vízgazdálkodásból.

Az ellenrizetlen mértékű terhelések olyan jelentős (akár 0.5-1.0 méternél is nagyobb) felszín közeli vízszint süllyedésekben nyilvánulhatnak meg, amelyek a felszín alatti víztől függő ökoszisztémák (FAVÖKO) károsodásához is vezethetnek. A prognosztizálható, nagy területekre kiterjedő országos talajvízsüllyedés azonban nemcsak a természetes növényzetre lehet hatással, hanem a szántóföldi növénykultúrák öntözési igényét is tovább növelheti. E folyamat enyhítésére még több ellenrizetlen kút létesülne továbbrontva egyfajta negatív spirálként a felszín alatti vizekkel kapcsolatos mennyiségi állapotokat.

Minőségi aspektusok

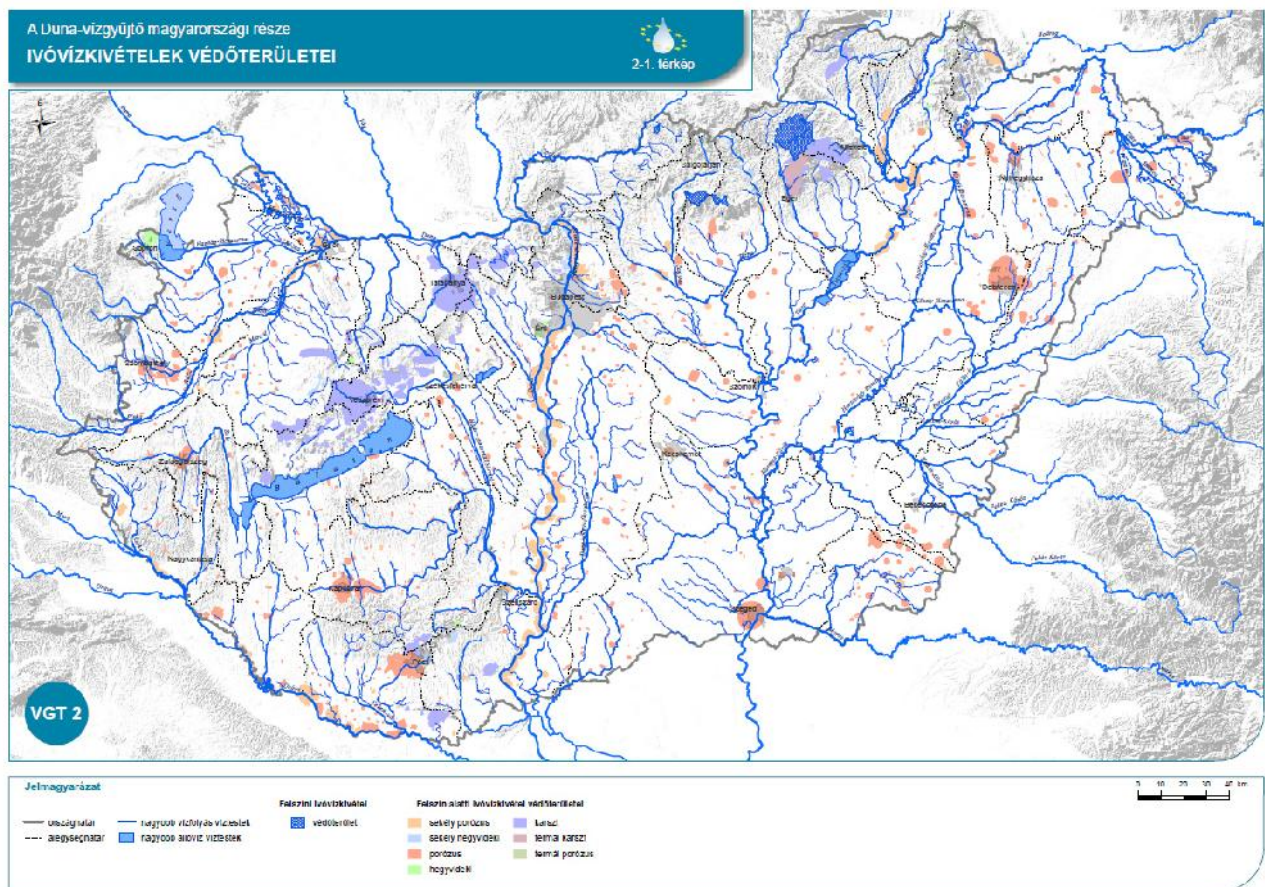
A hazai vízgyjt-gazdálkodási terv szerinti kémiai állapotértékelés azt vizsgálja, hogy lejutott-e szennyezőanyag a felszín alatti vízbe, és ha igen akkor milyen mértékben. Felszín alatti víztartóink jelentős hányada sérülékeny, ami azt jelenti, hogy a földtani felépítés következtében a felszínre a szennyeződések rövid idő alatt lejuthatnak a felszín alatti vízbe, ahol elkeverednek, és a felszín alatti áramlások révén akár egy teljes víztestet is elszennyezhetnek, gyenge kémiai állapotot eredményezve (Sz. Cs. és Társai 2009). A szennyezőanyagok jelenléte az ivóvizet szolgáltató vízbázisok esetében az emberi egészséget közvetlenül is veszélyeztetheti, ezért a víztesteken belül a vízbázisok (I. ábra) kiemelt figyelmet kapnak az állapotértékelés során.

Az engedély és bejelentési kötelezettség nélküli kútkivétel, valamint az üzemeltetés miatt igen nagy a kockázata a jelenleg tiszta és védettnek tekintett vízadóink elszennyezésének, vagy a már szennyezett és nem szennyezett vízadó rétegek nem szándékolt összekötésének továbbrontva a helyzetet több területen hazánkban. A legnagyobb veszélyt a szakértelem nélküli tömeges kútkivétel jelentheti. A tervek és engedélyek híján a sokszor kontár kútfúrás és kiképzés mindennemű szakmai védelem nélkül elképesztő nagy kockázatot jelent a felszín alatti vizek elszennyezésének vonatkozásában. A rosszul kialakított cementezett kutak szinte vertikális gravitációs ejtként szolgálhatnak a különböző típusú felszíni szennyeződések

felszín alá jutatásában. Azután pedig a felszín alatti áramlások révén a vízben oldott szennyeződések horizontális, vagy akár vertikális irányú továbbterjedése megállíthatatlan. Az pedig közismert tény, hogy a felszín alatti szennyezés eltávolítása igen drága és akár évekig tartó folyamat lehet. Sokszor egyáltalán nem is lehetséges. Ennek fényében kijelenthetjük, hogy ilyen mértékű kockázat nem vállalható a felszín alatti vízkincsünk védelme szempontjából. További veszélyt jelenthet, ha a vízbázisok fokozott védelmét el segít felszíni védőterületeken engedély nélküli kút létesítés, amely a vízminőségi problémákon kívül akár káros hatással is lehet a hatóságilag engedélyezett víztermelésre. A védettnek gondolt vízbázisok is komolyan veszélybe kerülhetnek, hiszen az engedély és bejelen-

tés kötelezettség nélküli kutak láthatatlan és ellenrizhetetlen csapdákat jelentenek a felszín közeli szennyeződések mélybe juttatásánál.

Magyarországon a felszíni vizek és a talajvíz jelentős része is már jelenleg is olyan mértékben szennyeződött, hogy ivóvízként csak igen költséges vízkezelési és tisztítási eljárással lenne hasznosítható. A jelenlegi nem túl jó állapot kialakulásában eddig is jelentős szerepet játszottak a fentebb említett már meglévő illegális és rossz kialakítású és műszaki állapotú kutak. Nem véletlen, hogy évek óta szorgalmazza a hazai hidrogeológus társadalom, hogy az illegális, ezért ellenrizhetetlen és jellemzően szakszerűtlen (kontár) kútúrású tevékenység ellen lépjen fel a hatóság.



1. ábra. A vízbázisvédelmi program keretében kijelölt védőterületek (Forrás: VGT2)

Figure 1. Protected areas designated under the Water Resources Protection Program (Source: RBMP2)

A MENTESÜLÉSI KEDVEZMÉNY (DEREGULÁCIÓ) A FELSZÍN ALATTI VIZEK VÉDELMERE VONATKOZÓ MAGYAR SZABÁLYOZÁS ÉS JOGGYAKORLAT TÜKRÉBEN

Előjáróban fontosnak tartjuk az arra való utalást, hogy a magyar jogban a felszín alatti vizek részleteiben kimunkált védelme – számos szabályozási elzárás ellenére is (lásd például a már hatályon kívül helyezett 33/2000. sz. kormányrendeletet) – lényegében meglehetősen új területe a vízvédelmi jognak. Mindemellett a felszín alatti vizek szabályozása az elmúlt években nem egyszer került a közérdeklődés és illetve vizsgálatok középpontjába.

A Köztársasági Elnök észrevételei a felszín alatti vizek szabályozása kapcsán

A területtel kapcsolatos anomáliákra szemléletesen világított rá a termálvíz visszasajtolásának – több éven át tartó – kérdése is, amikor is egy 2009-es törvényjavaslat kapcsán még az akkori Köztársasági Elnök, *Sólyom László* is fontosnak tartotta, hogy megszólaljon az ügyben, s t, visszaküldte az Országgyűlésnek megfontolásra az elfogadott törvényjavaslatot. A Köztársasági Elnök akkor több szempontból is körbejárta a termálvíz visszasajtolása alóli mentesítésre vonatkozó jogalkotói elképzeléseket, és elviekben maga sem tartotta kizártnak azt megfelelő, szak-

szer szabályozással (!). A konkrét javaslat kapcsán azonban a Köztársasági Elnök nem tartotta megfelelőnek sem a módosítás el készítését, sem a konkrét jogszabály tartalmát: „Az általam ismert szakérti vélemények szerint azonban ezeknek a körülményeknek a felmérése, értékelése, a környezeti hatások modellezése rendkívül hosszú és pénzigényes folyamat, melyre nem alkalmas egy vízügyi hatósági engedélyezési eljárás, sem pedig a jelenlegi, törvény-nél alacsonyabb szint szabályozás-együttes, melyekre a [módosító] Törvény utalja a visszasajtolás alóli mentesítést.” (Köztársasági Elnök 2009). Az ügy végső kimenetele (legalábbis egyelőre) az lett, hogy a jogalkotó a kertészeti ágazat támogatásaként 2013 tavaszán megszüntette az *energiahasznosítási célra kitermelt termásvíz* általános visszatáplálási kötelezettségét (Szilágyi 2015, Szilágyi 2017a, Zákányi 2017).

Az Alkotmánybíróság gyakorlata az Alaptörvény vonatkozó rendelkezéseire figyelemmel

A Nemzeti Vízstratégia maga is kiemelt problémaként kezeli a felszín alatti vizeket becslések szerint nagyban érintő *illegális vízkivételt* (NVS 33., 72., 84.), s t esetében fontos feladatként fogalmazza meg a *hatósági tevékenység meger sítését* (NVS 95.), amely elképzelések jól illeszkednek mindazon koncepcionális keretekhez, amit az Alaptörvényben a jogalkotó a környezethez való jog védelme, a természeti erőforrások meg rzése, vagy az ivóvízhez való hozzáférés biztosítása kapcsán rögzített. E koncepcionális keretet az Alkotmánybíróság – egyébiránt jelent s részben támaszkodva az Alaptörvény el tti Alkotmányt értelmez alkotmánybírósági gyakorlatra (különösen: 28/1994. AB határozat, Fodor 2006) – nemrégiben egyébiránt maga is részleteiben elemezte (lásd: 16/2015. AB határozat, 93-111.), s mindeközben meger sította a környezethez való jog egyik legkarakteresebb tartalmi elemét, az ún. *visszalépés tilalmát*, amely leegyszer síve azt jelenti, hogy a környezet érdekében már egyszer elért védelmi szintet nem lehet kedvez tlenebb irányba módosítani, a védelem szintje pusztán pozitív irányba fejleszthet .

A mentesülési kedvezményre (deregulációra) vonatkozó konkrét javaslat

A T/15373. számú törvényjavaslat konkrét el írásaira rátérve a következőket érdemes kiemelni. A T/15373. számú törvényjavaslatban vannak olyan elemek, amelyek a korábbi, 2016-os módosítások szerves folytatásának tekinthetők. Így például a 2016. június 4. napja el tt vízjogi engedély nélkül létesített vízkivételt biztosító vízállásbiztosító (például kút) építet jének (tulajdonosának) érdekében – akinek kútja az új elképzelések alapján nem esne a mentesülési kedvezmény hatálya alá – meghosszabbították azon határid t (2028. december 31. napjáig), ameddig vízgazdálkodási bírság megfizetése nélkül kérhet vízjogi fennmaradási engedélyt, lehetővé téve ezzel a létesítmény legalizálását (T/15373, 3. §). Ezen határid íg egyébiránt a T/15373. számú törvényjavaslat az ilyen fennmaradási engedélyek eljárásait mentesítené az igazgatási szolgáltatási díj megfizetési kötelezettsége alól is (T/15373, 5. §). A T/15373. számú törvényjavaslat fontos könnyítése mindenféle vízkivételt biztosító vízállásbiztosító létesítése esetén, hogy a vízgazdálkodási

szakterületen túl kedvezményt biztosít a földvédelmi eljárásban is. Mentésítene ugyanis a törvényjavaslat az ingatlanügyi hatóság engedélye alól, ha immáron a term föld más célú hasznosítására kút létesítése céljából kerülne sor (T/15373, 7. §).

Ami a mentesülési kedvezményt illeti, érdemes megemlíteni, hogy az illegális vízkivétel elleni fellépés egyik lehet sége vitathatatlanul az, hogy a jogalkotó újragondolja egyazon ügykörben a jogszer és a jogszer tlen magatartások közötti határvonalat, és amennyiben társadalmilag indokoltnak találja, akkor a határt immáron máshol húzza meg. A T/15373. számú törvényjavaslat mentesülési kedvezménye kapcsán – feltételezhetően (ugyanis a törvényjavaslat lényegében nem tér ki az indokokra!) – jelent s részben (ha nem is kizárólagosan) err l van szó, vagyis, hogy az egyébként vitathatatlanul fennálló, esetenként gyakorta kis vízmennyiséget érintő illegális vízvételést a jogalkotó – azok (vélt vagy valós) kis súlya miatt, esetleg a jogszer tlen magatartások felderítésének nagy költségeire tekintettel – legálissá, tehát jogszer vé tenné. Ezt megvalósítandó a T/15373. számú törvényjavaslat indoklása alapján a jogalkotó vízjogi engedély és bejelentés nélkül tenné lehetővé 80 méternél sekélyebb és házi vízigényt meg nem haladó vízkivételt biztosító vízállásbiztosító létesítését. E mentesülési kedvezmény nem vonatkozna ugyanakkor a hideg és termálkarszt készletekbe (víztestekbe) történő beavatkozás eseteire. Az ezen részében pontos jogszabálysöveg-tervezet hiánya miatt nem teljesen világos még, hogy a ‘házi vízigény’ esetében pontosan mit is ért az el terjeszt . Egyelőre tehát érdemes a jelenlegi hatályos joganyagban már ismert házi vízigény kategóriájából kiindulni; nevezetesen, hogy kutak esetében, a magánszemélyek részér l a ‘házi ivóvízigény és a háztartási igények’ kielégítését szolgáló kút létesítéséhez, üzemeltetéséhez a települési önkormányzat jegyz jének engedélye szükséges (és nem a területi vízügyi hatóságtól kell *vízjogi engedélyt* kérni). Ezen esetekben pedig a szóba jöhető vízmennyiség 500 m³/év vízigénybevétel takar (72/1996. kormányrendelet 1. §, 24. §). A törvényjavaslat ugyanakkor egyértelműen rögzíti azt is, hogy a mentesülési kedvezmény önmagában nem mentesíti az építet t a vízvédelmi, vízgazdálkodási, m szakai és biztonsági szabályok betartása alól (T/15373, 3. §), és ezen szabályok megsértése éppen ezért magával vonhatja azt is, hogy a vízügyi hatóság elrendeli az ilyen kút megszüntetését (T/15373, 4. §). Jól látható ugyanakkor, hogy ez a fajta szabályozás alapvetően egy utólagos beavatkozást tesz csak lehetővé a vízügyi hatóságok részér l, vagyis a kedvez tlen állapotok megakadályozását nem. A T/15373. számú törvényjavaslat mindezeket túl tartalmazna egyfajta utólagos könnyítést is, ugyanis a tervezett új jogszabályok hatályba lépése el tt, de legkorábban 2016. június 3-át követően indult, házi vízigény kielégítését biztosító kutak fennmaradási engedélyezési eljárása során már befizetett illetéket, valamint igazgatási szolgáltatási díjat, ha a kút a mentesülési kedvezmény hatálya alá tartozik, a kérelmező részére a tervezett új törvény hatálybalépését l számított harminc napon belül vissza kell fizetni (T/15373, 6. §).

A Jöv Nemzedékek Szószólójának (JNSz) elvi állásfoglalása a deregulációs javaslat kapcsán

A T/15373. számú törvényjavaslatra válaszul mindazonáltal nagyon rövid idő alatt, 2017. május 24. napján bocsátotta ki elvi állásfoglalását a felszín alatti vizek védelmében (továbbiakban: JNSz állásfoglalás) a Jöv Nemzedékek Szószólója, mint az Alapvet Jogok Biztosának Helyettese. Az elvi állásfoglalás rendkívül alaposan elemzi a T/15373. számú törvényjavaslat által tervezett helyzetet mind a nemzetközi, mind pedig a magyar jogszabályi környezet tükrében (lényegében az EU joganyaga az, amelyet csak kisebb részben érint). Magunk részéről mindazonáltal az elvi állásfoglalás következő megállapításait tartjuk fontosnak kiemelni. A felszín alatti vizekkel történő vízkivétel kapcsán a JNSz kiemeli azt, hogy a felszín alatti vizeknek milyen óriási jelentősége van az ivóvízhez való hozzáférés szempontjából, kitér arra is, hogy a kutaknak (nem csak azok létesítésekor, de használatukkor, vagy esetleg éppen a használatukkal történő felhagyást követően) milyen jelentős hatása lehet a felszín alatti vizek minőségére és mennyiségi állapotára, s felhívja a figyelmet arra is, hogy az „ország közüzemi ivóvízellátásának kb. felét 80 m-nél sekélyebb kutak biztosítják, és számos területen ezen vízadók esetleges elszennyeződése vagy túlhasználata esetén nincs is lehetőség más vízbázis reális költségen történő igénybevétele” (JNSz állásfoglalás, 2.). A JNSz jelen ügy kapcsán visszautal korábbi tapasztalataira is, amelyek során „megállapítást nyert, hogy az engedély nélkül létesített kutak száma a 2010-es évekre drasztikusan megemelkedett, veszélyeztetve az állami és az önkormányzati vízkészlet-gazdálkodást. Megállapítást nyert az is, hogy ‘az illegálisan létesített kutakból kivett vízmennyiség nem szerepel a vízkészlet nyilvántartásban, így nem a rendelkezésre álló vízkészlet, sem az igénybevételi határérték nem állapítható meg teljes bizonyossággal, ezért a vízjogi engedélyezési eljárás sok esetben téves adatokon alapul, így sérül a jogbiztonság követelménye. Ezen adatok hiányában a vízügyi hatóság nem tud kellő hatékonysággal fellépni az állam tulajdonában álló, a nemzet közös örökségét képező felszín alatti víz védelme érdekében” (JNSz állásfoglalás, 10.). A fentiekre alapozva, a JNSz értékeli T/15373. számú törvényjavaslat lehetséges hatásait a felszín alatti vizek minőségére, az ivóvízhez való hozzáférésre, levonva azon következtetést, hogy „a kutak engedélyeztetéséhez, illetve a létesítés elzetes bejelentéséhez kötésének felszámolása a hazai felszín alatti vizekkel való fenntartható gazdálkodást és az ivóvízellátás biztonságát közvetlenül veszélyezteti, a hatékony állami védelmet megakadályozhatja” (JNSz állásfoglalás, 2.). A JNSz szerint pedig így a mentesülési kedvezmény kedvezőtlenül érinti több alapvető jog érvényesülését is, így például a környezethez való jogot, és az egészséghez való jogot is (JNSz állásfoglalás, 2., 4., 5.); megjegyezzük, hogy az alapvető jogokon kívül a JNSz aggályokat fogalmazott meg az elvígázhatóság elvének sérelme miatt is. A JNSz legfontosabb megállapítása mindezek után pedig – amelyben egyúttal visszautal a már korábban általunk is hivatkozott alkotmánybírói gyakorlatra –, hogy a „Törvényjavaslat kapcsán felmerül egyik legjelentősebb alkotmányjogi aggály, hogy az a jogszabályokkal már elért védelmi szinttel való visszalépés tilalmába ütközik” (JNSz állásfoglalás,

15.). Mindezekre tekintettel a JNSz kérte „a Törvényjavaslat benyújtóját, hogy a T/15373 számon benyújtott törvényjavaslat módosító indítványát vonja vissza... [és] készítse hatástanulmányt, mérje föl, hogy a kutak felülvizsgálata, ... megszüntetése, illetve rendbetétele milyen társadalmi, gazdasági és környezetvédelmi következményekkel jár és a negatív hatások milyen eszközökkel, intézkedésekkel elzhetők meg, illetve hatástalaníthatók...” (JNSz állásfoglalás, 3.). Ezen túl javasolta „az állami engedélyezési rendszer fenntartását, a bejelentés lehetőségének egészen szigorú szűkítését” (JNSz állásfoglalás, 3.); amely javaslatát egyúttal értékelte a Vgtv 2016-os módosításának koncepciójához való visszatérés javaslatoként is: „örömteli eredmény volt a vízgazdálkodási törvény 2016-os módosítása, mely elrendelte az engedély nélküli kutak felülvizsgálatát és kötelezte a tulajdonosokat az engedély megszerzésére” (JNSz állásfoglalás, 11-12.). Ahogy korábban a Köztársasági Elnök, úgy a JNSz is felhívja a figyelmet arra, hogy a felszín alatti vízbázisaink kapcsán még nagyon hiányosak az ismereteink, pedig „a társadalom tagjai csak akkor tudják teljesíteni a... kötelezettségüket, ha megismerhetik a felszín alatti vízbázisok jellemzőit” (JNSz állásfoglalás, 3.).

A MENTESÜLÉSI KEDVEZMÉNY (DEREGULÁCIÓ) A FELSZÍN ALATTI VIZEK VÉDELMERE VONATKOZÓ UNIÓS SZABÁLYOZÁS TÜKRÉBEN

Az európai uniós jog relevanciája

A felszín alatti vizek védelmével és a velük való gazdálkodással kapcsolatos magyar jogszabályok, valamint szakpolitikai célkitűzések jelentős mértékben az Európai Unió jogszabályain, illetve egyéb ágazati dokumentumain alapulnak. Bár a vonatkozó uniós szabályozás teljes mértékben átültetésre került a magyar jogrendszerébe, az uniós jog ettől azonban nem veszti el autonóm jogi hatályát. Éppen ellenkezőleg, az uniós jog elsősorban alkotmányos elve alapján folyamatosan vizsgálható és vizsgálendő a hatályos magyar jogszabályok EU-jognak való megfelelése. Az uniós jog sajátos kikényszerítési rendszerének megfelelően amennyiben a két jogi rendszer között ellentmondás merül fel, akkor – bizonyos feltételek között – a magyar hatóságoknak, a bíróságoknak az uniós jog primátusa okán mellőzniük kell az EU jogrendszerébe ütköző nemzeti jogszabály alkalmazását, akár a tételes joggal szemben is (Craig és de Búrca 2015). A T/15373. számú törvényjavaslat, illetve annak majdani végrehajtási rendeletei ezért csak akkor fogadhatók, illetve akkor hajthatók végre, ha azok nem ütköznek az uniós vízvédelmi szabályozással. Ellenkező esetben számolni kell az uniós jogsértés következményeivel (lásd részleteiben az alábbi ismertetésről a továbbiakban).

A felszín alatti vizek védelmére vonatkozó európai uniós elírások

Az uniós jog központi vízvédelmi jogi aktusa az Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK számú irányelve, vagyis az ún. víz keretirányelv (VKI). A VKI, illetve a kisebb részben az Európai Parlament és a Tanács 2006/118/EK számú irányelve, az ún. felszín alatti víz irányelv, egyértelműen kijelölik a nemzeti vízpolitika és

szabályozás felszín alatti vizekkel kapcsolatos mozgásterét. Így különösen az uniós jog meghatározza a felszín alatti vizekkel való gazdálkodás

- i) alapelveit,
- ii) környezeti célkit zéseit (mind vízmennyiség és vízmin ség vonatkozásában),
- iii) tervezési kereteit és határidejét,
- iv) monitoring kötelezettségit,
- v) környezeti célkit zéseit l való kivételes eltérés lehet ségét,
- vi) hatósági engedélyezésének alapvet szabályait,
- vii) ivóvízbázisokra vonatkozó követelményeit, valamint
- viii) fogyasztók által fizetend költségeit.

i) A felszín alatti vizekkel való gazdálkodás kiindulópontját az Európai Unió M ködésér l szóló Szerz désben (EUMSZ) foglalt általános környezetvédelmi *alapelvek*, így különösen a magas szint védelem, kötelezettsége, az el vigyázatosság elve, a „szennyez (használó) fizet” elve valamint a megelőzés elve jelentik (EUMSZ 191. cikk (2) bek.). Ebb l vezethet ek le a vizekre vonatkozó, VKI-ban található speciális alapelvek, úgy mint a fenntartható erőforrás-használat vagy a mennyiségi és min ségi aspektusok integrált kezelése (VKI preambulum (18), (34) bek.), vagy a felszíni alatti vizekre vonatkozó különös alapelvek, mint a korai cselekvés és a hosszú távú tervezés kötelezettsége (VKI preambulum (28) bek.) vagy a felszín alatti vizek utánpótlása és a vízkivételek egyensúlya (VKI. 4. cikk (b) (ii) pont). Fontos általános érvény elvárás emellett, hogy a felszíni, felszín alatti és a vízt l függ szárazföldi ökoszisztémákat egységesen kell védeni (VKI preambulum (34) bek., 1. cikk (a) pont).

ii) A fentiek tükrében a felszín alatti vizekkel való gazdálkodás célfüggvénye az ún. *jó vízállapot* megvalósítása (VKI 4. cikk). Egy felszín alatti víztest akkor min sül jó állapotúnak, ha annak mind *kémiai*, mind *mennyiségi állapota* jónak tekinthet a VKI mellékleteiben meghatározott paraméterek tükrében (VKI 2. cikk 19., 20., 25., 26., 28. pontok és V. melléklet). Ennek érdekében a tagállamoknak: (a) meg kell akadályozniuk a felszín alatti vizek állapotának romlását, (b) a vízkészletek hosszú távú védelme mellett el kell segíteniük a fenntartható vízhasználatot, (c) folyamatosan csökkenteniük kell a felszín alatti vizek szennyezését (VKI 1. cikk).

iii) A jó állapot elérését, illetve a meglév jó állapot fenntartását a tagállamoknak programszerűen, a VKI által kijelölt menetrend mellett kell megvalósítaniuk. Ennek végrehajtási keretét a hatévente felülvizsgálandó *vízgy jt gazdálkodási tervek*, valamint kapcsolódó intézkedési programok jelentik (VKI 11., 13. cikk). A vízgy jt gazdálkodási terveknek tartalmazniuk kell a felszín alatti vizekre vonatkozó legfontosabb, az irányelv alapján meghatározott mennyiségi és min ségi *adat*ot, így különösen a felszín alatti víztestek mennyiségi állapotát, kémiai állapotát – ezen belül a szennyez anyag-koncentráció jelent s és tartós elemelkedését –, valamint a jó állapot elérésre vonatkozó intézkedéseket. A felszín alatti vizek min ségi vagy mennyiségi állapotába tartozó valamennyi általános jelleg beavatkozást a

vízgy jt gazdálkodási terveknek nemcsak, hogy tartalmazniuk kell, azoknak szervesen illeszkedniük kell a VKI által kijelölt célrendszer megvalósításához (VKI VII. melléklet).

iv) A felszín alatti vizekkel való prudens gazdálkodás feltétele az érintett víztestek állapotának ismerete, melynek alapja a VKI és a felszín alatti víz irányelv alapján által meghatározott *monitoring*. A monitoring alapelveit, a mér pontok s r ségét, a mérések s r ségét, az állapot értékelésének módszertanát stb. a két irányelv részletesen meghatározza. A monitoring rendszer kialakításának és m ködtetésének elvi kiindulópontja, hogy az megbízható értékelést kell adjon minden felszín alatti víztest mennyiségi és kémiai állapotáról, ideérve a hasznosítható felszín alatti vízkészleteket, valamint a szennyez anyag-koncentráció jelent s és tartós elemelkedését (VKI V. melléklet 2.2.1, 2.4.1 pontok). A felszín alatti víz állapotának ismeretéhez kapcsolódó további kötelezettség, hogy a tagállamoknak hatósági nyilvántartást kell vezetniük az egyes vízkivételekr l, mely el írástól csak kivételes lehet eltérni (VKI. 11. cikk 3. bekezdés e) pont).

v) A jó vízállapot megvalósításának célkit zését l a tagállamok csak *kivételesen* térhetnek el. A kivétel vonatkozhat (a) a VKI által megszabott *határid k* meghosszabbítására, (b) a jó állapotnál *kevésbé szigorúbb célkit zések* meghatározására, (c) a jó állapottól való *ideiglenes eltérés*ére. Végül, (d) a VKI sz k körben lehet vé teszi, hogy a tagállamok ne csak az állapotromlás megakadályozására, valamint az állapotjavításra vonatkozó kötelezettségt l térjenek el, hanem kifejezetten maguk idézzék el a *felszín alatti víz állapotromlását*. E kivételek kapcsán az alábbiakat érdemes kiemelni.

(a) Gazdasági, természeti vagy m szakai nehézségekre hivatkozva meg lehet hosszabbítani a jó állapot elérésére rendelkezésre álló határid t maximum kétszer hat évvel. Ezen id alatt is gondoskodni kell az állapotromlás megelőzésér l (VKI 4. cikk 4. bek.).

(b) Súlyosan károsodott (szennyezett) felszín alatti víztestek esetében meghatározható a jó állapotnál kevésbé szigorúbb célállapot is, amennyiben azt az el idéz emberi tevékenységnek nincs környezetileg lényegesen kedvez bb, ám aránytalanul drága alternatívája. Kevésbé szigorú célállapot megállapítása esetén sem engedhet meg azonban az érintett víztest állapotának további romlása (VKI 4. cikk 5. bek.).

(c) Súlyos és el reláthatatlan természetes körülmények vagy vis maior esetén (pl. súlyos szárazság) megengedhet a jó állapottól való *ideiglenes* eltérés, ebben az esetben is meg kell akadályozni a vízállapot további romlását (VKI 4. cikk 6. bek.).

(d) Végül, sz k körben az irányelv lehet séget ad olyan *új beavatkozásokra* is, melyek egyenesen *egy adott felszín alatti víztest állapotának romlására vezetnek*. Ennek konjunktív feltételei az alábbiak: (d1) a beavatkozás oka olyan valamely *különös jelent ség közérdek*, illetve (d2) a beavatkozás emberi *egészség, biztonság védelme* vagy a *fenntartható fejl désre gyakorolt pozitív hatása* megha-

ladja a jó vízállapot hiányából fakadó környezeti és társadalmi károkat, továbbá (d3) a tagállam mindent megtesz azért, hogy az állapotromlásra vezet beavatkozás káros hatásait csökkentse, végül (d4) a beavatkozás megvalósításának nincsen olyan alternatívája, amely „*m szaki megvalósíthatóság vagy az aránytalan költségek miatt [...] a környezet számára jóval el nyösebb*” (VKI 4. cikk 7. bek.).

Mind az (a)-(d) pont szerinti derogációk feltétele, hogy azok alkalmazási körét a vízgyjt-gazdálkodási tervekben meg kell határozni, valamint hogy nem befolyásolhatja más víztestek kapcsán a jó vízállapot elérését (VKI 4. cikk 8. bek.).

vi) A VKI emellett meghatározza a felszín alatti vizekkel kapcsolatos beavatkozásokkal kapcsolatos alapvet engedélyezési követelményeket is. Így, f szabály szerint a felszín alatti vízkivételeket egyedileg engedélyezni kell, mely engedélyekről a hatóság nyilvántartást vezet. A VKI az engedélyezési követelmény alól csak akkor ad felmentést, ha a kérdéses vízkivételek hatása a víz állapotára elhanyagolható (VKI 11. cikk 3. bek. e) pont). Hasonlóképpen engedély-köteles a visszasajtolás, illetve a szennyező anyagok felszín alatti vízbe történ közvetlen bevezetése, amennyiben azt a VKI vagy más uniós jogszabály nem tiltja (VKI 11. cikk 3. bek. f), g) és j) pontok).

vii) Az általános szabályokon túl a VKI különös figyelmet szentel az ivóvízbázisok védelmére. Így, a tagállamok kötelesek felmérni, ún. védett területként kijelölni azokat a felszín alatti víztesteket, amelyeket emberi fogyasztásra szánt vízkivételre használnak átlagosan napi 10 m³-nél több víz biztosítására vagy több mint 50 személy ellátására, illetve meghatározni azokat a víztesteket amelyeket a jövőben ilyen használatra szánunk (VKI 7. cikk 1. bek.). A napi 100 m³-t meghaladó ivóvizet adó víztestekre speciális monitoring követelmények vonatkoznak. Valamennyi azonosított ivóvízbázis kapcsán alapvet követelmény azok min ségi és mennyiségi állapotának védelme (VKI 7. cikk 1., 3. bek.).

viii) Az ivó- és öntöz víz kivételét és felhasználását a VKI olyan vízszolgáltatásnak tekinti, mellyel kapcsolatban a tagállamoknak érvényesíteniük kell az ún. *költségmentérülés elvét*. Ez azt jelenti, hogy f szabály szerint a mez gazdasági célú vízkivételek hasznélvez inek a takarékos vízhasználatot ösztönző olyan díjat (járulékot, stb.) kell fizetniük, amely megjeleníti a felhasznált er forrás ún. környezeti költségeit (azaz egy korlátozottan megújuló közös természeti er forrás használatának az árát), és az ún. készletköltségeit (túlzott vízkivétel miatti költségeket, károkat), illetve hozzájárul a kapcsolódó infrastruktúra hosszú távú finanszírozásához (C-525/12. sz. ügy, 55. pont). A tagállamok a teljes költségmentérülés elvének egy-egy ágazatra történ alkalmazásától kivételesen akkor térhetnek el, ha ez nem veszélyezteti a jó vízállapot elérését vagy fenntartását. A költségek megtérítésének szabályait és módszertanát a vízgyjt-gazdálkodási tervekben be kell mutatni (VKI 9. cikk).

A mentesülési kedvezmény értékelése az uniós jog tükrében

A mentesülési kedvezmény a felszín alatti vizek védelmére és az azokkal kapcsolatos gazdálkodásra vonatkozó valamennyi fent említett uniós szabállyal kisebb vagy nagyobb mértékben ellentétes.

i) A mentesülési kedvezmény gyakorlatilag kiveszi az állami vízgazdálkodás felügyelete alól a 80 méter mélységig fúrt kutakat és parttalaná teszi a derogáció alapján végzett vízkivételeket. Ez nyilvánvalóan *ellentétes* az elvígázatosság és megel zésnek az *Európai Unió m ködsér l szóló Szerz désben foglalt elveivel*. A vízhasználat ingyenessé tétele nem egyeztethető össze továbbá a „szennyező fizet elvével” (lásd az alább részletezett viii) pontot). Emellett a várható kontrollálhatatlan mennyiségi és min ségi hatások tükrében nem érvénysülnek a VKI-nek a felszín alatti vizekkel való gazdálkodásra vonatkozó speciális alapelvei, így különösen az utánpótlás és a vízkivételek egyensúlya.

ii) A mentesülési kedvezmény várhatóan jelent sen – ám a derogáció természetéb l adódóan pontosan nem prognosztizálható mértékben – rontja Magyarország felszín alatti vizeinek *mennyiségi és kémiai állapotát*. Ez *ellentétes* a VKI általános *környezetvédelmi célkit zéseivel* (állapotromlás megakadályozása, fenntartható vízhasználat stb.), valamint a jó mennyiségi és kémiai állapot elérésére vonatkozó, számszer sített és mérhető konkrét el írásokkal. Az a tény, hogy a mentesülési kedvezmény alapján kivett víz nem haladhatja meg 500 m³/év mennyiséget, nem tekinthető releváns korlátnak, ugyanis bejelentés, engedélyezés és monitoring hiányában a mennyiségi korlát betartása semmilyen formában nem ellen rizhető.

iii) A mentesülési kedvezmény bevezetése és hatásai *nem egyeztethetőek össze a vízgazdálkodás tervezésére vonatkozó uniós követelményekkel*. Egyrészt l, a kontroll nélküli, azonosíthatatlan vízkivételek általában nem teszik lehetővé a VKI által el írt, a vízmennyiség és kémiai állapot naprakész ismeretén és hosszú távú trendelemzéseken alap vízgyjt-gazdálkodási tervezést. Másrészt l, a felszín alatti vizekkel kapcsolatos célállapotokat, szabályrendszert, intézkedést tartalmaznia kell a hatályos vízgyjt-gazdálkodási tervnek. Nyilvánvaló, hogy a mentesülési kedvezmény bevezetése esetén ezen diszkrépancia nem lenne orvosolható egyszer en a 1155/2016. (III.31.) Korm. határozattal kihirdetett VGT2 egyszer módosításával. A mentesülési kedvezmény ugyanis a terv egyszeri és mélységi átdolgozását igényelné, ami ellentétes a VKI-ban a vízgyjt-gazdálkodási tervek felülvizsgálatának eljárásával és határideivel.

iv) Hasonlóan problematikus a *vízállapot-monitoringra* vonatkozó uniós követelményeknek való megfelelés. Azaz, hogy a mentesülési kedvezmény alapján fúrt kutakról és vízkivételekr l az államnak semmilyen hivatalos tudomása nem lesz, a meglévő monitoring rendszer sem lesz képes azon uniós elvárásnak megfelelni, hogy minden időben megbízható értékelést adjon valamennyi felszín alatti víztest mennyiségi és kémiai állapotáról.

v) A mentesülési kedvezmény *nem teljesíti* vízállapot romlását lehet véte VKI *derogáció konjunktív feltételeit*. Így, különösen a jogalkotó nem igazolta és várhatóan nem is tudja igazolni a *különös jelentőség közérdek* fennállását, *az emberi egészségre, biztonságra vagy fenntartható fejlődésre gyakorolt pozitív hatást*, valamint a *gazdasági vagy más szaki alternatíva hiányát*. Végül, nem ismert az sem, hogy a jogalkotó hogyan kívánja az módosítás lehet véte, azonban egyéni beavatkozások szintjén ismeretlen környezeti hatásokat csökkenteni.

vi) Bár a VKI lehet véte teszi, hogy bizonyos vízkivételek mentesüljenek az *engedélyezési és a nyilvántartási kötelezettség* alól, ennek feltétele azonban, hogy az érintett vízkivételek ne gyakoroljanak jelentős hatást a vízállapotra. A jogalkotó ennek alátámasztását esetükben elmulasztotta. Sőt, a fent bemutatott magyar hidrogeológiai sajátosságok és a vízkivételi gyakorlat arra utal, hogy a mentesülési kedvezménynek igen jelentős negatív hatása lesz Magyarországon felszín alatti vizeinek mennyiségi és kémiai állapotára, azaz az engedélyezés ebben a léptékben nem mellőzhető.

vii) A T/15373. számú törvényjavaslat nem tesz említést az *ivóvízbázisok védelméről*. Ez különösen problematikus ugyanis a vonatkozó hazai szabályozás (nevezetesen a 123/1997. kormányrendelet) kizárólag egyes emberi eredetű, felszíni *szennyezésekkel* szemben véd egyes sérülékeny vízbázisokat, nem foglalkozik a mélyebb rétegek hidrologiai kapcsolataival. Ezzel szemben a VKI általános jelleggel, mind a vízmennyiség, mind vízminőség vonatkozásban elírja a vízbázisok kiemelt védelmét. Ebből következően a mentesülési kedvezmény várhatóan a VKI vízbázisvédelmi szabályaival ellentétes eredményre vezet.

viii) Végül, a mentesülési kedvezmény gyakorlatilag korlátlanul kiterjeszti a vízkészletjárulékos fizetése alóli fennálló mentességet. Mint közismert, az erőforrásadóként működő vízkészletjárulékos alapvető közgazdasági funkciója, hogy megakadályozza az ún. közösen használt jószágként viselkedő felszín alatti víztestek véghasználatát. Pénzügyi vagy adminisztratív jellegű mennyiségi korlátozás hiányában ugyanis az ugyanazon víztest terhére öntöz gazdák a vízkivétel egymás rovására történő maximalizálásában lesznek érdekeltek. Ez gyorsuló ütemben vezet a rendelkezésre álló víz természetes utánpótlását meghaladó felhasználásához (Hardin 1968, Bartus és Szalai 2014). A VKI ugyan lehet véte teszi, hogy a tagállamok kivételesen ne alkalmazzák a *költségmegtérülés elvét*, de csak akkor, ha ez nem veszélyezteti a jó vízállapot elérését vagy fenntartását. Mivel esetükben az ingyen víz várhatóan nemcsak a jó vízállapot megvalósítását akadályozza, hanem a meglévő helyzet romlását is elidézti, ezért mentesülési kedvezmény ellentétes a VKI-nak a vízhasználat költségeinek megtérítésére vonatkozó elírásaival.

Jogkövetkezmények

Az uniós joggal ellentétes jogi norma elfogadásának vagy hatályban tartásának számos jogkövetkezménye van. A legismertebb ilyen jogkövetkezmény, hogy az Európai Bizottság panasz alapján vagy saját kezdeményezésre *kötelezettségvesztési eljárást* indíthat Magyarországon ellen. A jogsértés megállapítása végső soron a tagállam számára

igen magas pénzügyi szankció kiszabását is eredményezheti (EUMSZ 258., 260. cikk).

További jogkövetkezmény, hogy az uniós joggal ellentétes jogszabály elfogadása nem mentesíti a magyar hatóságokat és bíróságokat az *uniós jog alkalmazásának kötelezettsége* alól. Ennek „legenyhébb” formája, hogy a kérdéses nemzeti jogszabályt a kérdéses uniós jogi aktus – esetünkben a víz keretirányelv – céljainak tükrében kell értelmeznie. Amennyiben ez nem lehetséges, akkor az Európai Bíróság rendelkezése szerint, a tagállami hatóságoknak mellőzniük kell az uniós joggal ellentétes nemzeti szabály alkalmazását; nevezetesen: *„Az illetékes nemzeti hatóságok és bíróságok feladata, hogy a nemzeti jogszabályi rendelkezéseket, amennyire csak lehetséges, oly módon értelmezzék, hogy az összhangban álljon az irányelv célkitűzéseivel (lásd ilyen értelemben a C-106/89. sz. Marleasing-ügyben 1990. november 13-án hozott ítélet [EBHT 1990., I-4135. o.] 8. pontját). Ha ilyen értelmezés nem alakítható ki, mellőzniük kell a nemzeti jogszabályok azon rendelkezéseit, amelyek összeegyeztethetetlenek az irányelvvvel”* (C-237/07. sz. ügy, 36. pont). Bár a tételes jog illetően történő mellőzésére ritkán kerül sor, nyilvánvaló, hogy egy, a fentiekhez hasonlóan jól dokumentált uniós jogsértés esetén függetlenül igen jelentős értelmezési, jogalkalmazási nehézségek elé állítaná a magyar hatóságokat.

KÖVETKEZTETÉSEK

A T/15373. számú törvényjavaslat mentesülési kedvezménye vagyis deregulációs elírásai kapcsán már azelőtt számos kétely fogalmazódott meg, hogy annak pontos jogi szövege ismertté vált volna. Mindenesre úgy tűnik, hogy számos komoly aggály vetődhet fel annak bevezetése kapcsán. Az illegális vízkivétel elleni fellépés szükségességét senki nem vonja kétségbe, az jól illeszkedik a döntéshozó több nagyívű elképzelésébe, és ezidáig elfogadott jogi szabályozásának logikájába is. A T/15373. számú törvényjavaslatból megismert mentesülési kedvezmény ugyanakkor nehezen illeszkedik ezen elképzelések keretébe, és az eddigi szabályozás logikájába is. Erre tekintettel fontosnak tartanánk az illegális vízkivétel elleni fellépés más lehetőségei felé elmozdulni. Egyfajta megoldás lehetne például az Európai Unió COM(2012) 673. sz. vízstratégiájában felvetett javaslat is: *„Ami az illegális vízkivétel kérdését illeti, habár a tagállamok feladata mindent megtenni az uniós és nemzeti jogszabályok érvényesítése érdekében, a m holdas felvételek és a származtatott információk, amelyek például a globális környezetvédelmi és biztonsági megfigyelés (GMES) programból származnak, nagy segítséget nyújthatnak számukra a nemzeti engedélyekben megengedettnél jóval nagyobb vízmennyiséggel vagy akár engedély nélkül öntözött területek azonosításában. Ezért a Bizottság együttműködést javasol azokkal a tagállamokkal, amelyek az illegális vízkivétel problémájával szembesülnek, és olyan GMES-szolgáltatásokat ajánl, amelyek felhasználják a tagállami szinten gyűjtött információkat az illegális vízkivétel feltárására.”*

Természetesen foglalkozni kell azzal, ha a társadalom részéről újabb és újabb vízigények merülnek fel. Egy jó működő és információkkal ellátott rendszerben a vízgazdálkodással foglalkozó szakemberek mindent megtesznek annak érdekében, hogy a jogos vízigények kielégíthetők

legyenek. Mindehhez a társadalmi és döntéshozói jó szándékon kívül vízkészleteinkkel kapcsolatban adatokra és információkra, valamint a természet működésének és törvényszerűségeinek ismeretére van szükség. Felelősen vízkészleteink vonatkozásában csak így dönthetünk.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatómunka a Miskolci Egyetemen Miskolci Földtudományi Karának GINOP-2.3.2-15-2016-00031 jelű „Innovatív megoldások a felszín alatti vízkészletek fenntartható hasznosítása érdekében” című projektjének részeként – az Széchenyi 2020 program keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Strukturális és Beruházási Alapok társfinanszírozásával valósul meg.

IRODALOMJEGYZÉK

Bartus G., Szalai Á. (2014). Környezet, jog, közgazdaságtan. Pázmány Press, Budapest.

Báldi A., Bozó L., Józsa J., Szűcs Péter (2016). Előterjesztés az MTA Nemzeti Víztudományi Program megkezdéséről. Készült az MTA Víztudományi ad hoc bizottság javaslatai alapján, 2016. június 24.

BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (2016). Tájékoztató a 2016. június 4. napján megjelent engedély nélkül létesített vízkivételről biztosító vízellátási intézkedések vízjogi fennmaradási engedélyezési eljárásáról. Budapest, 2016. augusztus 15.

BM (2017). Az egyes vízgazdálkodási és vízvédelmi tárgyú kormányrendeletek módosításáról szóló kormányrendelet tervezete. Budapest, 2017. május 12.

Bostic R., Cuthbert Z., Gibson J., Orme M., Sindico F. (2015). Good transboundary water governance in the 2015 Sustainable Development Goals: a legal perspective. *Water International*, 40 (7), 969-983.

A SZERZŐK



Szilágyi János Ede a Miskolci Egyetemen szerzett 2003-ban jogi doktori diplomát, majd 2008-ban PhD oklevelet. 2016-ban a Miskolci Egyetem habilitált doktora lett. Korábban Deák-, Bolyai-, Magyar-, jelenleg pedig ÚNKP-ösztöndíjas kutató.

Kutatási területe a természeti erőforrásokhoz kapcsolódó jogi kérdések széles spektrumát fogja át, amelyben a vízjog kiemelt kutatási területet képez. Első vízjogi monográfiáját 2013-ban jelentette meg, jelenleg pedig „Vízszemlélet kormányzás – vízpolitika – vízjog” c. monográfiája vár megjelentésre. 2017-ben az MTA Víztudományi Koordinációs Csoportjában, annak vízjogi szakértőjeként vett részt.



Baranyai Gábor az ELTE Állam- és Jogtudományi Karán szerzett 1997-ben jogászdiplomát, 1998-ban pedig a University College London jogi karán környezetjogász mesterfokozatot. Az EU csatlakozás idején Magyarország környezetvédelmi attachéja volt Brüsszelben, majd a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztériumban és a Jövő Nemzedékek Országgyűlési Biztosa iro-

Craig P., de Búrca G. (2015). EU law. Text, Cases and Materials. Sixth Edition, Oxford University Press, Oxford. ISBN: 9780198714927

Fodor L. (2006). Környezetvédelem az Alkotmányban. Gondolat Kiadó és Debreceni Egyetem ÁJK, Budapest.

Hardin G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science*, 162 (3859), 1243-1248

Honti M., Szilágyi J. E., Ungvári G. (2017). Víztudományi program 6. fejezet – Társadalomtudományi kihívások: A vízszemlélet kormányzás – water governance. MTA Víztudományi Koordinációs Csoport, Gépírat, 2017. március 31.

Köztársasági Elnök (2009). T/9194/8. sz. országgyűlési iromány, Budapest, 2009. július 1.

Szilágyi J. E. (2015). A mezőgazdasági öntözéssel összefüggő egyes jogi problémákról. *Miskolci Jogi Szemle*, 10 (1), 33-51.

Szilágyi J. E. (szerk.) (2017a). Agrárjog. Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc.

Szilágyi J. E. (2017b). Aktualitások a mezőgazdasági vízjog köréből. In: *Honori et virtuti*, Gellén Klára (szerk.), Jurisperitus, Szeged, 423-434.

Szilágyi J. E. (2018). Vízszemlélet kormányzás – vízpolitika – vízjog. Dialóg Campus Kiadó, megjelenés alatt.

Szűcs P., Sallai F., Zákányi B., Madarász T. (szerk.) (2009). Vízszemléletvédelem. A vízminőségvédelem aktuális kérdései. Bifor Kiadó, Miskolc.

Szűcs P., Mikita V. (2016). Felszín alatti vízkészleteink és a hidrogeológiai kutatások helyzete hazánkban. *Hidrologiai Közlemény*, 96 (1), 7-20.

Zákányi B. (szerk.) (2017). *Geotermikus erőforrások fejlesztésének lehetőségei*. ME MFK, Miskolc.

dájában volt főosztályvezető. 2010-2014 között a Külügyminisztérium helyettes államtitkáráként volt felelős a 2013. évi Budapesti Víz Világtalálkozó szervezéséért. Jelenleg az Igazságügyi Minisztérium miniszteri biztosa, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Fenntartható Fejlesztési és Tanulmányok Intézet igazgatója. Szakterülete a nemzetközi vízjogi konfliktuskezelés és az európai uniós vízjog.



Szűcs Péter a Nehézipari Miskolci Egyetem Bányamérnöki Karán szerzett kiegészítő geofizikus-mérnöki oklevelet 1988-ban. Oktatói és kutatói pályájának elején elszolgált a Geofizikai Tanszéken, majd az MTA Bányászati Kémiai Kutatólaboratóriumában dolgozott. 1993-ban Dr. Univ. címet, majd 1996-ban PhD doktori oklevelet szerzett. 2009-ben megszerzi az MTA doktora tudományos címet, illetve sikeresen habilitált a Miskolci Egyetemen. 1998 óta a Miskolci Egyetem Hidrogeológiai – Mérnökgeológiai Tanszékén dolgozik. 2010-től a tanszék vezetője. 2010-ben egyetemi tanári kinevezést kapott. Publikációinak száma több mint 400. A Magyar Hidrológiai Társaság, valamint a Hidrológiai Közlemény szerkesztőbizottságának tagja.

Javaslat az árvízi szükségtározók által tartott árvízszintekre

Szigyártó Zoltán* és Váradi József**

*Vasdiplomás okleveles mérnök, a Magyar Tudományos Akadémia doktora, címzetes egyetemi tanár

(E-mail: prof.szigyarto@t-online.hu)

**okleveles vízépítő mérnök, az OVF Vízügyi Tudományos Tanácsának elnöke (E-mail: varadijgy@gmail.com)

Kivonat

A Tisza menti árvédekezés szempontjából alapvető fontosságú a Tisza Szolnok feletti szakaszán mára már elkészült hat árvízi szükségtározó, melyeket - a mértékadó hazai szakmai körök véleménye szerint - vízszinttartással kell üzemeltetni. Ugyanakkor a tartandó vízszintekkel kapcsolatban eddig még döntés nem született. Ezért láttuk szükségesnek, hogy az említett hat szükségtározó által tartandó szintek meghatározására egy célszerűen alkalmazható módszert dolgozzunk ki. A vizsgálatok során abból az egyszerű elvből indultunk ki, hogy ha minél magasabb a tartott szint, a tározó annál ritkábban kerül elárasztásra. A két elárasztás között eltelt idő pedig – a szükségtározók üzembe állítása ellenére – a védekezés költségeit semmivel sem csökkentené és emellett pedig lehetetlenné is tenné a kiépítésükre fordított kiadások megtérülését. Más oldalról nézve, a gyakori elárasztással szükségképpen együtt jár a tározó területének az igénybe vétele, és az emiatt jelentkező kártérítés összegének az emelkedése. Így, e két körülmény mérlegelésével arra lehet jutni, hogy a tározó által tartandó szint valahol az 5%-os árvízszint magasságának a környékén, a két egymás utáni elárasztás közötti idő pedig valahol a 20 év körül legyen. A kitűzött cél eléréséhez hosszú, megbízható adatsorokra van szükség. Ilyenek azonban a szükségtározók szelvényében nincsenek. Ezért kellett azt vizsgálni, hogy a tartott szintek miként alakulnának akkor, ha a tározók vízkivétele a vízmércék szelvényében lenne (1. táblázat), és az így kapott adatokat miként kell átszámítani a vízkivételek szelvényére. Az ennek megfelelő számítási módszert mutatja be a jelenlegi hat tározó szelvényére a 2. és a 3. táblázat.

Kulcsszavak

Tisza, árvízi szükségtározó, tartott árvízszint, matematikai statisztika, 5%-os valószínűségű nagyvíz, MÁSZ, valószínűség, átlagos visszatérési idő.

Proposal for flood levels maintained by flood retention reservoirs

Abstract

The six flood retention reservoirs completed so far along the Tisza River are very important with regard to flood control, because they are made to decrease the height of flood level which increased considerably from the 1970s. In connection with these reservoirs it is an accepted judgment among experts that these flood retention reservoirs must be operated to perpetuate flood level. Namely, while operating these reservoirs, in the section of their inlets, the flood level must be perpetuated at a well-chosen height. At the same time effect of reservoir operation (for instance quantity of discharge conducted there) depends basically on the level perpetuated. For this reason the aim of the study is to present a method for sizing the height of perpetuated level of these reservoirs operating along river Tisza. It was assumed that the higher of perpetuated level the much more rare inundation of reservoir occurs. It is also assumed the long time period will occur between two inundations of a reservoir and additionally reduction of the costs of flood protection would not occur in spite of the operation of the reservoirs and it would not affect the investment return. On the other side, the consequence of using the reservoir territory the compensation cost goes hand in hand with frequent inundation. Deliberation of these circumstances led to the result that perpetuated level of the reservoir must be somewhere around the height of 5% probability of yearly ice-free water level maximum ($NV_{5\%}$) and the average time between two inundations of the reservoir must be around 20 years.

It is evident that this kind of demands can be contented only by investigations based on mathematical statistical methods. However, problem occurs that along the Tisza River, in the vicinity of this kind of reservoirs there are only 11 gauging stations having proper (reliable and long enough) series of observations (Table 1), and likewise today, it cannot be expected that such kind of reservoirs will be constructed in the section of a proper gauging station in the future, as well. For this reason such method had to be developed, which gives possibility of computation $NV_{5\%}$ for section of a reservoir inlet on the basis of a linear interpolation between data of proper gauging stations situated upward and downward along the river from the reservoir. As a result of our investigation, it was found that basis of the interpolation should not be $NV_{5\%}$ values, rather the differences between SFL_{1997} and $NV_{5\%}$ which are available for each gauging stations (Table 2).

Additional problems were caused by two claims originated from the side of flood security. First, the perpetuated flood level of this reservoirs should not be nearer to the dam crest than 1.00 m, and further as a second claim, the $NV_{5\%}$ is available with the accuracy of 1.0 cm and it is burdened with a random error of 10 cm. However, all these problems can be solved by the following instruction: Knowing the altitude of dam crest and $NV_{5\%}$ above sea level, the "initial altitude" of perpetuated level is obtained by a deduction of altitude of dam crest from $NV_{5\%}$. Further on the value of "implemented altitude" for the perpetuated level is obtained by that: If the "initial altitude" is smaller than 1.00 m or it is equal with that than the "implemented altitude" will be 1.00 m. Otherwise 0.50 m is added to 1.00 m again and again as far as the value obtained is greater than the "initial altitude" and in the same time it is equal with the wanted "implemented altitude".

Based on these instructions the result of determination of perpetuated flood level is demonstrated for 11 gauging stations in Table 1. and procession of computation for inlets of reservoirs are presented step by step for the already constructed six reservoirs in Table 3.

Keywords

River Tisza, flood control, flood retention reservoir, perpetuated flood level, mathematical statistics, probability, average return period.

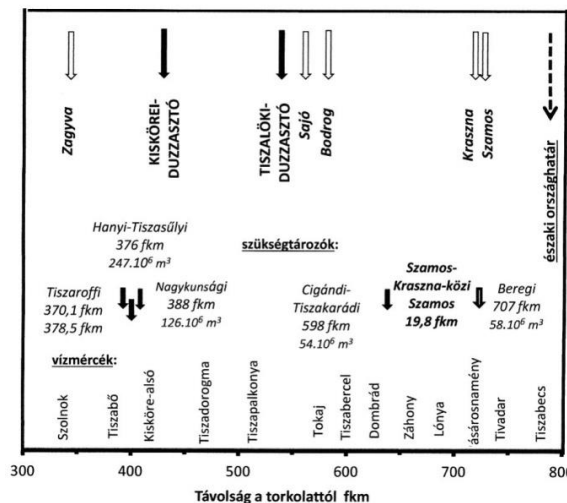
ELŐZMÉNYEK ÉS A TANULMÁNY CÉLJA

A századfordulón bekövetkező igen magas árhullámok levonulásának tapasztalatai alapján, az akkori *Közlekedési és Vízügyi Minisztérium* kidolgoztatta a Vásárhelyi terv továbbfejlesztését 2002-ben. Ennek keretében azt irányozták elő, hogy a Tisza jelentősen megemelkedett nagyvizei miatt számottevően megnőtt árvízveszély csökkentését ne a töltések megemelésével, hanem árvízi szükségeltározók létesítésével oldják meg. Pontosabban: előirányozták azt, hogy a fennálló töltések által már kiöntés nélkül le nem vezethető vízmennyiségeket a folyó mentén létesített árvízi szükségeltározókba vezessék, és a tározók üzembe állításával a megemelkedett 1%-os árvízszint ismét a töltés koronaszintje alatt 1,00 m-rel legyen (*KHVM 2002*).

A vízügyi gyakorlat számára ilyen módon előírt újszerű üzem bevezetéséhez dolgoztuk ki az árvízi szükségeltározók vízszinttartó üzemére vonatkozó szabadalmat (*Szigyártó 2005*). A matematikai statisztika elkerülhetetlen alkalmazása miatt a tervezés számára teljesen újszerű feladatok elvégzéséhez kifejlesztettünk egy tervezési eljárást, amelyre a vízügy szakembereinek a figyelmét még idejében fel is hívtuk (*Váradi 2005*). A tervezési eljárási gyakorlati alkalmazására azonban nem került sor. Ezért – annak érdekében, hogy elősegítsük ennek az eljárásnak a gyakorlatba való átültetését – összeállítottunk egy ezzel foglalkozó részletes ismertetést is (*Szigyártó 2015a*). Ezt követően bemutattuk, hogy megfelelő alapadatokra támaszkodva miként kell egy ilyen tározót úgy megtervezni, hogy az – vízszinttartással üzemeltetve – az idők folyamán megemelkedett 1%-os árvízszintet a már korábban meghatározott mértékadó árvízszint magasságára visszasüllyessze (*Szigyártó 2015c, 2016*).

A továbbiak szempontjából fontos, hogy mindezen vizsgálatok során (Záhony kivételével, ahol árvízi szükségeltározóra bizonyára nincs szükség) a tartandó árvízszintet az 1997-ben rögzített és lényegét tekintve az 1970-es években elrendelt *MÁSZ* értékekkel azonos mértékadó árvízszintekkel azonosítottuk (melyeket a továbbiakban *MÁSZ*₁₉₇₄-el, illetve *MÁSZ*₁₉₉₇-el jelölünk (*OVF Elnöki Koll. 1974, KHVM 1997*). Vagyis azt irányozták elő, hogy igen magas árhullámok levonulásakor, a veszélyek elkerülése érdekében, ahol erre szükség van, mindegyik üzembe állított tározó az ennek megfelelő vízszintet tartsa. Ugyanakkor a vizsgálatok kimutatták azt is, hogy az 1997-ben meghatározott mértékadó árvízszint elérése a tiszai árvizek történetében ugyan ritkán fordult elő, mégis, a töltések kiépítésének hiányában az 1998., 1999., 2000., 2001., 2002., 2006., 2010. és 2013. évi védekezési költségek csak a Tiszára, összesen 250 milliárd Ft-ot tettek ki (*VKKI 2011*). Felmerült tehát az a kérdés, hogy a célszerűbb üzem elérése érdekében nem lehet-e az említett *MÁSZ* értékektől eltérő, és a mai helyi adottságokhoz jobban igazodó szintek tartására berendezkedni? Ami egyik oldalról lehetővé tenné azt, hogy az árvédekezések során kihasználjuk azt a lehetőséget, amelyet ma a mintegy 100 milliárd Ft-os beruházási költséggel (*VKKI 2011*) a Tisza árvizek szempontjából legkritikusabb szakaszain létesített hat árvízi szükségeltározó (*1. ábra*) számunkra nyújt. Másoldalról pedig – azáltal, hogy a ma még jelentős magassággal tetőző

árhullámok szintjét nagymértékben lecsökkentené – mérsékelné a védekezés nagyon jelentős kiadásait, amelyekbe bele számít az a kártérítés is, amelyet a tározó területének elöntése miatt ki kell fizetni. Így e tanulmány célja az árvízi szükségeltározók által tartandó árvízszinteknek, a műszaki vonatkozások figyelembe vételén alapuló meghatározása.



1. ábra. Árvízi szükségeltározók a Tisza Szolnok feletti szakaszán és a Szamoson

Figure 1. Flood retention reservoirs along Rivers Tisza and Szamos above Szolnok City

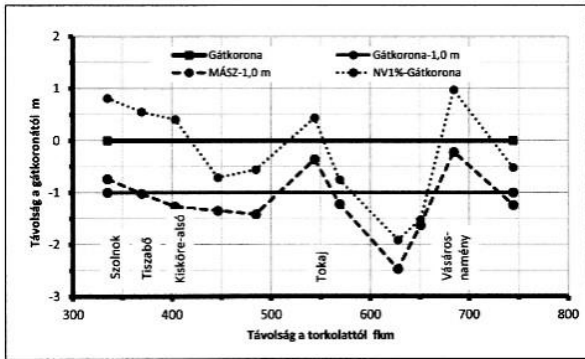
A VIZSGÁLATOK

Az adottságok számbavétele

Az 1970-es évek során – amikor úgy határoztak, hogy a továbbiakban töltésezett folyóink árvédelmi töltéseinek magasságát matematikai statisztikai vizsgálatokra támaszkodva kell meghatározni – egyúttal úgyis úgy döntöttek, hogy a mértékadó árvízszint magassága mindenhol legyen azonos az 1%-os árvízszint magasságával, s a töltéskorona szintje e fölé 1 m-rel kerüljön, melytől eltérni csak a különösen értékes területek védelme érdekében, pl. Szegednél, annak kivételes adottságai miatt lehet. Nyilván nem kétséges, hogy ma is jó lenne, ha ugyanígy lehetne eljárni. Azonban az árhullámok magasságának növekedése miatt ennek az útnak követése mára sajnos lehetetlenné vált. Egyrészt azért, mert az elvárt kiépítettség szintje a XXI. század elejére csak a töltések hosszának 67%-án valósult meg, s ezért azóta – ahol erre égetően szükség volt – a töltések koronaszintjét megemelték; másrészt azért, mert ugyancsak különböző mértékben - a továbbiakban *NV*-vel, illetve *NV*_{p%}-kal jelölve – az évenkénti nagyvizek is megemelkedtek. Következésképpen a Tisza Szolnok feletti szakaszán az 1970-es években meghatározott *MÁSZ*₁₉₇₄-el gyakorlatilag megegyező *MÁSZ*₁₉₉₇ ma már nem azonos a koronaszint alatt 1 m-el elhelyezkedő szinttel, s a 2. és 3. ábra szerint hasonló a helyzet az 1%-os árvízszinttel kapcsolatban is. Az árvízi szükségeltározók üzemeltetésével, az általuk tartott szintekkel tehát feltétlenül foglalkozni kell, de természetesen csak azt követően, hogy számba vettük az ide vágó döntések lehetséges hatását.

Gondolnunk kell arra, hogy az árvízi szükségeltározók méreteinek szabatos meghatározását biztonsággal csak matematikai statisztikai eljárásokkal lehet megoldani, mint

ahogy a mértékadó árvízszintek magasságát ma is matematikai statisztikai módszerekkel határozzuk meg. Ezekhez viszont megbízható, hosszú időszorral rendelkező vízmérce állomásokra van szükség, melyek egymáshoz viszonyított távolsága a Tisza Szolnok feletti szakaszán 23 és 60 km között változik. Következésképen a tartandó vízszinteket első lépésben ezeknek a vízmérce-állomásoknak a szelvényére kell meghatározni, s – a folyó egyéb szelvényeire vonatkozó *MÁSZ* értékek meghatározásához hasonlóan – csak ez után, az ezekre vonatkozó adatok felhasználásával kerülhet sor a vízkivételek szelvényében tartandó vízszintek meghatározására.



2. ábra. Az 1970-es években a gátkorona alatt 1,0 m-es szintben felvett NV1% és MÁSZ azóta megváltozott magassági helyzete
 Figure 2. Altitudinal lay of NV1% and PFL changed from the 1970s when it was fixed at 1 m beneath the dam crest

Matematikai statisztikai vizsgálatokról lévén szó megjegyzendő még, hogy bár az ilyen vizsgálatot igénylő feladatok megoldása során már világszerte a lehetséges esetek valószínűségét mérlegelik, a mérnökök számára ma, és bizonyára még jó ideig, erről szemléletesebb képet ad az, hogy a szóban forgó jelenség általában milyen gyakran következik be. Vagy szabatosan fogalmazva: mekkora a jelenség átlagos visszatérési ideje. Így akkor, amikor a *Vásárhelyi terv továbbfejlesztése során meghatározott célhoz igazodva* a Tisza mentén az árvízi szükségtározókat (a lehetőségek határain belül) nagyon is célszerű úgy méretezni, hogy az évenkénti *NV*-ek a tartott szintet átlagosan

csak 100 évenként egyszer haladják meg, az már egyáltalán nem látszik célszerűnek, hogy a tározók ugyanígy, csak átlagosan 100 évenként (vagyis a kivitelezők unokáinak, esetleg dédunokáinak az idején) kerüljenek először elárasztásra. Nem látszik ez célszerűnek azért, mert a töltések nincsenek úgy megerősítve, hogy az 1%-os szintet biztonsággal tartani tudják.

Így, ha mindezt figyelmen kívül hagyva a szükségtározók tartandó szintjét mégis valamelyik *MÁSZ* szintjével azonosítanánk, úgy semmit sem tennénk annak érdekében, hogy a *NV*-k a töltéskorona szintjét az eddiginél ritkábban haladják meg. Következésképen egy ilyen döntés a szükségtározók üzembe állítása ellenére a védekezés költségeit semmivel sem csökkentené, emellett pedig lehetetlenné tenné a kiépítésükre fordított kiadások megtérülését is. Ezért - figyelmen kívül hagyva a *MÁSZ* értékeket - a tározók tartott szintjét úgy kell meghatározni, és ezeket úgy kell majd üzembe állítani, hogy feltöltésükkel minél gyakrabban meg lehessen akadályozni azt, hogy az árhullámok tetőzése a töltések koronasintjét az 1,00 m-es biztonsági szintnél jobban megközelítse. Másképpen fogalmazva: a tartott szinteket úgy kell megállapítani, hogy a tározók minél gyakrabban bekövetkező elöntése, vagyis az elárasztás átlagos visszatérési idejének a lerövidítése a gátakon folyó védekezés költségeit csökkentse. Természetesen úgy, hogy a területükön gazdálkodóknak az elárasztás miatt kifizetendő kártérítés összege is elfogadható határok között maradjon.

Továbbá gondolni kell arra is, hogy az átlagos visszatérési idő a valószínűséggel fordítva arányos, vagyis a vizsgált szint magasságának a növekedésével az ezt a szintet meghaladó tetőzések valószínűsége csökken, az átlagos visszatérési ideje meg növekszik, és fordítva. Ami természetesen azt jelenti, hogy a *tározó igénybevételeknek, a tartott szint feletti tetőzéseknek az átlagos visszatérési idejét a tartott szint magasságának a megemelésével növelni, ennek lesüllyesztésével pedig csökkenteni lehet.*

Végül célszerű szólni arról is, hogy a visszatérési idő hossza, mint valószínűségi változó *Pascal*-eloszlású (*Szigyártó 1957*). Vagyis eloszlásfüggvénye

$$F(x) = P(\xi < x) = \sum_{k=1}^{x-1} p(1-p)^{k-1}, \tag{1}$$

ahol

p a vizsgált esemény (esetünkben az adott NV_p -nél nagyobb NV jelentkezésének a) valószínűsége,
 ξ a csak pozitív egész számot felvevő valószínűségi változó (esetünkben a tározó NV -ek okozta egymás utáni elárasztása közötti évek k száma),

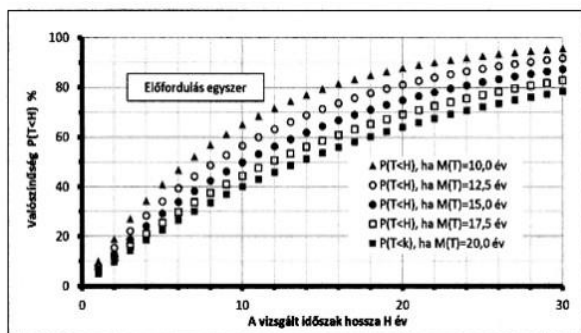
x a ξ valószínűségi változó (esetünkben az NV) azon értéke, amelynél kisebb értékű valószínűségi változók együttes valószínűségét keressük.

Ezen kívül még meg kell említeni azt is, hogy ennek a valószínűségi változónak a várhatóértéke,

$$M(\xi) = \frac{1}{p}, \tag{2}$$

szórása pedig

$$D(\xi) = \frac{\sqrt{1-p}}{p}. \tag{3}$$

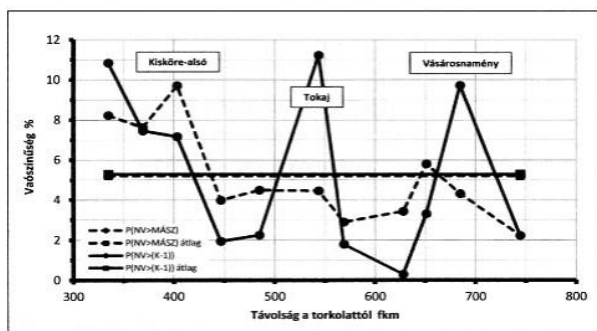


3. ábra. Az adott átlagos visszatérési idejű tartott szintet meghaladó évenkénti nagyvizek előfordulásának a valószínűsége
 Figure 3. Probability of incidence of yearly ice-free maximum levels exceeding the perpetuated flood level

Ezek kiegészítéseként állítottuk aztán össze a 3. ábrát (amelyben az évben értelmezett valószínűségi változót T -vel jelöltük); amelyből pedig egyértelműen kitűnik, hogy az eloszlásfüggvény függő változója, $F(T < H)$ annál gyorsabban konvergál az 1-hez (illetve a 100%-hoz), minél kisebb az $M(T)$ átlagos visszatérési idő. Vagy másképpen fogalmazva: ez a konvergencia annál gyorsabb, minél nagyobb annak a p valószínűsége, hogy a szóban forgó esemény bekövetkezik (esetünkben a tározó elárasztásra kerül).

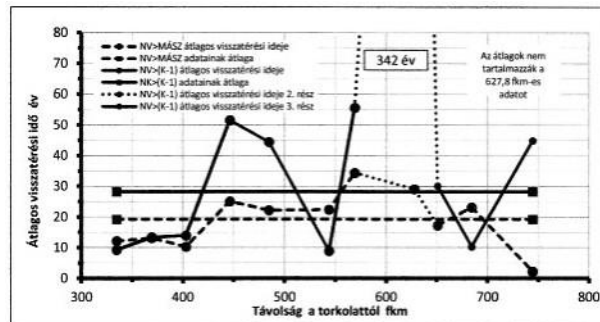
Előkészítő vizsgálatok

Azt tudjuk, hogy az 1970-es években – amikor az 1%-os árvízszint magasságának figyelembe vételével a mértékadó árvízszint meghatározását először végezték el – úgy döntöttek, hogy a Tisza most vizsgált szakaszán a mértékadó árvízszint mindenhol ennek az 1%-os árvízszintnek a magasságával legyen azonos, oly módon, hogy a töltés koronaszintje e fölé a szint fölé 1,00 m-re kerüljön. Így célszerűnek látszik az előirányzott vizsgálatainkat annak meghatározásával kezdeni, hogy e két szint (a M ÁSZ₁₉₉₇ és a töltéskorona alatt akkor 1,00 m-re levő szint) manapság mennyivel tér el egymástól, és mindkettő a mai töltéskoronához viszonyítva hol helyezkedik el. Ezekre a kérdésekre ad aztán választ a vizsgálható vízmérce-állomások adatait felhasználó 4. és 5. ábra, amelyek szerint a mára kialakult helyzet a következő:



4 ábra. A Tisza Szolnok feletti szakaszán a M ÁSZ₁₉₉₇ szintjénél és a gátkorona alatt 1 m-el elhelyezkedő szintnél magasabb évenkénti nagyvíz valószínűsége

Figure 4. Probability of yearly ice-free maximum levels higher than Prescribed Flood Level and that existing in 1 m beneath the freeboard along river above Szolnok City



5. ábra. A Tisza Szolnok feletti szakaszán a M ÁSZ₁₉₉₇ szintjénél és a gátkorona alatt 1 m-el elhelyezkedő szintnél magasabb évenkénti nagyvíz átlagos visszatérési idejének valószínűsége
 Figure 5. Probability of average return period of water levels higher than Prescribed Flood Level (PFL) and of that existing in 1 m beneath the dam crown along river Tisza above Szolnok City

A 4. ábra szerint az 1970-es években meghatározott (s néhány indokolt kivételtől eltekintve a M ÁSZ₁₉₉₇-nak megfelelő) árvízszintek Szolnok felett, az elmúlt mintegy 40 éven belül az előirányzott 1% helyett bizonyos rendszerességgel, úgy 3 és 10%-között ingadoztak. Legmagasabb, 8% és 10% közötti értéküket a Szolnoktól Kisköre-alsó vízmérce-állomásig tartó, 344,6-401,0 fkm-es szakaszon veszik fel, amelynek egyik oka az is, hogy minden vízszinttartással üzemelő tározó az alatta levő korábbi vízszinteket szükségképpen megemeli (Szigyártó 2012a, Szigyártó és Rátky 2012). A Kiskörei-tározó felett, Dorogmától Vásárosnaményig, a 446,2-684,4 fkm közötti szakaszon a mintegy 4 és 6% közötti értékek már elsősorban a folyó vízszállító-képességének a csökkenésére utalnak. Ezt követően az északi országhatárig tartó szakaszon pedig abból, hogy a M ÁSZ₁₉₉₇-t meghaladó tetőzések korábbi 1%-os valószínűsége a folyó mentén 4%-ról elindulva 2%-ra csökken, arra kell következtetnünk, hogy Vásárosnaménytől az északi országhatár felé haladva a Tisza vízszállító-képessége mind kevésbé tér el az 1970. körüli értékétől.

Lényegében az előbb vázolt helyzetet szemléltetik a jelenlegi koronaszint alatt 1,00 m-re levő szinteket meghaladó tetőzések valószínűsége is, amelyek értéke az 1970-es években ugyancsak egyöntetűen 1% volt. Ezek szerint az árvízi biztonság szempontjából a helyzet nagyvonalakban a következő: Legkedvezőtlenebbek a körülmények a Kiskörei tározó alatt, a 334,6 és a 403,1 fkm között és a Bodrog torkolata (545,6 fkm) alatt, ahol az évenkénti nagyvíz mára már a töltéskorona alatti 1,00 m-es szintet 11% körüli valószínűséggel haladja meg. Továbbá hasonló körülmények álltak elő a Szamos torkolata alatt is, ahol a szóban forgó valószínűség ugyancsak megközelíti a 10%-ot. Figyelembe véve még azt, hogy a Szolnok feletti Tisza szakasz egyéb helyein ez a valószínűség csak 2-3% között ingadozik, nyilvánvaló, hogy az árvízi szükségátározók üzemeltetése során a cél mindenekelőtt e három szakasz védelmének a megerősítése kell legyen.

Végül ide tartozik még annak a megállapítása is, hogy a valószínűségeknél mind a M ÁSZ₁₉₉₇ értékekre kapott 5,2%-os, mind a töltéskorona alatt 1,00 m-re elhelyezkedő

szintre kapott 5,4%-os értéke rendkívül közel került egymáshoz, és így az átlagos visszatérési idejük is igencsak megközelíti a 20 évet.

A valószínűségek vizsgálatáról áttérve az átlagos visszatérési idők vizsgálatára, az ehhez elkészített 5. ábrát kell szemügyre vennünk, amely szerint a Tisza Szolnok feletti szakaszán ezek az átlagos visszatérési idők sokkal jobban szóródnak, mint a számításuk alapját képező, és a 4. ábrán látható valószínűségek. Bár kétségtelen az, hogy amely szelvényekben a valószínűség nagy érték, ott (ahogy ez várható) az átlagos visszatérési idő általában kisebb értékeket vesz fel. Összefoglalásként elmondható tehát, hogy a Tisza különböző szelvényeire kiszámított átlagos visszatérési idők nem tükrözik olyan világosan a jelenségek fizikai hátterét, mint a valószínűségekre kapott értékek. Ennek aztán az egyik oka bizonyosan az, hogy az átlagos visszatérési idő nagysága igen érzékeny a kis valószínűségekre. Amire jó példa a kiugró záhonyi adat, amelynél a koronaszint alatt 1,00 m-re elhelyezkedő szintre kapott $P=0,29\%$ -os valószínűségből az átlagos visszatérési idő (vagyis a valószínűség reciproka) 342 évre adódik. Következésképpen, ezt a vízmérce-állomást a további mérlegelésből feltétlenül ki is

kell hagyni, és így, a további vizsgálatokhoz ennek megfelelően kaptuk az 5. ábrán ugyancsak feltüntetett átlagokat, amely szerint a $MÁSZ_{1997}$ értékekre kapott átlagos visszatérési idők középértéke 18,2 évre, a koronaszint alatt 1,00 m-re levő szintre kapott átlagok középértéke pedig 32,2 évre adódott.

A tartott szintekkel kapcsolatos elvárások

Az elvégzett vizsgálatok azt mutatják, hogy a Tisza mentén az elmúlt mintegy 40 év alatt, a nagyvízi meder vízállító-képességének a helyenként jelentős mértékű változása a mentett területek biztonságos védelme szempontjából folyószakaszonként különböző hatással járt. Ez pedig nyilván lehetetlenné teszi, hogy a tartandó szintet minden tározónál a töltéskoronához viszonyítva azonos mélységben jelöljék ki. Következésképpen, e helyett olyan egységes alapelvek érvényre juttatására van szükség, amelyek eredményeként minden szükségtározó számára olyan vízszint tartása írható elő, amely az alattuk levő folyószakaszok mentén, egységes módon növeli az árvízi biztonságot, és elvileg lehetővé teszi a tározók egymást követő elárasztása közötti időtartam további emberi beavatkozás nélküli szabályozását is.

1. táblázat. Az árvízi szükségtározók által tartandó vízszint meghatározása a vízmérce-állomások szelvényében
Table 1. Determination of perpetuated flood level implemented by flood retention reservoirs in the gauge section

Távolság a torkolattól fkm	300,00	1. szakasz Határok			424,7	2. szakasz Határok		514,20	3. szakasz Határok	556,35
		Szolnok	Tiszabő	Kisköre- alsó		Tisza- dorogma	Tisza- palkonya		Tokaj	
Vízmérceállomás										
Távolság a torkolattól	fkm	334,6	369,0	403,2		446,2	484,7		543,7	
Töltéskoronaszint	mBf	89,13	90,87	91,79		93,82	96,68		99,53	
5%-os valószínűségű NV	mBf	88,82	90,23	90,91		92,32	95,19		98,35	
Tartott (5%-os NV, koronától)	m	-0,31	-0,64	-0,88		-1,50	-1,49		-1,18	
Kivitelezett (koronától, javasolt)	m	-1,00	-1,00	-1,00		-1,50	-1,50		-1,00	
Kivitelezett (javasolt)	mBf	88,13	89,87	91,21		92,32	95,19		98,53	
P(TPH)	%	10,8	7,5	7,2		5,3	5,1		11,2	
M(T)	év	9,2	13,4	13,9		18,8	19,6		8,9	

Távolság a torkolattól fkm	598,40	4. szakasz Határok	639,30	5. szakasz Határok	667,60	6. szakasz Határok	714,35	7. szakasz Határok	744,80
		Tisza- bercel		Záhony		Lónya		Vásáros- namény	
Vízmérceállomás									
Távolság a torkolattól	fkm	569,0	627,8		650,8	684,4		744,3	
Töltéskoronaszint	mBf	101,52	108,64		110,13	112,05		122,20	
5%-os valószínűségű NV	mBf	100,03	105,89		108,65	111,90		120,81	
Tartott (5%-os NV, koronától)	m	-1,38	-2,58		-1,17	-0,15		-1,39	
Kivitelezett (koronától, javasolt)	m	-1,50	-3,00		-1,50	-1,00		-1,50	
Tartásra javasolt	mBf	100,02	105,64		108,52	111,05		120,70	
P(TPH)	%	5,1	1,7		5,7	9,7		4,7	
M(T)	év	19,6	58,0		17,6	10,3		21,5	

Mindezt figyelembe véve a tározók által tartandó vízszint meghatározásánál az alábbi követelményekből célzerű kiindulni:

A szükségtározók feladata – a Vásárhelyi terv továbbfejlesztésének a tervével összhangban – az kell legyen, hogy üzemeltetésük során az évenkénti nagyvizek a töltéskorona alatt 1,00 m-re elhelyezkedő szintet csak 1%-os valószínűséggel haladják meg, amelynek elérése érdekében a következők szem előtt tartása szükséges:

1. A kidolgozott eljárás – amellyel, hogy alkalmazkodik a szükségtározók előbbiek szerinti céljához – a tartandó szintet minden árvízi szükségtározó esetén egységes

módon határozza meg, s emellett még tegye lehetővé a helyi adottságok figyelembe vételét is.

- Mivel egy adott valószínűségű árvízszintet csak az 1. táblázatban bemutatott, kellően hosszú, megbízható NV adatsorokkal rendelkező állomások adataira támaszkodó matematikai statisztikai eljárásokkal lehetett meghatározni, ezért a szükségtározók vízszinttartására vonatkozó előírásokat is ugyanezen vízmérce-állomásoknak az adatait felhasználva, ugyancsak statisztikai eljárásokkal dolgozzák ki.
- Annak érdekében, hogy a szükségtározók egymást követő elárasztása közötti hosszú idő ne akadályozza meg

az árvízi szükségtározók kellő gyakoriságú igénybevételét, s így a beruházás költségének bizonyos szintű megtérülését, továbbá hogy a tartott szint magassága a gátkoronához közelebb, mint 1,00 m nem kerüljön, a tartott szintek magasságát úgy határozzák meg, hogy az elöntések átlagos visszatérési ideje ne haladja meg az 5%-os valószínűségnek megfelelő 20 évet. Másképpen fogalmazva: a tározó lépjen üzembe minden olyan esetben, amikor a vízszint eléri a $NV_{5\%}$ -os valószínűséggel előforduló (a továbbiakban $NV_{5\%}$ -kal jelölt) értékét.

4. A tartott szinteket rendszeresen ellenőrizni kell. Vagyis mindaddig, amíg erre megbízható adatok rendelkezésre állnak (Szigyártó 2016) a tározók hidrológiai méretezését legalább 15 évenként újból el kell végezni, továbbá a kapott eredmények alapján a szükségessé váló módosításokat minden esetben el kell végezni.

Az utóbbi négy követelmény úgy is értelmezhető, hogy a tározók tartott vízszintje egyezzen meg a vízkivétel szelvényére vonatkozó $NV_{5\%}$ értékével. Ennek azonban esetenként több akadály is lehet.

- Az egyik akadály az árvízi szükségtározók létesítésének az 1. követelményben is rögzített célja, vagyis, hogy üzembe állításuk után, akár csak az 1970-es években, az 1%-os árvízszint ismét azonos legyen a koronaszint alatti 1,00 m-es szinttel. *Akármilyen kis érték is adódik a koronaszint és az $NV_{5\%}$ közötti szintkülönbségre, a tartott szint a koronaszint alá minden esetben legalább 1,00 m-re kerüljön.*
- Azonban akadály lehet annak, hogy a tartott szintet mindenhol az $NV_{5\%}$ -nak megfelelően vegyék fel. Ilyen módon egyes vízkivételek esetében – az időközben végrehajtott töltéserősítési munkák következtében – a tartott szint a töltéskorona alá meglehetősen mélyre kerülne. Ez közvetve arra utal, hogy a vizsgált szelvény környezetének a védelme szempontjából szükségtározóra nincs szükség (lásd Záhony esetét).
- Végül annak ellenére, hogy az ilyen célra felhasználható vízmérce-állomások szelvényében $NV_{5\%}$ értéke centiméter pontossággal áll rendelkezésre, mégsem látszik célravezetőnek, hogy a tartott vízszintet ilyen pontossággal határozzuk meg. Még abban az esetben sem, ha ezt a tartandó vízszintre kapott magasság lehetővé tenné. Nevezetesen azért, mert a $NV_{5\%}$ centiméter pontossággal rendelkezésre álló értékét deciméteres nagyságrendű véletlenjellegű hiba terheli. *Következésképpen a tartandó vízszint magasságának a meghatározásánál indokolt azt is betartani, hogy ilyen esetben a centiméterre pontos adatokat 50 cm pontossággal lefelé kerekítsék.* Azért lefelé, hogy így a kerekítés eredményeként az átlagos visszatérési időt némileg tovább csökkentsen.

A JAVASLAT

Az elmondottakat szem előtt tartva és az 1. táblázat adataira támaszkodva nézzük meg, hogy a Tisza Szolnok feletti szakaszán, az erre alkalmas vízmércék szelvényében milyen vízszintet lenne célszerű tartani.

Mint az az 1. táblázat harmadik sorából látható, a Szolnok és a Kiskörei-tározó között három, erre a célra használható vízmérce adatai szerint a 20 éves átlagos visszatérési idővel, vagyis 5%-os valószínűséggel rendelkező évenkénti nagyvizek a vízmérce-állomás ottani koronaszintje alatt 30 és 90 cm körül ingadoznak. Amiből az előzők szerint az következik, hogyha ezeknek a vízmércéknek a szelvényében szükségtározók vízkivétele lenne, akkor (az 1. táblázat negyedik sora szerint) mind a Szolnok, mind a Tiszabő, mind pedig a Kiskörei-alsó vízmérce-állomás szelvényében azok tartott szintjét a töltéskorona szintje alatt 1,00 m-re kellene felvenni. A következő két vízmérce-állomásnál, Tiszadorogmán és Tiszapalkonyán már egészen más a helyzet. Ezeknél ugyanis a 20 éves átlagos visszatérési időnek megfelelő szint már eléri vagy erősen megközelíti az 1,50 m-t, s így ezek esetében a tartott szint a koronaszint alatt 1,50 m lenne.

Ha már most a vízmércék szelvényében vízkivétellel rendelkező tározók számára a tartandó szinteket az előzők szerint az összes többi rendelkezésre álló vízmérce-állomásra meghatározzuk, úgy a már sokszor emlegetett 1. táblázat szerint azt kapjuk, hogy a tartott szint a vizsgált állomások közül csupán egynél, Záhonyán kerülne 1,50 m-el a koronaszint alá. Ami – mint már erről szó volt – arra utal, hogy ennél az állomásnál, illetve ennek környékén a töltéskorona elég magas ahhoz, hogy e szakaszon a magas tetőzű árhullámok elleni védekezéshez szükségtározókat ne kelljen igénybe venni. Ebből természetesen az is következik, hogy a Tiszabercel és Záhony között, a 598,0 fkm-nél létesült vízkivétellel rendelkező Cigándi-Tiszakarádi-szúsége tározó minden bizonnyal nem a közvetlen környékének, hanem a folyó mentén lejjebb levő területeknek a védelmét szolgálja. Végül kiegészítésként meg kell jegyezni azt is, hogy Záhony esetében a gátkorona alatt 1,00 m-en tartott szinthez tartozó átlagos visszatérési idő - vagyis a tározó két elárasztása közötti időtartam átlaga - 340 évre adódna. Egy ilyen vízszint tartása semmiképpen sem tenne eleget annak az igénynek, hogy az egymást követő elárasztások közötti hosszú időtartam a 100 évnél sokkal rövidebb legyen.

Mindezek ismeretében térjünk át a tulajdonképpeni feladat megoldására, vagyis arra, hogy a vízmércék szelvényében elvégzett vizsgálatok eredményeire támaszkodva miképpen határozzák meg a tartott szintet azoknál a tározóknál, amelyek vízkivétele nincs a hosszú adatsorokkal rendelkező vízmércék szelvényében.

Az eddig elvégzett vizsgálatok eredményét bemutató 1. táblázatból egyértelműen kitűnik, hogy a tartott szint meghatározásához csupán két adatra, a töltés koronaszintjének és a nagyvíz 5%-os valószínűségi értékének a tengerszint feletti magasságára van szükség. Ami a koronaszint magasságát illeti, ennek meghatározása gondot nem okozhat, mivel kellően megbízható magassági alappontból kiindulva, gondosan végrehajtott színtezéssel ez meghatározható. Egészen más a helyzet a szóban forgó szelvényekre érvényes $NV_{5\%}$ meghatározásával kapcsolatban, mivel az 1. táblázat szerint az erre vonatkozó adatok csupán a vízkivétel alatt és felett fekvő vízmérce-állomásnál állnak rendelkezésre. Amiből az is következik, hogy a hiányzó adat csak interpolálással határozható meg. Ugyanakkor az egyáltalán nem

mindegy, hogy ezek az interpolálások mennyire megbízható eredményre vezetnek, és ez nagymértékben függ attól, hogy az interpolálást milyen széles intervallumon belül kell végrehajtani, vagyis a két szomszédos vízmérceállomáson az interpolálás alapadatai mennyire (méteres, deciméteres,

vagy centiméteres különbséggel) térnek el egymástól. A lehetőségek között kutatva jutottunk arra az eredményre, hogy az interpolálást nem közvetlenül – a szinte önként adódó módon megfelelőnek ítéhető – $NV_{5\%}$ értékek között végezzük el, hanem helyettük az interpolálás alapadataul azokat a

$$D_{5\%} = NV_{5\%} - M\acute{A}SZ_{1997} \quad (4)$$

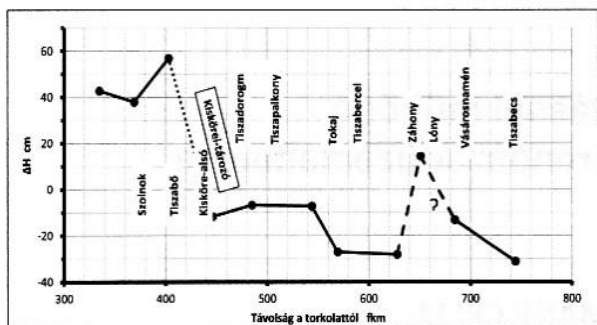
különbséget fogadjuk el, amely értékét (az 1. táblázat szerinti összes vízmérce-állomásra kiszámítva) a 2. táblázat mutatja be, egyben bizonyítva az eljárás helyességét, hi-

szen az interpolálást így nem az egyes mércék között akár 8,00 m-t is meghaladó $\Delta(NV_{5\%})$ intervallumban, hanem a 1,00 m-t sem elérő $\Delta(D_{5\%})$ intervallumban végezhetjük el.

2. táblázat. Segédlet a szükségstározók vízkivételi szelvényére érvényes 5%-os valószínűségű éves nagyvizek meghatározásához
Table 2. Guidance table for the determination of 5% probability annual maximum ice-free level

Vízmérce	Szolnok	Tiszabő	Kisköre- alsó	Tisza- dorogma	Tisza- palkonya	Tokaj	Tisza- bercel	Záhony	Lónya	Vásáros- namény	Tisza- becs
Táv fkm	334,60	367,85	403,20	446,20	484,70	543,08	569,45	628,26	648,60	684,40	744,30
MÁSZ mBf	88,390	89,848	90,645	92,470	95,260	98,490	100,300	106,170	108,500	111,830	120,960
$NV_{5\%}$ mBf	88,818	90,230	91,209	92,353	95,193	98,350	100,030	105,889	108,645	111,698	120,648
$D_{5\%}$ cm	42,8	38,2	56,4	-11,7	-6,7	-14,0	-27,0	-28,1	14,5	-13,2	-31,2
Interpolálandó különbségek:											
$\Delta(NV_{5\%})$ m	1,41	0,98	1,14	2,84	3,16	1,68	5,86	2,76	3,05	8,95	~
$\Delta(D_{5\%})$ cm	-4,6	18,2	-68,1	5,0	-7,3	-13,0	-1,1	42,6	-27,7	-18,0	~
Megjegyzések:											
~ $D_{5\%}$ az 5%-os NV és a MÁSZ előjelhelyes különbsége: ($NV_{5\%}$ -MÁSZ).											
~ Kisköre-alsó és Tiszadorogma között a Δ értékét interpolálni az ott levő Tiszalöki-tározó miatt nem lehet.											
~ A Lónya vízmérce Δ adata bizonytalan tűnhet, de értékét számítási hiba biztosan nem terheli.											

Hivatkozva most már a $D_{5\%}$ értékeit grafikonon is bemutatató 6. ábrára, meg kell említeni, hogy a szomszédos $D_{5\%}$ értékek között abszolút értékre a legnagyobb, -68,6 cm-es különbség Kisköre és Tiszadorogma, vagyis a Kiskörei-tározó két vége közt jelentkezik. Éppen ezért ez a nagy eltérés a szükségstározók tartott szintjének a meghatározásához biztosan nem kerül felhasználásra. Viszont az interpolálás során esetleg gondot okozhat a 6. ábrán kérdőjellel megjelölt és valószínűleg a Lónya vízmérce-állomásra kapott pozitív $D_{5\%}$ =14,5 cm-es értékre visszavezethető $\Delta(D_{5\%})$ =42,6 cm-es különbség, melynek az oka az is lehet, hogy ennél a vízmérceállomáson a MÁSZ₁₉₉₇ értéke és a vízmérce „0” pontjának magassága nincsen összhangban. Ezért javasolható, hogy minden olyan esetben, amikor az interpoláláshoz a Lónya vízmérce $D_{5\%}$ paramétere felhasználásra kerül, a számítások eredményének az elfogadását előzze meg a két vízmérce „0” pontjára vonatkozó Balti-tenger szint feletti magasság és a MÁSZ₁₉₉₇ ellenőrzése, s az esetleg itt található hiba kijavítása.



6. ábra. A szomszédos vízmérceállomásokra vonatkozó $D_{5\%}$ -os paraméter értékeinek az eltérése

Figure 6. Differences of parameter values of the nearby gauging stations computed for parameters $D_{5\%}$

Mindezt figyelembe véve a tartandó szintnek a vízkivétel szelvényére érvényes magassága a következő eljárással számítható ki:

- Először a vízkivétel szelvényében – megbízható magassági alappontból kiindulva és gondos szintezéssel – bemérjük a szükségstározó vízkivételének a szelvényében levő bal- és jobboldali töltéskorona közül az alacsonyabb tengerszint feletti magasságát.
- A MÁSZ₁₉₉₇ értékeit mintegy 10 km-es sűrűséggel összefoglaló táblázat (KHVM 1997) felhasználásával megkeressük a vízkivétel alatt és felett levő, hozzá legközelebb álló szelvényre vonatkozó két MÁSZ₁₉₉₇ adatot, s a szelvénytávolságok ismeretében ezek között interpolálva kiszámítjuk a vízkivételre vonatkozó és vk indexel ellátott $M\acute{A}SZ_{vk} = M\acute{A}SZ_{1997, vk}$ értékét.
- A 2. táblázat felhasználásával és a vízmérce állomások közötti interpolálással kiszámítjuk a $D_{5\%}$ -nak a vízkivétel szelvényére vonatkoztatott értékét.
- A vízkivétel szelvényére kiszámított $M\acute{A}SZ_{vk}$ és D_{vk} előjelhelyes összeadásával kiszámítjuk a vízkivétel szelvényére érvényes NV_{vk} tengerszintre vonatkoztatott magasságát.
- Az NV_{vk} magasságából kivonva a töltéskorona tengerszintre vonatkozó K magasságát m-ben kifejezve megkapjuk vízkivétel tartott szintjének a koronaszint alatti „számított” magasságát, megjegyezve, hogy ez az érték pozitív, ha NV_{vk} a koronaszint fölé, negatív pedig, ha ez alá kerül.
- Végül, ebből a „számított” magasságból a „kivitelezett” magasság a következők szerint határozható meg: abban az esetben, ha $NV_{vk} - K \geq -1,00$ m-re adódott, úgy

a „kivitelezett” magasság -1,00 m lesz. Ha pedig $NV_{vk} - K < -1,00$ m, akkor a „kivitelezett” magasság úgy kapható, hogy a „számított” magasságot -1,00-től kezdve -0,50 m-enként addig csökkentjük, amíg ez az eredmény, megadva a keresett „kivitelezett” szint magasságát, a „számított” szint alá nem kerül (4. és 5. táblázat).

3. táblázat. Az 5%-os valószínűségű nagyvizek meghatározása a szükségtározók vízkivételének a szelvényére interpolálással
Table 3. Determination of maximum yearly ice-free level with 5% probability for the sections of flood retention reservoir intakes with interpolation

TÁROZÓ	Táv 0-tól fkm	D 5% cm	$NV_{5\%}$ mBf
Vízmérce			
Tiszabó	367,9	38,19	
TISZAROFFI -TÁROZÓ déli mt.	370,11	39,35	90,33
Kisköre-alsó	403,2	56,38	
Tiszabó	367,9	38,19	
TISZAROFFI -TÁROZÓ északi mt.	378,5	43,67	90,49
Kisköre-alsó	403,2	56,38	
Tiszabó	367,9	38,19	
HANYI-TISZASZÜLYI -TÁROZÓ	387,9	48,50	90,74
Kisköre-alsó	403,2	56,38	
Tiszabó	367,9	38,19	
NAGYKUNSÁGI-TÁROZÓ	400,5	54,97	91,14
Kisköre-alsó	403,2	56,38	
Tiszabercel	569,5	-27,00	
CIGÁNDI-TISZAKATRÁDI TÁROZÓ	598,0	-27,53	102,84
Záhony	628,26	-28,10	
Vásárosnamány	684,4	-13,20	
BEREGI TÁROZÓ	706,8	-19,92	114,34
Tiszabecs	744,3	-31,20	

Eligazítás a számítás végrehajtásához:
 ~ A tározó fkm adatához tartozó D 5% adat lineáris interpolálás eredménye.
 ~ A tározó fkm adatához tartozó $NV_{5\%}$ adat a 3. táblázat szerinti MASZ_{mt} és az e táblázat szerinti a D 5% előjelhelyes összege.

A fentiekben összefoglalt tennivalókat áttekintve kitűnik, hogy egyedül a töltés koronaszintjének a magassága az, amelynek meghatározása helyszíni terepmunkát igényel, mivel az $NV_{5\%}$ meghatározásához a vízmércékkel kapcsolatos adatok és a mértékadó árvízszintekre vonatkozó adatok az illetékes vízügyi igazgatóságoktól beszerezhetők. Más oldalról viszont igaz, hogy az $NV_{5\%}$ -re vonatkozó adatok általában egyik vízügyi szervnél sem állnak rendelkezésre. Vagyis ezeket a vízügyi igazgatóságtól beszerezhető alapadatokat felhasználva, megfelelő matematikai statisztikai eljárással (Szigyártó 2012b, 2015b) ki kell számítani. E vonatkozásban vagyunk aztán mi most előnyös helyzetben amiatt, hogy egyik utóbb közreadott tanulmányunk (Szigyártó 2015d) kidolgozásához az 1. táblázat szerinti összes vízrajzi állomásra minden ide vágó vizsgálatot is el kellett végeznünk. Az árvízi szükségtározók kidolgozás alatt álló üzemviteli szabályzatának a meghatározása szempontjából ezért látszott tehát célravezetőnek, hogy az ide szükséges $NV_{5\%}$ adatokat a korábbi tanulmányunk vizsgálati anyagából átvéve mindazokat a számításokat most mi végezzük el, amelyekhez a vízkivétel szelvényében levő töltések koronaszintjének a magasságára még nincs szükség. Így készült el a 3., 4. és az 5. táblázat, amelyek mellett, hogy alkalmas módon elősegíthetik a tartandó vízszintek mihamarabbi meghatározását, még áttekintést is nyújthatnak a számítások célszerű végrehajtásához.

4. táblázat. Az 1997. évi M ÁSZ értékek meghatározása a szükségtározók vízkivételének a szelvényére interpolálással
Table 4. Determination of PFL for the section of flood retention reservoir intakes with interpolation

Tározó	Táv 0-tól	MASZ _{mt}
	fkm	mBF
MASZ ₁₉₉₇	369,00	89,92
Tiszaroffi-tározó, déli mt.:	370,1	89,94
MASZ ₁₉₉₇	380,70	90,08
MASZ ₁₉₉₇	369,0	89,92
Tiszaroffi-tározó, északi mt.:	378,5	90,05
MASZ ₁₉₉₇	380,7	90,08
MASZ ₁₉₉₇	386,7	90,22
Hanyi-Tiszasülyi-tározó:	387,9	90,25
MASZ ₁₉₉₇	391,3	90,34
MASZ ₁₉₉₇	400,0	90,57
Nagykunsági-tározó:	400,5	90,59
MASZ ₁₉₉₇	401,6	90,63
MASZ ₁₉₉₇	593,1	102,62
Cigándi-Tizakarádi-tározó:	598,0	103,12
MASZ ₁₉₉₇	604,0	103,72
MASZ ₁₉₉₇	700,0	113,57
Beregi-tározó:	706,8	114,54
MASZ ₁₉₉₇	707,8	114,69

Eligazítás a számítás végrehajtásához:
 ~ Az adott folyókilóméterhez tartozó MASZ₁₉₉₇ adatot az 5/1977.(IX. 19.) KHVM számú rendelet tartalmazza.
 ~ MASZ_{mt} a vízkivételi műtárgy szelvényére vonatkozó MASZ₁₉₉₇ adat.
 ~ A tározó fkm adatához tartozó MASZ₁₉₉₇ adat lineáris interpolálás eredménye.

E problémakörhöz kapcsolódva kell még szólnunk arról is, hogy e tanulmány még *nagyvonalú tájékoztatást* nyújthat a felől is, hogy a tartott szinteket a javasolt módon meghatározva a már megépült tározóknál két egymást követő elárasztás milyen gyakorisággal várható. Nevezetesen a vízmérceállomások szelvényére ebből a célból az 1. táblázatban feltüntettük a H tartott szintnél magasabb évenkénti nagyvizek előfordulásának a $P(T \geq H)$, valószínűségét és az elárasztások ebből számított $M(T)$ átlagos visszatérési idejét is. Amiből megállapítható, hogy a Tiszabó és a Kisköre-alsó vízmérceállomás közé eső három szükségtározónál ez az átlagos visszatérési idő 13 és 14 év közé esik. Vagyis a 3. ábrán a szóban forgó visszatérési idő eloszlásfüggvényének grafikonjaként (ismét csak közelítésként) elfogadható az $M(T)=12,5$ évvel és kis körökkel jelzett eloszlásfüggvény. Amire támaszkodva (természetesen hangsúlyozottan csak közelítésként) azt mondhatjuk, hogy ezeknél a tározóknál a két elárasztás közötti idő mintegy 15%-os valószínűséggel 10 éven belül lesz, és mintegy 15%-os valószínűsége annak, hogy az első elárasztást követő újabb elárasztás csak 30 év elteltével következik be. A tározó újbóli elárasztásának az ideje felől nyilván hasonló módon lehet aztán tájékozódni a többi szükségtározó esetén is. Megjegyezzük, hogy az így nyert eredmény megbízhatósága nyilván erősen függ attól, hogy a szükségtározó alatti és feletti vízmérceállomásra meghatározott átlagos visszatérési idő mennyiben tér el egymástól. Olyan

kis mértékben, mint ezt a Kisköre alatti három állomásnál láttuk vagy annyira, mint a Beregi-tározónál, ahol az 1.

táblázat szerint az átlagos visszatérési idő Vásárosnaménynál 10,3 év, míg Tiszabecsnél már 21,5 év.

5. táblázat. A tartandó vízszintek meghatározása a szükségtározók vízkivételének a szelvényére
Table 5. Determination of perpetuated flood level for the section of flood retention reservoir intakes

A szükségtározó		A kivitelezendő tartott szint a szükségtározó vízkivételének szelvényében				
Neve	Távolsága a torkolattól fkm	NV 5% a víz- kivételnél mBf	Gátkorona a víz- kivételnél mBf	Tartott szint a gátkorona alatt		Tartott szint a tengerszint felett mBf
				számított m	kivitelezett m	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Tiszaroffi (déli)	370,1	90,33 ~	szintezési eredmény	lásd az 1. útmutatót	lásd a 2. útmutatót	~
Tiszaroffi (északi)	378,5	90,49 ~	szintezési eredmény	lásd az 1. útmutatót	lásd a 2. útmutatót	~
Hanyi-Tiszasúlyi	387,9	90,74 ~	szintezési eredmény	lásd az 1. útmutatót	lásd a 2. útmutatót	~
Nagykusági	400,5	91,14 ~	szintezési eredmény	lásd az 1. útmutatót	lásd a 2. útmutatót	~
Cigándi-Tiszakarádi	598,0	102,84 ~	szintezési eredmény	lásd az 1. útmutatót	lásd a 2. útmutatót	~
Beregi	706,8	114,34 ~	szintezési eredmény	lásd az 1. útmutatót	lásd a 2. útmutatót	~
Útmutató						
<p>1. Az (5) oszlopban a tartandó szint gátkoronától "számított" értékét úgy kapjuk, hogy a (3) oszlop szerinti értékből levonjuk a (4) oszlop szerinti értéket.</p> <p>2. A tartandó szintnek a gátkoronához viszonyított, (6) oszlop szerinti "kivitelezett" értékét a következők szerint kapjuk meg: Ha a "számított" szint nagyobb -1-nél (ennél kisebb negatív, vagy pozitív érték) a "kivitelezett szint" -1 lesz. Ellenkező esetben a "számított" értéket lépésről lépésre 0,5 m-el csökkentjük mindaddig, amíg eredményül -1-nél kisebb értéket nem kapunk. A kivitelezett szint pedig ennek az értéknek lefelé, 0,5 m-re kerek értéke lesz.</p> <p>3. A tartott szint tengerszint feletti magasságát a (4) a (6) oszlop szerinti érték előjel szerinti összege adja.</p>						
Példa a kivitelezett szint számítására						
NV 5% mBf	Gátkorona	"Számított"	Levonás:	"Kivitelezett"
(3)	(4)	(5)	m	m	m	m mBf
90,32 mBf	90,28 mBf	0,04 m	-0,46 m	-0,96 m	-1,46 m	-1,5 m 88,78 mBf

A fejtegetések lezárásaként végül – esetleges félreértések elkerülése érdekében – célszerű hangsúlyozni azt is, hogy ha a tartandó vízszintet ilyen egységes elven alapuló eljárással határozzák meg, úgy ennek magasságát természetesen nem csak a tározók üzemeltetésénél, hanem az új tározók tervezésénél és a már meglévők méreteinek az ellenőrzésénél, és szükség szerinti módosításánál is figyelembe kell venni. Ez pedig (ha a tározó méretei megfelelők és a vízszinttartást elrendelték) egy igen magas árhullám levonulása során azt fogja eredményezni, hogy amint a tározó vízkivételénél a folyó vízszintje eléri a tartandó szintet, ott és akkor a folyó vízszintje állandósul, mivel a rendszer a lejjebb nem továbbítható vizeket a tározóba vezeti.

Ez pedig így fog folytatódni mindaddig, amíg a tározóba vezetendő vízhozam nem meghaladja a vízkivétel vízszállító-képességét vagy pedig a tározó meg nem telik, ami (ha a tározó méreteit jól határozták meg) 1% körüli valószínűséggel, vagyis átlagosan 100 évenként egyszer következik majd be. Ezt követően tehát a tározó vízkivételének a szelvényében újból megindul a vízszint emelkedése. Remélhetőleg továbbra sem fenyegetve a töltés meghágásával, hiszen ekkor az emelkedő vízszint elleni védelmet még mindig egy 1 m magas száraz töltéstest szolgálja.

IRODALOM

KHVM (1997). A 15(1997). (IX. 19.) KHVM rendelete a folyók mértékadó árvízszintjéről.

KHVM (2002). A Vásárhelyi terv továbbfejlesztése. Konceptióterv. *Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium*. Budapest.

OVF Elnöki Kollégiuma (1974). A 113/Koll./1974. számú határozata.

Szigyártó Z. (1957). A hidrológiai események visszatérési ideje. *Hidrológiai Közlöny*, Budapest, 47. évf. 4. sz. 325-329.o.

Szigyártó Z. (2005). Eljárás árvízi véstározók üzemeltetésére. *Szabadság*. Lajstromszám: 226 392, ügyszám: P 05 00376, 2005. április 11.

Szigyártó Z. (2012a). A Kiskörei-tározó hatása az árhullámok ellapulására. *Hidrológiai Közlöny*, Budapest, 92. évf. 2. sz. 25-31. o.

Szigyártó Z. (2012b): A keverék-eloszlású évi legnagyobb jégmentes vízállások eloszlásának számítása. *Hidrológiai Közlöny*, Budapest, 92. évf. 4. sz. 51-59. o.

Szigyártó Z. (2015a). Árvízi szükségeltározók vízszint-tartó üzeme. *Hidrológiai Közlöny*, Budapest, 95. évf. 1. sz. 19-25. o.

Szigyártó Z. (2015b). Változó középértékű évi legnagyobb jégmentes vízállások illeszkedés-vizsgálata. *Hidrológiai Közlöny*, Budapest, 95. évf. 1. sz. 31-34. o.

Szigyártó Z. (2015c). Módszer az árvízi szükségeltározók térfogatának és vízkivételének a hidrológiai méretezéséhez. *Hidrológiai Közlöny*, Budapest, 95. évf. 3. sz. 45-62. o.

Szigyártó Z.(2015). A Tisza nagyvízi vízjárása a múlt század elejétől napjainkig. *Hidrológiai Közlöny*, Budapest, 95. évf. 4 sz. 19-20. o.

Szigyártó Z.(2016). Alapadatok az árvízi szükségeltározók hidrológiai méretezéséhez és méreteik ellenőrzéséhez. *Hidrológiai Közlöny*, Budapest, 96. évf. 4. sz. 20-25. o.

Szigyártó Z., Rátky I. (2012): A vízszinttartás mellett levonuló árhullámok néhány törvényszerűsége. *Hidrológiai Közlöny*, Budapest, 92. évf. 1. sz. 35-40. o.

Váradi J. (2005). Ajánlás a Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése keretében készülő tározók műtárgyainak kialakításához (a Cigándi tározó műtárgyainak elemzése alapján). Összefoglaló dokumentáció. *Árvízvédelmi és Belvízvédelmi Központ Szervezet*. Budapest.

VKKI - Vízügyi és Környezetvédelmi Központi Igazgatóság (2011). A vízkárelhárítási szakágazat szakmai alapelveinek és adatainak válogatott gyűjteménye. *Víz és Környezeti Kárelhárítási Főosztály*. Budapest, Kézirat.

A SZERZŐK



SZIGYÁRTÓ ZOLTÁN Budapesten született 1926-ban. Középiskoláinak elvégzését követően az akkori (budapesti) *Magyar Királyi József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mérnök és Építészmérnöki Karának Mérnöki Osztályára* iratkozott be, ahol 1950-ben szerzett mérnöki diplomát. Ezzel egyidejűleg az *Egyetem I. sz. Vízépítési Tanszékére* kinevezték tanársegédnek. Ezt követően 1952-ben megpályázta az aspiránsi ösztöndíjat, s disszertációját megvédve 1958-ban kapta meg a *műszaki tudományok kandidátusa* címet. Már ezt megelőzően, 1955-ben a *Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézetbe* (VITUKI) került, ahol először kutatóként, majd az igazgató mellett műszaki titkárként, később tudományos osztályvezetőként dolgozott. Ez idő alatt kutatóként elsősorban a különböző hidrológiai problémák megoldásával foglalkozott. Műszaki titkárként feladata az Intézet kutatási tevékenységének figyelemmel kísérése, ellenőrzése, az Intézet munkájával kapcsolatos tervek és beszámolók elkészítése. Itt szerezte meg a *műszaki tudományok doktora* (illetve a *Magyar Tudományos Akadémia Doktora*) címet is. 1986-ban ment nyugdíjba ennek az intézetnek munkatársaként, mely szervezet neve ekkor *Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Központ* (VITUKI) volt. Ezt követően, 1992-ig, mint nyugdíjas továbbra is a VITUKI-ban, változatlan munkakörben dolgozott, majd a vízrajzi munka fejlesztésével, a vízrajzi létesítmények tervezésével és ezek kivitelezésével kapcsolatos munkák elvégzésére két céget is alapított. Korának előrehaladtával cégeit a 2000-es évek végéig felszá-

molta, illetve eladta. Kutatói tevékenysége során hidrológia, hidraulika, mezőgazdasági vízgazdálkodási és ármentesítési problémák megoldásával foglalkozott, illetve feladata az ide vágó valószínűség-elméleti és matematikai-statisztikai problémák megoldása volt. Az utóbbi mintegy 20 évben pedig kizárólag a Tisza nagyvízi vízjárásával és ármentesítésével foglalkozik. Ez ideig több mint 200 tanulmánya, publicisztikáját és könyve került kiadásra. Sok elismerést és kitüntetést kapott. Így a *Magyar Hidrológiai Társaság Tiszteleti Tagja*, *Tiszteltbeli Mérnöki Kamarai Tag* és *Címzetes Egyetemi Tanár*. A többi kitüntetés közül pedig kiemelkedik a legmagasabb polgári kitüntetés, a *Magyar Érdemrend Tiszti Fokozata*, melyet 90. életévében, meghatározó jelentőségű életműve elismeréseként kapta.



VÁRADI JÓZSEF a Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki karán 1974-ben szerzett diplomát. 1980-ig a VITUKI tudományos munkatársaként dolgozott, majd az OVH-ban, később a vízgazdálkodásért felelős minisztériumokban dolgozott vízkár-elhárítási főosztályvezetőként, illetve 2003-tól 2004-ig helyettes államtitkárként. Lemondása után a Bajai

Eötvös József Főiskola docenseként, területi vízgazdálkodást tanított, majd az Árvízvédelmi és Belvízvédelmi Központi Szervezet ügyvezető igazgatója lett, ahonnan 2007-ben a Vízügyi és Környezetvédelmi Központi Igazgatóság Főigazgatójává nevezték ki. 2012-ben nyugdíjba vonult. Jelenleg az OVF Vízügyi Tudományos Tanácsának elnökeként tevékenykedik.

Hidrologiai folyamatok hatása a dunai magaspártok mozgására

Mentes Gyula

MTA CSFK Geodéziai és Geofizikai Intézet, 9400 Sopron, Csatkai E. u. 6-8. (E-mail: mentes@ggki.hu)

Kivonat

A Dunai lösz magaspártok hajlamosak a csuszamlásokra. Ebben a cikkben a dunaföldvári és a dunaszekcsi magaspártok d lései és a hidrologiai folyamatok közötti összefüggések vizsgálatát írjuk le. Mindkét helyen két fúróluk-d lésmérőt installáltunk a magaspárt tetejének és lábának d lésmonitorozása céljából. A d léss adatokat összehasonlítottuk a Duna vízszintjének és a partfal mögötti talajvízszint változásaival. Az egyes d léskomponensek és vízszintek közötti többváltozós regresszióanalízis szerint a regressziós együtthatók időbeli változásai szoros kapcsolatban vannak a magaspárt stabilitásával. A növekvő regressziós együtthatók a partfal stabilitásának csökkenését jelentik. A vizsgálatok azt is kimutatták, hogy a talajvízszint változásainak hatása a magaspártok mozgására három-négy nagyságrenddel nagyobb, mint a Duna vízszint ingadozásaié. A regressziós együtthatók és a magaspárt stabilitása közötti kapcsolat hasznos lehet a csuszamlások előrejelzése céljából.

Kulcsszavak

Dunai magaspártok, Duna vízszintje, talajvízszint, partfalmozgás, mozgásmonitorozás, fúróluk-d lésmérő.

Effect of hydrological processes on the movements of the Danube's high banks

Abstract

The high loess banks of the River Danube are prone to landslides. In this paper the investigation of the relationships between high bank tilts and hydrological processes in Dunaföldvár and Dunaszekcs is described. At both locations two borehole tiltmeters were installed to monitor the tilts of the top and the toe of the high banks. Tilt data were compared with the variation of the water level of the Danube and the ground water level variations recorded at the backs of the high banks. Results of multiple regression analysis between tilt components and water levels showed that the temporal variation of the regression coefficients is in close connection with the stability of the high bank. Increasing regression coefficients mean decreasing stability of the high bank. The investigations also showed that the effect of the ground water level variations on the movements of the high bank is about three-four orders of magnitude higher than the variations of the water level of the Danube. The connection between the regression coefficients and the high bank stability can be useful for early warning of landslides.

Keywords

Danube's high banks, Danube's water level, ground water level, movements of the high bank, monitoring of movements, borehole tiltmeter.

BEVEZETÉS

A földcsuszamlások szerte az egész világon jelentős károkat okoznak mind emberéletben, mind pedig anyagi károk formájában. Ez alól hazánk sem kivétel. Gyakran fordulnak elő földcsuszamlások az Északi- középhegységben, a zalai és baranyai dombvidékeken. Veszélyességüket tekintve a legjelentősebbek a dunai és a balatoni magaspártok csuszamlásai. Ez indokolta, hogy az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet (Jelenleg MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Geodéziai és Geofizikai Intézet (MTA CSFK GGI)) egyik fő kutatási feladatának választotta a dunai magaspártok mozgásának és azok okainak vizsgálatát. Kezdetben, 2002-től a dunaföldvári magaspárt mozgásait vizsgáltuk EU projekt keretében, majd 2007-től a dunaszekcsi magaspárt vizsgálatát is elkezdtük. Vizsgálatainkat 2015-től a kulcsi és a fonyódi földcsuszamlásokra is kiterjesztettük. A földcsuszamlások kialakulásában a hidrometeorológiai folyamatoknak kulcsszerepük van (*Domján 1952, Lóczy és társai 1989, Juhász 1999, Rinaldi és Casaghi 1999, Fox és Wilson 2010*). A dunaföldvári és a dunaszekcsi magaspártokon talajd léss- és vízszintmérések segítségével vizsgáltuk, hogy milyen összefüggés van a Duna vízállása, valamint a talajvízszint változásai és a partfalmozgások között (*Mentes 2017a*). Jelen tanulmány célja, hogy röviden bemutassuk főbb kutatási eredményeinket.

MÓDSZEREK

A partfalmozgásokat fúróluk-d lésmérővel regisztráltuk. Az általunk használt Applied Geomechanics gyártmányú 722A típusú fúróluk-d lésmérőket talajmozgások nagy pontosságú és hosszú idejű monitorozására fejlesztették ki. A d lésmérők két egymásra merleges folyadéklíbellás d léssérzővel rendelkeznek, melyek érzékenysége 0,1 μradián (0,1 mm/m), ill. 1 μradián lehet. A mérés mérőstartománya ±2000 μradián a kis érzékenység és ±800 μradián a nagyérzékenység fokozatában. A d lésmérők rendelkeznek egy 0,1 °C érzékenységgel beépített hőmérsékletérzővel vel a talaj és a mérő hőmérsékletének mérésére (*http1*). A mérőszereket 2,5 mély fúrólukokban helyeztük el. Ez a mélység már elegendően jó hőmérsékletstabilitást biztosít a mérőszereknek. A d lésmérők analóg jelének digitalizálását és az adatok gyűjtését Scientific Campbell CR 1000 típusú adatgyűjtővel (*http2*) végeztük, amelyekhez csatlakozott egy hőmérsékletérzővel a levegő hőmérsékletének mérésére. Az adatgyűjtőt, a mérőszereket tápláló akkumulátorokkal együtt, a fúrólukokat lefedő, zárható fémládákban helyeztük el. Dunaföldváron a partfal függőleges irányú mozgását egy vertikális fúróluk extenzométerrel mértük, amelyet az MTA CSFK GGI-ben fejlesztettünk ki (*Mentes 2012*). A hőmérsékletkompenzált extenzométer 0-4 mm tartományban 1 μm felbontású mérést tesz lehetővé.

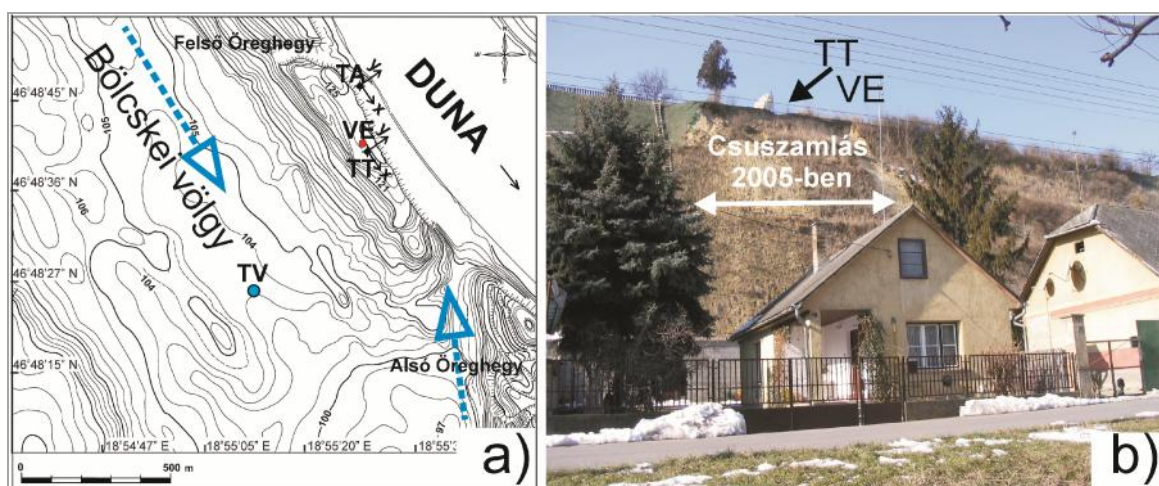
Az adatgyjtést óras mintavételezéssel végeztük. Az adatok kiolvasása az akkumulátorok cseréjével együtt kb. 40-50 naponként történt. A talajvízszintet Dataqua típusú vízszintmér kkel óránként regisztráltuk (*http3*). A Duna vízállását az Országos Vízelvez Szolgálat honlapjáról töltöttük le (*http4*). Mivel ez utóbbi csak naponként áll rendelkezésünkre, a d lésmér , az extenzométeres és a talajvíz adatokból mozgó átlagolással napos adatokat állítottunk el . Az egyes d lés komponensek és a vízszintek, valamint a h mérséklet közötti kapcsolatot korreláció- és többváltozós regresszió analízissel vizsgáltuk.

VIZSGÁLT PARTFALAK ÉS MÉRÉSI EREDMÉNYEK

Dunaföldvár

A dunaföldvári partfal mozgásának vizsgálatához a teszterületet a Duna-hídtól északra a Felső Öreghe-

gyen jelöltük ki (*1. ábra*), amelynek lösz platója 20-30 m meredek oldallal esik a Duna síkjába. A Felső Öreghegyet egy 150-200 m széles völgy választja el az Alsó Öreghegyt l. Ez a völgy, valamint a Bölskei völgy határozza meg a talajvíz folyását a partfal hátsó részéhez, a Duna irányába, ahogy azt az *1a. ábrán* látható nyilak mutatják (*Mentes és társai 2009*). A dunaföldvári magaspárt geológiai szerkezetének, hidrológiai viszonyainak részletes vizsgálata és ismertetése a korábbi nagy csuszamlások (pl.: 1964, 1965, 1970, 1993) után megtörtént és publikálásra került (pl.: *Domján 1952, Pécsi 1971, Karácsonyi és Scheuer, 1972, Horváth és Scheuer 1976, Scheuer 1979, Pécsi és Scheuer 1979, Pécsi és társai 1979, Kleb és Schweitzer 2001, Mentés és Eperné 2004, Mentés és társai 2009*), ezért itt ezek részletes ismertetésére nem térünk ki.



1. ábra. A dunaföldvári teszterület elhelyezkedése (a), és a vizsgált partfalszakasz egy részlete (b)

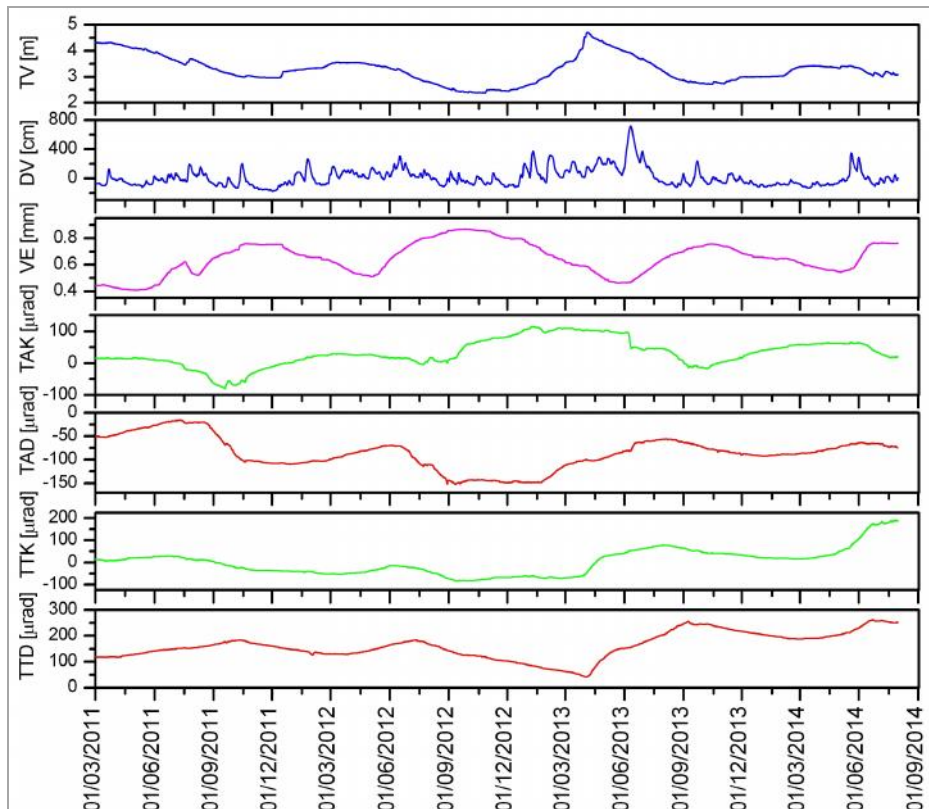
Figure 1. The location of the study area in Dunaföldvár (a) and a section of the investigated high bank (b) (Megjegyzés: TA a partfal lábánál, TT a partfal tetején telepített d lésmér k, VE a vertikális fúróluk extenzométer, TV, pedig a talajvízszint mérésének helyét jelöli. A szaggatott nyilak a talajvíz áramlásának f irányait jelzik.)

A partfalmozgások folyamatos megfigyelésére 2002-ben két fúróluk-d lésmér t telepítettünk. Egy d lésmér r t a partfal tetején (TT), egyet pedig a lábánál (TA) helyeztünk el úgy, hogy az y tengelyük a Duna irányára mer leges, x tengelyük, pedig azzal párhuzamos. A fels d lésmér mellett 2005-ben elhelyeztünk egy fúróluk extenzométert a partfal függ leges irányú mozgásainak megfigyelésére. A m szerek installálását és a mérés módját Mentés (2017b) részletesen ismerteti. A talajvízszintet 2011-t l mértük a TV-vel jelölt helyen (*1a. ábra*).

A 2011 és 2014 között regisztrált adatsorokat a 2. ábra mutatja. Az ábrából látható, hogy a partfal mozgását közel éves periódusú, szezonális jelleg , néhány 100 μ radián nagyságrend , váltakozó irányú d lés jellemzi. A 2002 és 2014 között mért adatsorból meghatároztuk a partfal d lését. A számítások szerint 12 év alatt a partfal lába 126 μ radiánt d lt ÉÉK irányba, míg a partfal teteje 162 μ radiánt DK irányba. Ez utóbbi d lést a partfal tetején kialakított mér hely közelében a 2005-ben történt omlás is bizonyítja (*1b. ábra*). A partfal lábának ÉÉK-i d lését az okozhatja, hogy az északi irányból folyó víz a folyó kanyarulata miatt a

teszterület északi felét jobban alámossa, mint a délre es t. A partfal délkeleti d lését a partfal alól a Dunába áramló talajvíz által kimosott anyag okozhatja. Az *1a. ábrából* látható, hogy a vizsgált partfal déli része felé áramlik a partfal háttéréb l a talajvíz. Tehát itt a Dunába irányuló talajvíz áramlása intenzívebb, mint a vizsgált terület északi részén. Ezenkívül a délkeleti irányú d lésben tektonikai mozgásoknak is szerepe lehet (*Mentes 2017b*).

A partfalmozgások és a vízszint változások közötti összefüggések kimutatása céljából a mért adatokat többváltozós regresszió-analízisnek vetettük alá. A kapott korrelációs és regressziós együtthatókat az *1. táblázat* tartalmazza. A táblázatban az egyes d lésirányok, a vertikális elmozdulás és a Duna vízszintje (DV), a talajvízszint (TV), valamint a leveg h mérséklete (T) közötti korrelációs és regressziós együtthatók találhatóak. A regressziós együtthatók megadják, hogy pl. 1 m talajvízszint emelkedés hány μ radián d lést okoz. Jól látható, hogy a talajvízszint 1 méteres változása által okozott d lések kb. három nagyságrenddel nagyobbak, mint amit a Duna 1 méteres vízszintváltozása okoz.



2. ábra. A dunaföldvári magasparton 2011. március 1. és 2014. július 15. között mért adatok

Figure 2. Data measured on the high bank in Dunaföldvár between 1 March 2011 and 15 June 2014

(Megjegyzés: TTD, TTK a déli és a keleti irányú d léskomponenseket jelentik a magaspárt tetején, TAD, TAK pedig a lábánál. A d léسادatok pozitív el jele déli, ill. keleti irányú d lést jelent, míg a vertikális elmozdulás (VE) pozitív el jele tágulást. DV jelöli a Duna vízszintjének és TV a talajvízszint változásait.)

1. táblázat. A d léskomponensek, a vertikális elmozdulás (VE) és a Duna vízszintje (DV), a talajvízszint (TV), valamint a h mérséklet (T) közötti korrelációs és regressziós együtthatók

Table 1. Correlation and regression coefficients between tilt components, vertical extension and the water level of the Danube, the ground water level and the temperature

D lésirányok és vert. ext.	Korrelációs együtthatók			Regressziós együtthatók		
	DV	TV	T	DV	TV	T
TTD	-0.23	-0.29	0.51	-0.09 $\mu\text{rad m}^{-1}$	-28.19 $\mu\text{rad m}^{-1}$	9.91 $\mu\text{rad K}^{-1}$
TTK	0.02	0.22	0.17	0.01 $\mu\text{rad m}^{-1}$	24.61 $\mu\text{rad m}^{-1}$	3.90 $\mu\text{rad K}^{-1}$
TAD	-0.01	0.58	0.25	-0.00 $\mu\text{rad m}^{-1}$	38.77 $\mu\text{rad m}^{-1}$	3.27 $\mu\text{rad K}^{-1}$
TAK	0.33	0.11	-0.46	0.12 $\mu\text{rad m}^{-1}$	9.15 $\mu\text{rad m}^{-1}$	-7.65 $\mu\text{rad K}^{-1}$
VE	-0.25	-0.91	0.71	-0.00 mm m^{-1}	-0.21 mm m^{-1}	0.03 mm K^{-1}

(Megjegyzés: TTD, TTK a déli és a keleti d léskomponenseket jelentik a magaspárt tetején és TAD, TAK pedig a lábánál. DV a Duna, míg TV a talajvízszint változását, T pedig a levegő h mérsékletét jelöli. A regressziós együtthatók pozitív el jele déli, ill. keleti irányú d lést, míg a vertikális elmozdulás pozitív el jele tágulást jelent.)



3. ábra. A dunaszekcs-i teszterület légi fényképe

(a fotót készítette Körmendi László 2008. február 17-én) a 2008. február 12-i partfalcsuszamlás után

Figure 3. Aerial photo of the Dunaszekcs test site after the landslide on 12 February 2008.

(photo was taken by László Körmendi on 17 February 2008)

(Megjegyzés: TV1 és TV2 a talajvízszint mérési helyeit, S a „stabil”, L pedig a leszakadó partfalon elhelyezkedő fúróluk d lésmérő k helyét jelöli.)

2. táblázat. A d lésértékek és a Duna vízszintje (DV), a talajvízszintek (TV1 és TV2), valamint a h mérséklet (T) közötti regressziós együtthatók

Table 2. Regression coefficients between tilt values and Danube water level (DV), groundwater levels (TV1 and TV2) as well as temperature (T)

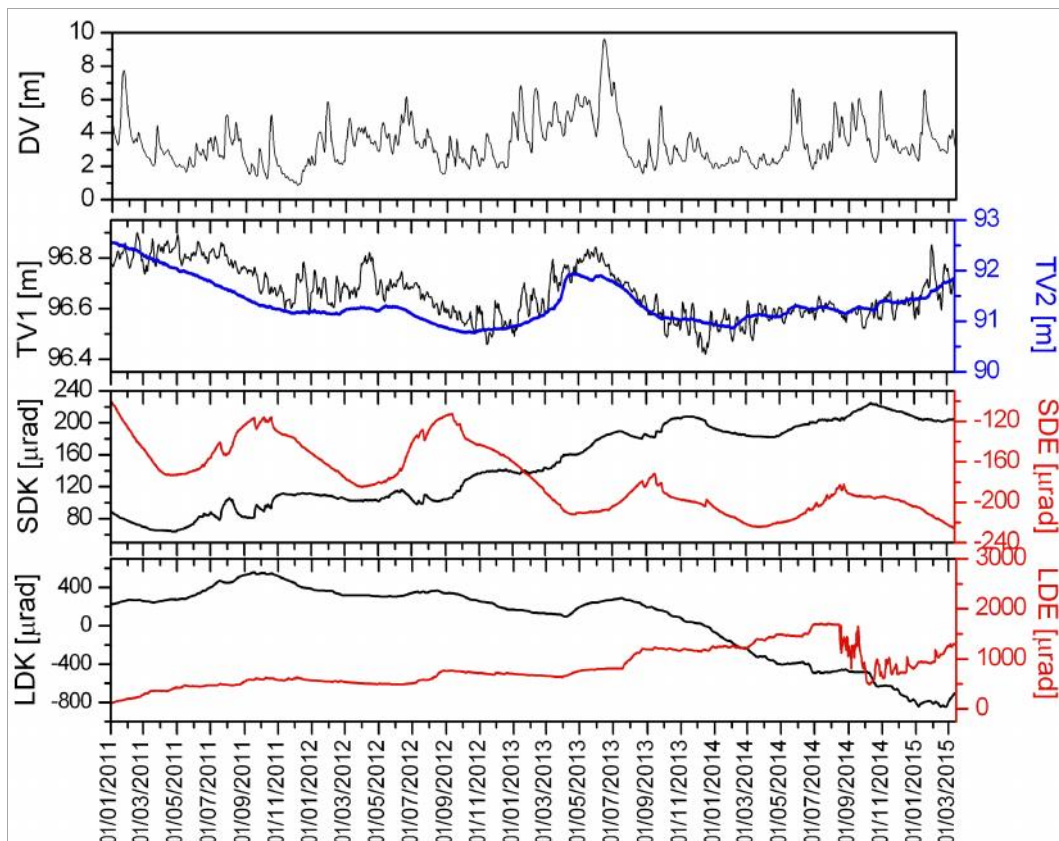
D lés- irány	Év	Regressziós együtthatók				
		TV1 $\mu\text{rad m}^{-1}$	TV2 $\mu\text{rad m}^{-1}$	DV $\mu\text{rad m}^{-1}$	T $\mu\text{rad K}^{-1}$	R ²
SDK	2011	-13	-35	4	-1	0.800
	2012	-41	-44	3	-1	0.658
	2013	-207	33	-2	1	0.484
	2014	-23	63	2	0	0.533
SDÉ	2011	-193	3	7	0	0.388
	2012	28	-98	-1	1	0.793
	2013	67	-56	1	1	0.619
	2014	0	28	2	0	0.335
LDK	2011	-400	-178	18	4	0.862
	2012	167	95	-8	2	0.373
	2013	369	-83	11	8	0.733
	2014	-156	-1095	15	3	0.859
LDÉ	2011	185	-287	-16	2	0.965
	2012	33	-512	-6	0	0.933
	2013	-1380	-71	-30	16	0.690
	2014	776	-1198	-22	38	0.531

Megjegyzés: SDK és SDÉ jelölik a stabil part, míg LDK és LDÉ, pedig a lecsúszó partfal keleti és északi d léskomponenseit. A pozitív értékek keleti, ill. északi irányba történő d lést jelentenek. R² a kiegyenlítés jószágát mutatja.

Dunaszekecs

Dunaszekecs n, a Vár hegyen 2007 augusztusában létesítettünk egy geodéziai mozgásvizsgáló hálózatot, amelyet két fűrőlyuk d lésmérvel egészítettünk ki. Egy d lésmér a partfal stabilnak tekinthető részén (S), a másikat, pedig a mozgó részén (L) helyeztük el. Ez utóbbi 2008. február 12-én lecsúszott és a d lésmérrel a nagy mozgások miatt csak 2010-ben tudtuk újratelepíteni a lecsúszott részen. A 3. ábra a partfalat és a m. szerek elhelyezkedését mutatja a 2008-as nagy csuszamlás után. TV1 és TV2 a talajvízszint regisztrálásának helyeit mutatja. Mivel a partfal geológiai felépítésének és a 2008-as csuszamlás és az azt követő mozgások leírása több helyen is megtalálható (Kraft 2011, Mentes és társai 2012; Kaszás és Kraft 2009, Újvári és társai 2009), ezért itt csak 2011-től ismertetjük a partfal d léseit és a hidrológiai vizsgálatok eredményeit. Ezt az is indokolja, hogy 2010-ben új mozgási folyamatok indultak meg a partfalnak ezen a szakaszán és egy új szakadási vonal jelent meg (3. ábra), amelyet több kisebb követett. Dunaszekecs n a fűrőlyuk d lésmérrel két úgy installáltuk, hogy az y tengely kelet-északi irányba mutat, x tengelyük, pedig keleti irányba.

A mért adatokat 2011. január 1. és 2015. március 15. között a 4. ábra mutatja. Látható, hogy a partfal d léseinek nincs egy jelentős hosszúidejű trendje. A mozgást inkább kelet-nyugat, ill. észak-déli irányú oszcilláló d léssel jellemzi.



4. ábra. A dunaszekecs-i magasparton 2011 és 2015 között mért adatok

Figure 4. Data measured on the high bank in Dunaszekecs between 2011 and 2015

(Megjegyzés: LDK és LDÉ a lecsúszó partfal, SDK és SDÉ pedig a stabil partfal keleti és északi d léskomponenseit jelölik. A plusz eljel keleti, ill. északi irányba történő d lést jelent. TV1 és TV2 a tengerszint feletti talajvízszintek, DV a Duna vízszintjének változásai.)

A többváltozós regresszióanalízist az éves adatsorokon végeztük el, hogy az együtthatók változását a szakadási vonalak „fejlése” során nyomon követhessük. A 2. táblázat mutatja, hogy a talajvíz hatása általában itt is

egy-két nagyságrenddel nagyobb, mint a Duna vízszint változásának hatása. Az együtthatók azokban az években nagyobbak, amikor újabb szakadási vonalak jelentek meg, ill. amikor az egyes lesüllyedési blokkok mozgása

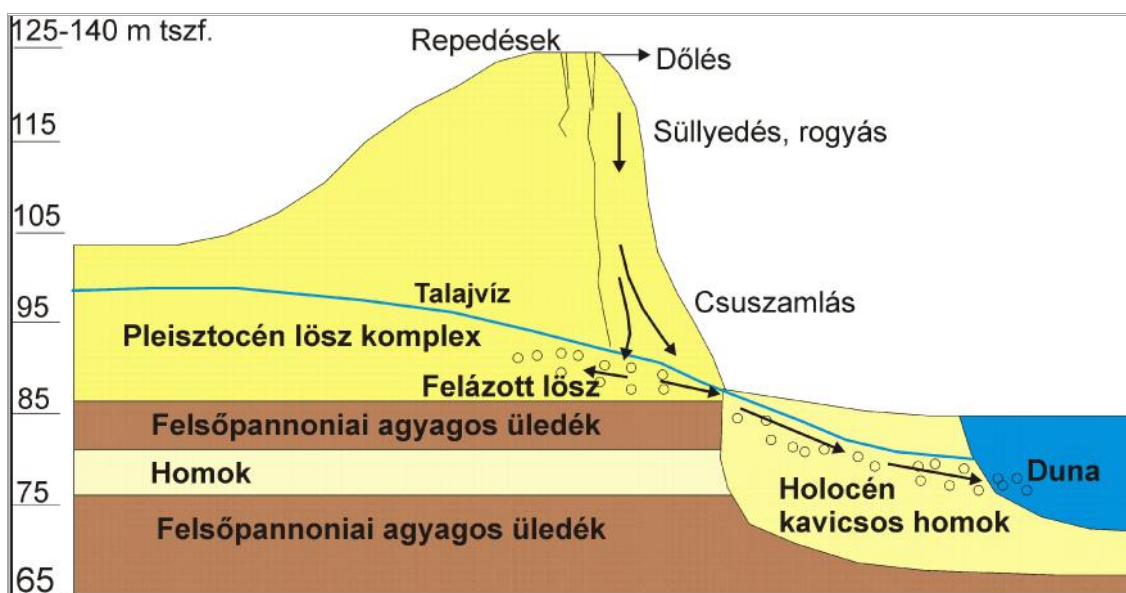
nagyobb volt. Ez alapján arra lehet következtetni, hogy minél kisebb a partfal stabilitása, annál nagyobbak az egyes regressziós együtthatók. Különösen a talajvíz hatása er sődik fel a partfal stabilitásának csökkenése esetén.

EREDMÉNYEK ÉRTELMEZÉSE

Az 5. ábra a dunaszekcs i partfal felépítését és mozgási folyamatait mutatja, azonban a bemutatott partfal szerkezet közelít leg a dunaföldvárira is érvényesnek tekinthet . Mindkét partfal mozgásának esetében jelent s szerepe van a partfal mögötti talajvízszintnek és a Duna vízszintjének, illetve a közöttük lev hidrosztatikai nyomáskülönbségnek. A talajvíz által a partfal alól a Dunába mosott anyag általában lassú keleti irányú d lést okoz. Ezek a d lések általában kisebb, de nagyobb omlásokhoz vezetnek. Ezen kívül a partfal alatti felázott lösz, illetve annak hiánya a partfal Duna fel li oldalának szilárdságát jelent sen csökkenti, amely miatt szakadási felületek,

repedések alakulhatnak ki a partfalban. Amennyiben a kialakult feszültségek meghaladják a partfal nyírószilárdságát a partfalszakaszok lassú süllyedése, vagy hirtelen rogyása következik be, amely nagyobb csuszamlással is együtt járhat.

A szakaszos süllyedés, rogyás esetében a felázott lösz a süllyed rész nemcsak a Duna irányába, hanem a stabil partfal alá is benyomja, ahonnan az a talajvízzel lassan a Duna irányába sodródik. Ez okozza a stabil partfalrész kelet-nyugati irányú oszcilláló d lését (4. ábra). Mindezen mozgásformák és okainak leírása a dunai partfalak vizsgálatával, illetve mozgásainak ismertetésével foglalkozó publikációkban megtalálhatók. Ezen tanulmány legfontosabb eredménye, hogy mindezt folyamatos m szeres vizsgálatokkal támasztja alá, továbbá bizonyítja, hogy a talajvízszintnek a Duna vízszintjéhez képesti hatása jóval nagyobb, mint azt korábban feltételezték.



5. ábra. A dunaföldvári és a dunaszekcs i partfalmozgási folyamatok
Figure 5. Movement processes of the high bank in Dunaföldvár and Dunaszekcs

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Az elvégzett mérések és vizsgálatok támogatásáért a szerző köszönettel tartozik a K 81295 számú OTKA pályázatnak, a helyi önkormányzatoknak, továbbá Molnár Tibornak, Gimesiné Németh Ágnesnek és Schlaffer Ferencnek a mérésekben való közrem ködésükért.

IRODALOMJEGYZÉK

Domján J. (1952). Középdunai magaspartok csúszásai. Hidrológiai Közönlöny 32, 416-422.

Fox G. A., Wilson G. V. (2010). The role of subsurface flow in hillslope and stream bank erosion: a review. Soil Science Society of America Journal 74, 717-733.

Horváth Zs., Scheuer Gy. (1976). A dunaföldvári partrogyás mérnökgeológiai vizsgálata. Földtani Közönlöny 106, 425-440.

Juhász Á. (1999). A klimatikus hatások szerepe a magaspartok fejl désében. Földtani Kutatás XXXVI, 14-20.

Karácsonyi S., Scheuer Gy. (1972). A dunai magaspartok építésföldtani problémái. Földtani Kutatás 15, 71-83.

Kaszás, F., Kraft, J. (2009). A dunaszekcs i magaspart rogyásos suvadása. Mélyépít Tükörkép Magazin 8, 35-39.

Kleb B., Schweitzer F. (2001). A Duna csuszamlásveszélyes magaspartjainak településkörnyezeti hatásvizsgálata. In: Ádám, A., Meskó, A. (Eds.), Földtudományok és a földi folyamatok kockázati tényez i. Bp. MTA, pp. 169-193.

Kraft J. (2011). Dunai magaspart dunaszekcs i részletének rogyásos suvadásai. In: Török, Á., Vásárhelyi, B. (Eds.), Mérnökgeológia-K zetmechanika 2011, pp 1-12.

Lóczy D., Balogh J., Ringer Á. (1989). Landslide hazard induced by river undercutting along the Danube. In: Embleton C., Federici P. R., Rodolfi G. (Eds.), Geomorphological Hazards, Supplements of Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, vol. 2, pp. 5-11.

Mentes G. (2012). A new borehole wire extensometer with high accuracy and stability for observation of local geodynamic processes. *Rev Sci Instrum.* 83, 015109. doi: 10.1063/1.3676652.

Mentes Gy., Bányai L., Újvári G., Papp G., Gribovszki K., Bódis V. B. (2012). Recurring mass movements on the Danube's bank at Dunaszekcs (Hungary) observed by geodetic methods. *J. Appl. Geodesy* 6, 203-208.

Mentes G. (2017a). Observing slope stability changes on the basis of tilt and hydrologic measurements. *J. Appl. Geodesy* 11(2), 115-121. DOI 10.1515/jag-2016-0020.

Mentes G. (2017b). The role of recent tectonics and hydrological processes in the evolution of recurring landslides on the Danube's high bank in Dunaföldvár, Hungary. *Geomorphology* 290, 200-210. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.04.026>.

Mentes G. és Eperné I. (Eds) (2004). Landslide monitoring of loess structures in Dunaföldvár, Hungary. *Geodetic and Geophysical Res. Inst. Hung. Acad. Sci., Sopron*, 84. pp.

Mentes G., Theilen-Willige B., Papp G., Síkhegyi F., Újvári G. (2009). Investigation of the relationship between subsurface structures and mass movements of the high loess bank along the River Danube in Hungary. *J. Geodyn.* 47, 130-141. doi:10.1016/j.jog.2008.07.0005.

Pécsi M. (1971). Az 1970. évi dunaföldvári földcsuszamlás. *Földrajzi Értesít* 20, 233-238.

Pécsi M., Scheuer Gy. (1979). Engineering geological problems of the Dunaujváros loess bluff. *Acta Geologica Hungarica* 22, 345-353.

Pécsi M., Schweitzer F., Scheuer Gy. (1979). Engineering geological and geomorphological investigations of landslides in the loess bluffs along the Danube in the Great Hungarian Plain. *Acta Geologica Hungarica* 22, 327-343.

Rinaldi M., Casagli N. (1999). Stability of streambanks formed in partially saturated soils and effects of negative pore water pressures: the Sieve River /Italy/. *Geomorphology* 6, 253-277.

Scheuer Gy. (1979). A dunai magaspartok mérnök-geológiai vizsgálata. *Földtani Közlöny* 109, 230-254.

Újvári G., Mentes Gy., Bányai L., Kraft J., Gyimóthy A., Kovács J. (2009). Evolution of a bank failure along the River Danube at Dunaszekcs, Hungary. *Geomorphology* 109, 197-209.

http1: http://www.ampere.com.mx/pdf/Manual_Usuario_Inc_722.pdf (hozzáférés: 2017.05.22.).

http2: <https://www.campbellsci.com/cr1000> (hozzáférés: 2017.05.22.).

http3: http://www.dataqua.hu/download/adatlap/DAS-LRB_122_4.pdf (hozzáférés: 2017.05.22.).

http4: <http://www.hydroinfo.hu> (hozzáférés: 2017.05.22.).

A SZERZ



MENTES GYULA DSc. Villamosmérnök. 1971-t l dolgozik az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézetben (jelenleg MTA CSFK Geodéziai és Geofizikai Intézet). Kutatási területe: Lokális és globális geodinamika; a szilárd Föld árapályának és az azzal kapcsolatos jelenségeknek a kutatása; geodéziai és geodinamikai m szerek fejlesztése. 1999-t l az MTA doktora. 2000-t l 2011-ig a Geodéziai F osztály vezetője, 2014-t l kutató professor emeritus.

3D numerikus modell igazolása komplex szabadfelszínű áramlások vizsgálatára

Fleit Gábor* és Baranya Sándor*

* Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3. (E-mail: fleit.gabor@epito.bme.hu, baranya.sandor@epito.bme.hu)

Kivonat

A cikkben egy, a közelmúltban fejlesztett numerikus hidrodinamikai modell matematikai és numerikus alapjait, majd tesztfeladatokon keresztüli igazolását mutatjuk be. A kiválasztott számítógépes modell, szemben a hazai vízügyi gyakorlatban alkalmazott 1D és 2D modellekkel, többfázisú rendszerek háromdimenziós szimulációjára alkalmas. A modell szabadon elérhető, segítségével kisebb térléptékű, lokális (pl. műtárgyak környezetében kialakuló) áramlási viszonyok részletes feltárására van lehetőség, mind a Reynolds-átlagolt (RANS), mind a nagy örvény szimuláció (LES) leírás móddal. A modell az ún. level set method-ot (LSM) alkalmazza a szabadfelszín számítására, mely alkalmas helyileg kialakuló nagy felszíngradiensek, sőt akár vízgrások numerikus reprodukálására is. A modellt három tesztfeladaton keresztül verifikáltuk laboratóriumi kismintakísérletek eredményei alapján. Szemléltetjük a level set method relevanciáját a modern szabadfelszín-számítási módszerek közt, illetve hangsúlyozzuk a nagy komplexitású hidrodinamikai jelenségek stabil modellbeli kezelését biztosító numerikus matematikai módszerek, sémák szükségszerűségét. Ezek lehetővé teszik, hogy a modellel egy bukó feletti áramlás esetén kialakuló áramló-rohanó átmenetet vagy egy nagyvízi állapotban teljesen víz alá kerülő híd környezetében kialakuló nyomás alatti és szabadfelszínű áramlást is részletesen, nagy pontossággal vizsgálhassunk. A laboratóriumi kísérletekkel mutatott kiemelkedően jó egyezések alapján kézenfekvő, hogy a modelleszköz akár ki is válthatja a költséges és időigényes fizikai modellezést, így a bemutatott eszköz használata és terjedése nem csak a tudományos, de a tervezői közösség részére is ajánlott.

Kulcsszavak

Numerikus hidrodinamikai modellezés, komplex szabad felszín, level set method, RANS, LES

Verification of a 3D numerical model to analyse complex free surface flows

Abstract

The mathematical and numerical background of a recently developed numerical hydrodynamic model is introduced in this paper, together with the verification of the tool. In contrast with the widely used 1D and 2D models in the Hungarian hydraulic engineering community, this model is capable of simulating three-dimensional multiphase flows. The numerical model is freely available and supports the detailed modelling of locally complex flows, such as flows around obstacles, using either the Reynolds-averaged (RANS) or Large Eddy Simulation (LES) technique. The free surface treatment is done by the so called level set method (LSM), which makes the model capable to reproduce locally high free surface gradients or even the simulation of hydraulic jumps. The model verification is performed via three test cases based on laboratory model results. The relevancy of the level set method will be illustrated, enhancing the necessary utilization of novel mathematical models to handle very complex hydrodynamic conditions. The numerical model supports the detailed and accurate description of the subcritical-supercritical flow transition over a weir, or even the pressurized flow field in the vicinity of bridge during floods. It is confirmed that the introduced numerical model can be a good alternative of the costly and time demanding laboratory models and so not besides the scientific applications the model can be an adequate tool for decision making in real engineering problems.

Keywords

CFD, complex free surface, LSM, RANS, LES

BEVEZETÉS

A vízmérnöki gyakorlatban egyre inkább előtérbe kerül a számítógépes modellezés különböző tér- és időléptékű feladatok megoldására. Hazánkban a legszélesebb körben elterjedt eszközök az egydimenziós (1D) modellek, melyek akár teljes folyók, folyóhálózatok absztrakt leképezésére adnak gyors alternatívát. Az 1D modellek tipikusan az árvízi előrejelzésben használatosak árhullám transzformációk, illetve tetőző vízállások becslésére (Cunge és társai 1980, Krámer és társai 2015), továbbá adathiány esetén a magasabb dimenziószámú modellek peremfeltételeinek előállítására is megbízható lehetőséget kínálnak. A kétdimenziós (2D) modellek az 1D leképezéssel ellentétben nem szelvény-, hanem leggyakrabban mélységmenti átlagolással közelítik a valós áramlási problémát, így a számítások eredményeként a különböző áramlási paraméterek horizontális eloszlását kapjuk meg a számítási rácsháló celláiban vagy csomópontjaiban. 2D modelleket használhatunk

pl. szél keltette tavi áramlások leképezésére (Homoródi és társai 2012), de széleskörűen alkalmazzák őket árvízi veszélytérképezésre is (Dottori és társai 2016, Krámer és Józsa 2010).

Amennyiben az áramlási jellemzők mélységmenti változásait is le kívánjuk írni, háromdimenziós (3D) modelleket alkalmazunk. A 3D modellek számítási igénye sokszorosan meghaladja a kisebb dimenziószámú leképezési módokat, így ezeket a vízmérnöki gyakorlatban csak rövidebb, maximum néhány kilométeres folyószakaszok vagy műtárgyak környezetében kialakuló helyi áramlások szimulációjára használjuk. A háromdimenziós modellezés nem új keletű, már a 90-es években is léteztek már ilyen megoldók (Olsen és Melaaen 1993), azonban a számítástechnika gyors fejlődése (hardveres, illetve numerikus matematikai oldalról egyaránt) magával vonta a modelleszközök gyors fejlődését is. A 3D modellek fejlődésük során

nemcsak pontosabbak és stabilabbak lettek, de olyan áramlási jelenségek vizsgálatát is lehetővé tették, melyeket a korábban alkalmazott eszközök saját korlátaik és egyszerűsítő feltevéseik nem tettek lehetővé, így például alkalmazhatóvá váltak rövidebb folyószakaszok morfodinamikai modellezésére is (pl. *Baranya és társai 2008*, *Baranya és Józsa 2009*), vagy műtárgyak körüli helyi kimélyülés vizsgálatára áramló vízmozgás mellett (*Baranya és társai 2013*).

Jelen tanulmány keretein belül egy, a közelmúltban fejlesztett hidrodinamikai áramlási modelleszköz célirányos tesztelését végeztük el három sematikus, vízmérnöki területhez kapcsolódó mintaalkalmazáson keresztül, hogy szemléltessük a napjainkban elérhető szoftverek képességeit, illetve az általuk kínált lehetőséget olyan feladatok kezelésére, melyekre korábban nem volt mód. A cikk célja, hogy igazolja a bemutatott áramlási modelltől, hogy az alkalmas olyan összetett áramlási viszonyok kezelésére, elsősorban műtárgyak körüli áramlások vizsgálatára, ahol rohanó, kritikus és áramló vízmozgás egyaránt előfordul, a közöttük kialakuló átmeneti jelenségekkel (pl. vízugrás) együtt. Hagyományosan az ilyen összetett áramlási vizsgálatokat tapasztalati úton vagy kisminta kísérletek segítségével alapozunk meg. Ismert, hogy elsősorban a gépészmérnöki területen számos olyan számítógépes modell

(Computational Fluid Dynamics – CFD) elérhető, amely alapvetően alkalmas összetett áramlások vizsgálatára (pl.: ANSYS Fluent, OpenFOAM, STAR-CCM+), de ezek vagy nagyon költségesek vagy nem alkalmasak a hidrodinamikai modell folyómederrel való kölcsönhatásának és a hordalék-vándorlási folyamatok leírására. A következőkben bemutatásra kerülő modellt kimondottan vízmérnöki, víz-levegő-hordalék többfázisú áramlások szimulációjára fejlesztették, így különösen alkalmas lehet direkt folyókra és kisvízfolyásokba épülő műtárgyak hatásvizsgálatára (*Fleit 2016*).

A NUMERIKUS MODELL

Vizsgálatainkhoz egy ingyenes és nyílt forráskódú C++ programnyelven fejlesztett háromdimenziós áramlási modellt, a REEF3D-t alkalmaztuk (*Bihs és társai 2016*). Az eszköz folyamatos és intenzív fejlesztés alatt áll, így nemcsak az egyes funkciók és modulok folyamatos bővítése biztosított, de maga a megoldó is a legújabb fejlesztésű numerikus módszerekkel áll a felhasználó rendelkezésére. A modell az összenyomhatatlan folyadékokra érvényes folytonossági (1. egyenlet) és a Reynolds-átlagolt Navier-Stokes egyenleteket (2. egyenlet) oldja meg véges differencia módszerrel strukturált ortogonális rácshálón, mely egyszerű programozhatóságot, számítási hatékonyságot és stabilitást biztosít.

$$\frac{\partial U_i}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + U_j \frac{\partial U_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(v + v_t) \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right) \right] + g_i \quad (2)$$

A fenti egyenletekben U_i az időátlagolt áramlási sebesség, ρ a víz sűrűsége (konstansnak feltételezve), P a hidrodinamikai nyomás, v a kinematikai viszkozitás, v_t a turbulens örvényviszkozitás és g a gravitációs gyorsulás. Az i és j indexek a Descartes-féle vektorkomponenseket jelölik és a j -t tartalmazó tagok impliciten összegződnek $j=1 \dots 3$ -ig. Az impulzusegyenlet advektív tagját az ún. Weighted Essentially Non-Oscillatory (WENO) (*Liu és társai 1994*) sémával közelítjük, mellyel ötöd rendű pontosság és nagy numerikus stabilitás érhető el. A leíró egyenletek időbeli kezelése másod- és harmadrendű teljes variációt csökkentő (total variation diminishing – TVD) Runge-Kutta sémával (*Gottlieb és Shu 1998*) történik, a nyomástag pedig az ún. projekció módszerrel (*Chorin 1968*) kerül megoldásra, majd az ebből származó Poisson egyenletet a stabilizált bikonjugált-gradiens algoritmusmal kezeli a kód (*van der Vorst 1992*).

A numerikus eszköz két- illetve akár háromfázisú rendszerek modellezésére alkalmas, így a számítási tartományon belül nem csak a víz, de a levegő fázisra is megoldja a fent ismertetett alapegyenleteket. Ilyen modellek esetén a fázisok közötti szabadfelszín számításának módszere kulcsfontosságú. A szélesebb körben elterjedt kereskedelmi szoftverek ezt jellemzően az ún. volume of fluid (VOF) (*Hirt és Nichols 1981*) módszerrel oldják meg, mely gépészmérnöki feladatok esetén kedvező, de a vízmérnöki feladatoknál ésszerű térbeli felbontás mellett általában nem kielégítő a pontossága. A jelen tanulmányban bemutatott modell az ún. level set method (LSM) alkalmazásával követi a szabadfelszín mozgását. A számítási tartomány minden pontjában definiálva van egy előjeles függvény $\phi(x,t)$, melynek előjele arra utal, hogy a pont melyik fázisban található, értéke pedig megadja a szabadfelszíntől mért távolságát:

$$\phi(\vec{x}, t) = \begin{cases} > 0, & \text{ha } \vec{x} \in \text{levegő fázis} \\ = 0, & \text{ha } \vec{x} \in \text{szabadfelszín.} \\ < 0, & \text{ha } \vec{x} \in \text{víz fázis} \end{cases} \quad (3)$$

A numerikus áramlásmodellezés egy másik sarkalatos pontja a turbulencia hatásának figyelembevétele, közelítése, mivel a legkisebb örvények közvetlen numerikus megoldása még szuperszámítógépi környezetben is megvalósíthatatlan egy valós feladat esetén. A REEF3D a tur-

bulencia hatások figyelembevételére a széleskörűen alkalmazott kétegyenletes modelleken túlmenően ($k-\omega$ és $k-\epsilon$ (*Wilcox 1994*)) lehetőséget kínál nagy örvény szimulációk (large eddy simulation – LES) végzésére is. A LES lényege, hogy a Navier-Stokes egyenletekből kiszűrjük a na-

gyobb (adott rácshálófelbontás léptékénél nem kisebb) térleptékű turbulens örvényeket, melyeket közvetlenül megoldunk, míg a rácshálófelbontásnál kisebb örvények hatását külön – a kétegyenletes modellekhez hasonlóan – az örvényviszkózitáción keresztül vesszük figyelembe pl. Smagorinsky turbulencia modellel (Smagorinsky 1963). A nagyobb örvényekhez köthető turbulens fluktuációk – melyek az impulzus transzportért felelősek – így közvetlenül megjelennek a megoldásban, míg a kisebb, energia disszipációért felelős örvények hatása örvényviszkózitásként jelentkezik.

Napjainkban már az egyszerűbb számítógépekben is többmagos processzorok találhatók, melyek felkínálják a párhuzamosított számítások lehetőségét. Programozási szempontból jól és hatékonyan kivitelezett párhuzamosítás esetén így a szimulációkat nemcsak asztali számítógépeken vagy laptopokon lehet többszörösen felgyorsítani, de a számítások akár szuperszámítógépi környezetben is elvégezhetők, mely adott futási idő mellett még részletesebb modelleredményeket biztosít. A bemutatott hidrodinamikai modell az ún. message passing interface (MPI) alkalmazásán keresztül éri el a hatékony párhuzamosítást. A modellhez fejlesztett rácsháló generáló szoftver (DIVEMesh) a számítási rácshálót a használni kívánt magok (szálak) számának megfelelő kb. egyenlő cellát tartalmazó részre osztja, majd az áramlási megoldó az egyes magokhoz tartozó, szomszédos részegységek peremén található cellák közti kommunikáció biztosításával éri el a megoldás folytonosságát. A következőkben bemutatott számításokat részben a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem szuperszámítógépén (Superman) végeztük el, asztali számítógépek teljesítményét többszörösen meghaladó erőforrások felhasználásával.

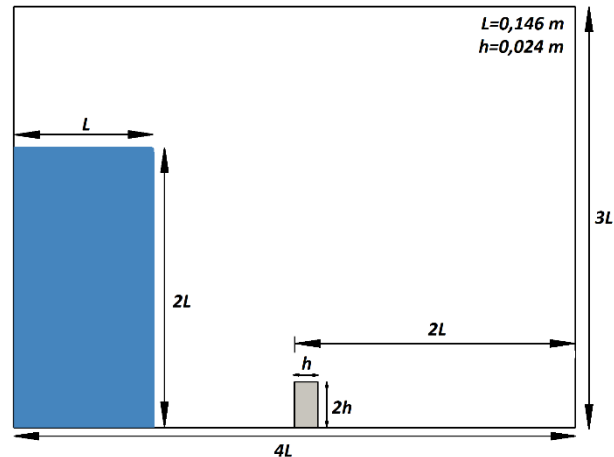
A modelleszköz verifikálását és alkalmazhatóságának vizsgálatát olyan szakirodalomban fellelhető, vízmérnöki feladatokhoz kapcsolódó mintaalkalmazásokon keresztül végeztük el, ahol kulcsfontosságú a kialakuló szabadfelszín és/vagy a turbulencia megfelelő numerikus kezelése.

EREDMÉNYEK

Gátszakadás

Többfázisú rendszerek vizsgálatára alkalmas számítógépes modellek esetén tipikus tesztfeladat az ún. gátszakadás esete, amikor is egy nyugalomban lévő, zérus kezdeti sebességgel rendelkező víztérfogat gravitáció hatására történő „összeomlását” vizsgáljuk zárt tartományon belül. A számítógépes modellt laboratóriumi kisminta kísérlet alapján építettük fel, majd az eredményeinket a kísérlet során készült fényképekkel vetettük össze (Wang és Wan 2015). Mivel a tesztfeladat nemcsak a geometria, de a kialakuló áramlás tekintetében is erősen kétdimenziós jellegű, így a hatékonyabb számítások érdekében a numerikus szimulációkat is egy kétdimenziós szeletmodellel végeztük. A számítási tartomány méreteit, valamint a szimuláció kezdeti feltételét az 1. ábra szemlélteti. A rácsháló egyenletes kiosztással, 1 mm-es oldalhosszúságú kocka elemekből került felépítésre, mely közel 255 ezres elemszámot eredményezett. Ahogy az 1. ábrán látszik, a jelen feladat túlmeleg az egyszerű gátszakadás esetén, és a folyadék egy szilárd akadállyal való kölcsönhatását is vizsgálja, mely

még összetettebb hidrodinamikát eredményez. A számítási tartomány négy peremére csúszó fal típusú peremfeltételt alkalmaztunk.



1. ábra. Gátszakadás modell kezdeti feltétele és a tartomány jellemző méretei

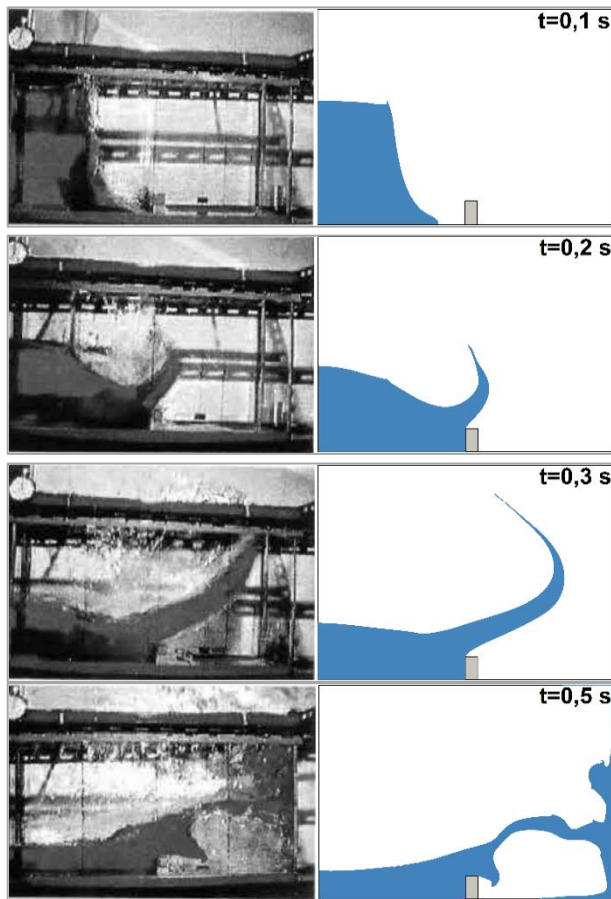
Figure 1. Initial condition and dimensions of the domain for the dam break model

A laborkísérletek során készített fényképek és a számítógépes modelleredmények összevetését a 2. ábra szemlélteti négy egymást követő időpillanatra. A kvalitatív összehasonlítás alapján kijelenthető, hogy a modell képes kétfázisú rendszerek illetve a köztük kialakuló összetett szabadfelszín stabil kezelésére, továbbá a numerikus eredmények jól is közelítik a valós, kísérleti eseményeket. Az első időpillanatnál ($t=0,1$ s) megfigyelhető, hogy a fizikai kísérleteknél a víztömeg már közelebb jut az akadályhoz, mint a numerikus szimulációban, továbbá, hogy modelleredményekkel ellentétben a folyadék felső fele alig mutat elmozdulást a kezdeti állapothoz képest. Az eltérések oka magyarázható a fizikai és numerikus kísérletek eltérő kivitelezésével; a laborkísérletek ugyanis a gát gyors (de nem zérus idő alatt történő) felfelé történő kihúzásával kezdődnek, vagyis a víztömeg alsóbb fele hamarabb el tud mozdulni, mint a felsőbb fél. A jelenséget részleteiben Lobovský és társai vizsgálták 2014-es tanulmányukban. A gát számítógépes leképzésére és ilyen jellegű kimozdítására a numerikus modell ugyan kínál lehetőséget, azonban jelen tesztfeladat elsődleges célja a hidrodinamikai megoldó, valamint a szabadfelszín számítási módszer alkalmazhatóságának szemléltetése volt.

Bukó feletti áramlás

A második példa már egy lépéssel közelebb visz a gyakorlati vízmérnöki feladatokhoz: egy egyszerű geometriájú bukó környezetében kialakuló összetett szabadfelszínű áramlás (átbukás) numerikus vizsgálatát végeztük el, laboratóriumi kisminta kísérletek alapján. A fizikai modellkísérleteket Sarker és Rhodes végezték 2004-ben, majd a mérési eredményeiket egy kereskedelmi számítógépes áramlási modell (ANSYS Fluent) verifikálására használták fel. A vizsgálat tárgya tehát egy téglalast alakú bukó, mely az üvegszatórnát teljes szélességében (105 mm) kitölti, magassága 100 mm, hossza 400 mm. A numerikus csatorna 4 m hosszúra lett felvéve, hogy a ki- és bemeneti peremek hatása a műtárgy környezetében ne befolyásolhassa a megoldás minőségét. A számítási tartomány mére-

tei tehát 4000 mm hosszú \times 300 mm magas \times 105 mm szélesre adódtak, mely az alkalmazott 5 mm-es cellamérettel kb. egymillió számítási cellát eredményezett. A csatorna felvízi végén a kísérletek során is alkalmazott vízhozam ($Q=4,684$ l/s) került megadásra, melyet a megoldó a pillanatnyi vízszintnek megfelelően, logaritmus sebességprofil feltételezésével oszt szét a bemeneti peremen mentén. A kimenetnél – szintén a kisminta kísérleteknek megfelelően – szabad kifolyást engedünk meg, mely az alvizen rohanó áramlást enged meg. A vizsgált áramlási jelenség jellegéből adódóan erősen turbulens, így ezen hatások figyelembevétele mindenképp szükséges a numerikus megoldás során. Jelen feladatban a turbulencia hatását egy standard kétegyenletes $k-\epsilon$ modellel vettük figyelembe. A 3. ábrán a számítási tartományt, illetve a már konvergált megoldást prezentáljuk, ahol a szabadfelszín a saját szintje szerint került kifestésre, logaritmus skála alkalmazásával. Utóbbi mellett azért döntöttünk, mert így a laboratóriumi kísérletek során megfigyelt hullámsor is jól kirajzolódik az alvízi, rohanó áramlású szakaszon.

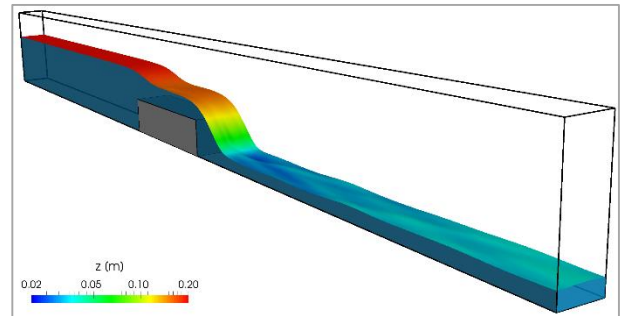


2. ábra. Számítógépes modelleredmények (jobbra) és laboratóriumi kísérlet során készült fényképek összevetése a gátszakadás feladatra egymást követő időpillanatokban

Figure 2. Comparison of the numerical results (right) and photos captured during the laboratory experiments (left) for the dam break case, at consecutive time steps

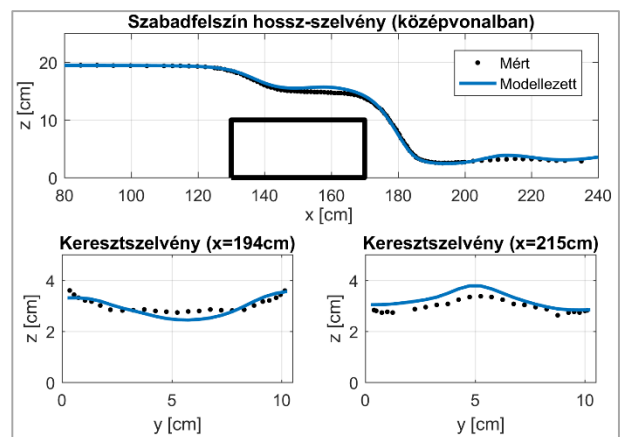
A fenti ábra alapján látható, hogy az alkalmazott modell alkalmas a bukó közvetlen környezetében kialakuló áramló-kritikus-rohanó átmenet stabil kezelésére, továbbá a rohanó szakaszon kialakuló nagy áramlási sebességek (~

2 m/s) mellett is képes a szabadfelszín részlet gazdag, stabil numerikus reprodukálására is. A modell kvantitatív verifikálásához a laboratóriumi kísérletek során mért szabadfelszín görbéket használtuk, melyeket a csatorna hosszirányú középvonalában, illetve a rohanó szakasz két kereszt-szelvényében rögzítettek. Utóbbiak az alvizen kialakuló hullámsor egy hullámhegyében és egy hullámvölgyében kerültek felvételre. Az eredmények összehasonlítását a 4. ábra mutatja be.



3. ábra. Bukó feletti áramlás számítógépes modelleredménye, a vízfelszín saját szintje szerint került színezésre logaritmus skála alkalmazásával

Figure 3. Numerical results for the weir overtopping case. The interface is coloured based on its elevation in a logarithmic scale



4. ábra. Mért és modellezett vízfelszín görbék összehasonlítása a hosszirányú középvonal mentén (fent) és két alvízi szakaszon lévő kereszt-szelvényben (lent)

Figure 4. Comparison of measured and modelled free surface profiles in a longitudinal (above) and two transversal slices (below)

Klasszikus vízmérnöki szempontból a bukók, mint vízszintszabályozó műtárgyak esetén a kulcskérdés leggyakrabban az adott vízhozamokhoz tartozó felvízi vízszintek meghatározása, melyet az itt bemutatott feladat esetén a modell igen jó pontossággal el is végez. A műtárgy felett kialakuló kritikus állapotú szakaszon némileg ugyan túlbecsüli a vízszinteket, azonban a bukó közvetlen alvizen megfigyelhető nagy vízfelszíngradienst, továbbá a rohanó állapot vízszintjeit már jó pontossággal visszaadja. Az alvízi szakaszon megjelenő hullámvölgy ($x=194$ cm) és hullámhegy ($x=215$ cm) alakját szintén kielégítően reprodukálja a modell, bár a hullám amplitúdóját kis mértékben eltúlozza, így a középvonalban mért vízszinteket rendre alul-, illetve túlbecsüli. Az apróbb pontatlanságok ellenére

figyelemreméltó a számított szabadfelszín részletgazdagsága, mely valószínűsíti a mérési eredmények hiányában ellenőrizhetetlen modellezett áramlási sebességtér pontosságát is.

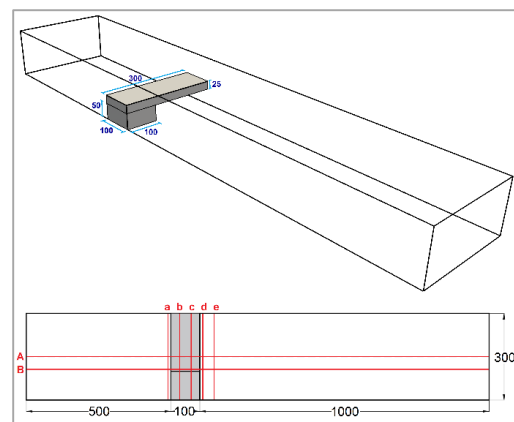
Az eredmények tükrében tehát kijelenthető, hogy az alkalmazott számítógépes modell a bemutatott áramlási feladat stabil numerikus kezelésére alkalmas, továbbá, hogy ilyen egyszerű geometriájú környezetben kialakuló komplex áramlástanai jelenségek (áramló-rohanó átmenet, hullámsor a rohanó szakaszon) is kielégítő pontossággal megjelennek a megoldásban. Ilyen és ehhez hasonló jellegű, valós folyószabályozási műtárgyak tervezésénél még napjainkban is gyakori az anyagi- és időigény szempontjából is költséges kisminta modellezés, melyek kiváltására tehát jó alternatívát jelenthet a bemutatott (vagy ahhoz hasonló) naprakész numerikus módszereket alkalmazó számítógépes hidrodinamikai modell.

Híd körüli áramlás

A harmadik mintaalkalmazás szintén egy folyómérnöki problémából merít, melyben egy sematikus, nagyvízi állapotban víz alá kerülő hídszerkezet környezetében kialakuló turbulens áramlás részletes számítógépes modellezését végeztük el. Ilyen esetben igen összetett áramlás alakul ki a szerkezet körül: a hídfő és a felszerkezet meghágása esetén bukó feletti áramlásról, míg a hídpálya alatt nyomás alatti áramlásról beszélhetünk. A nyomás alatti áramlás következtében a hídpillérek körül közismerten kialakuló patkóörvények (Das és társai 2013) hatásánál többször intenzívebb eróziós erők alakulhatnak ki, mely a szerkezet stabilitását is fokozottabban veszélyeztetheti (Jones és társai 1993). A számítógépes modell laboratóriumi kisminta kísérletek (Kara és társai 2015) alapján került felépítésre és ellenőrzésre.

A számítási tartomány, illetve a híd geometriájának jellemző méreteit az 5. ábra szemlélteti. Az ábra alsó felén feltüntettük azt a két hossz- illetve öt keresztirányú metszetet, melyek mentén a szabadfelszín helyzete rögzítésre került a fizikai kísérletek során, és amiket így a számítógé-

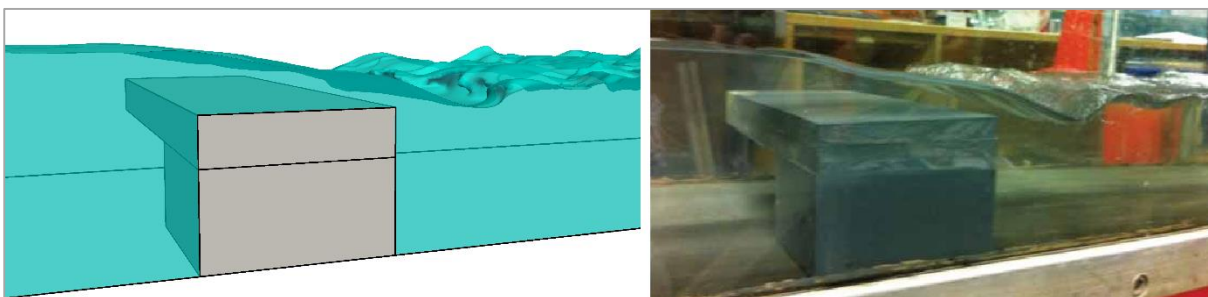
pes modell verifikálására használhattunk. A számítási tartomány méretei 1,60 m hosszú \times 0,30 m széles \times 0,15 m magasra adódtak, mely az alkalmazott 2,5 mm-es cellamérettel hozzávetőleg 4,5 millió elemből álló számítási rácshálót eredményezett. A bemeneti perem típusa – az előző feladathoz hasonlóan – $Q=8,5$ l/s-os konstans vízhozamként lett definiálva, míg a kifolyásánál állandó vízszintet írtunk elő ($z_{ki}=0,09$ cm). A híd közvetlen környezetében kialakuló összetett áramlás olyan háromdimenziós struktúrákat eredményez, melyek pontos reprodukálása már a kétegyenletes, Reynolds-átlagolt turbulencia modellek alkalmazhatóságának határait súrolja (Lee és társai 2010), így vizsgálatainkat LES modellel végeztük, mely egy lépéssel közelebb visz a valós fizikai probléma diszkrét numerikus megoldásához. A pillanatnyi modelleredmények kvalitatív kiértékelését szolgálja a 6. ábra, melyen a szimuláció és a laboratóriumi kísérletek során készített fénykép összehasonlítása látható.



5. ábra. Számítási tartomány axonometrikus nézetben és a szerkezet méretei milliméterben (fent);

a számítási tartomány felülnézete, jellemző méretekkel (milliméterben), valamint az ellenőrző metszetek

Figure 5. Axonometric view of the computational domain with the main dimensions of the structure in mm (above); plan view of the computational domain with its dimensions (in mm), and the location of the free surface measurements



6. ábra. Nagy örvényszimulációs, pillanatnyi számítógépes eredmény (balra) összevetése a laboratóriumi kísérletek során készített fényképpel (jobbra)
Figure 6. Comparison of instantaneous large eddy simulation results (left) and a photograph taken during the laboratory experiments

A számítási eredmény jó egyezést mutat a fizikai kísérlettel, a LES modell képes a híd alvzén kialakuló, modellezési szempontból kritikus vízugrás reprodukálására, mely tovább hangsúlyozza az alkalmazott numerikus eszköz robusztusságát és a LSM relevanciáját a vízmérnöki gyakorlatban előforduló szabadfelszín számítások problémák megoldásában. Nagy örvény szimuláció esetén –

ahogy az már korábban ismertette lett – a Reynolds-átlagolt turbulencia modellezéssel ellentétben nem időátlagolt eredményt kapunk, hanem a megoldásban közvetlenül megjelennek a nagyobb örvényekhez köthető turbulens fluktuációk, illetve az örvények maguk is, melyek természetesen kihatnak a szabadfelszín pillanatnyi helyzetére is. A számított eredményeket ezért 100, egymást 0,1

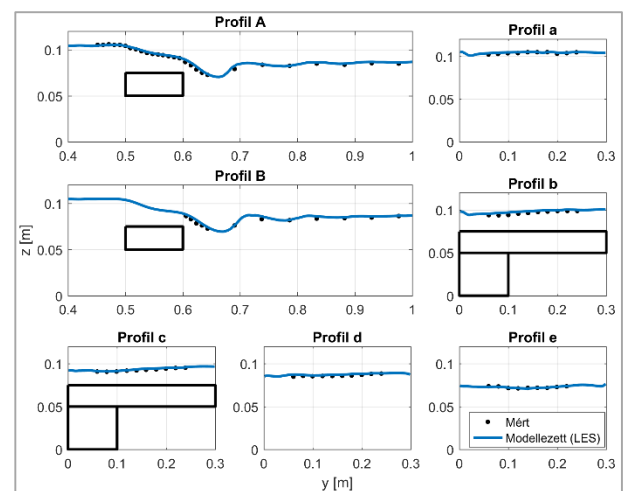
másodpercre követő időpillanatra átlagoltuk, hogy a modelledmények összevethetők legyenek a laboratóriumban mért felszín görbékkel, melyek rögzítésénél értelem-szerűen hasonló módon kellett eljárni.

A számított és időátlagolt, valamint a mért vízfelszín profilok összevetését mutatja be a 7. ábra. A profilokat jó összevethetőség érdekében a laboratóriumi mérésekkel megegyezően vettük fel, ahogy azt az 5. ábrán már bemutattuk. Az előző, bukó feletti áramlást vizsgáló példához hasonlóan a modell a jelen feladatnál is jó pontossággal becsli a műtárgy felvízi oldalán kialakuló vízszintet, vagyis a szerkezet víz alá kerülése következtében kialakuló visszaduzzasztást („A” és „B” jelű profilok). A híd közvetlen alvizén kialakuló nagy felszíngradiens szintén helyesen jelenik meg a számított eredményekben. A hidrodinamikai modellezés szempontjából kritikus vízugrás, illetve a vízugrást követő hullámsor láthatóan nem csak jellegét tekintve jelenik meg, ahogy azt már a 6. ábrán bemutattuk, de a szimulált hullámsor fázisát és amplitúdóit tekintve is jó egyezést mutat a kísérleti eredményekkel. A híd körül kialakuló összetett áramlás hatása nemcsak hossz-, de keresztirányú értelemben is összetett szabadfelszín eredményez („a”–„e” jelű profilok). A kisbetűvel jelölt profilokat szemléltető ábrarészekben megfigyelhető, hogy a felépített LES modell a markánsabb vízfelszín egyenlőtlenégeken (vízugrás, hullámsor) túlmenően, a bukó feletti kritikus áramlási állapotú szakaszon kialakuló egészen finom különbségeket is nagy pontossággal képes reprodukálni. A vízfelszín ilyen kis léptékű változásainak leképzése numerikus modellezési szempontból messze nem triviális, a napjainkban még mindig széles körben használt, egyszerűbb szabadfelszín számítási módszereket alkalmazó áramlási modellekkel (pl. SSIIM, Delft-3D) ilyen részletesség elérésére hasonló térbeli felbontás mellett sincs lehetőség. Fontos azonban megjegyezni, hogy nagyobb léptékű vizsgálatok (pl. folyószakaszok modellezése) esetén – ahol ezek a modelleszközök tipikusan használatosak – nem is igen fordul elő ilyen összetett, és gyorsan változó felszínalak, így a nyomásgradiensek pontos numerikus leképzése sem igényli az itt bemutatott többfázisú leírasmódot. Műtárgyak környezetében azonban a pontos szabadfelszín számítás már kulcsfontosságúvá válik, mivel a vízszintek alakulása szoros kölcsönhatásban van a kialakuló áramlási sebességmezővel, vagyis amíg az alkalmazott modelleszköz nem képes az előbbi jó pontossággal reprodukálni, addig nem remélhetjük utóbbi helyességét sem. A pontos áramlási megoldás azonban alapvető a műtárgyhidraulikai vizsgálatok esetén, az ugyanis meghatározza a műtárgyat érő erőhatásokat, valamint a helyi gyorsulások és örvények hatására kialakuló medereróziós hatásokat is nagyban befolyásolja.

A teljesség kedvéért megjegyezzük, hogy a számítógépes szimulációkat Reynolds-átlagolt turbulencia modellezéssel ($k-\omega$) is elvégeztük, hogy feltárjuk a két leírasmód közötti különbségeket az áramlási sebességek statisztikai jellegű összehasonlításával, azonban jelen tanulmány céljából adódóan ezeket az eredményeket itt nem közöljük.

A három bemutatott mintaalkalmazás kapcsán fontos említést tenni az eredmények rácsháló felbontására való

érzékenységéről is. Az egyes tesztfeladatokat a jelen tanulmányban ismertetettéknél kétszer durvább hálófelbontással is lefuttattuk, mely a műtárgyak felvizén kialakuló duzzasztott vízszintek pontosságán – mint kulcskérdés – nem rontott, azonban a részletesebb, finomabb térléptékű felszínegyenlőtlenégeket (pl. hullámsor, vízugrás) nem, vagy nem pontosan jelentek meg a megoldásban. Prototípus léptékű vizsgálatok esetén értelem-szerűen a léptékkel arányosan növelhető a felbontás, azonban az előbb leírtak tükrében rácshálóérzékenység vizsgálat mindenképp ajánlott. Ugyan az adaptív időlépés hozzájárul a számítások gyors elvégzéséhez, az explicit megoldó miatt mégis komoly számítási kapacitás, illetve idő szükséges futtatásokhoz: az első mintafeladat néhány másodperce közel egy napot vett igénybe egy 4 magos személyi számítógépen, míg a második és harmadik példa (kb. 2-3 perc szimulációs idő) szuperszámítógépi környezetben 2×6 magon is több napig tartott.



7. ábra. Mért és modellezett szabadfelszín profilok összehasonlítása a két hosszirányú (A, B) és az öt keresztirányú (a, b, c, d, e) metszetben
Figure 7. Comparison of measured and modelled free surface profiles in the two longitudinal (A, B) and the five transversal (a, b, c, d, e) slices

ÖSSZEFOGLALÁS

A bemutatott háromdimenziós numerikus modell egy, a jelenlegi legkorszerűbb numerikus matematikai és hidrodinamikai módszerekre épülő ingyenes és nyílt forráskódú áramlási modell, mely így bárki számára elérhető és használható. Ugyan a modelleszköz az óceán- és vízmérnöki szakterületek széles spektrumán előforduló áramlástanai és hordalékmozgási feladatok megoldására kínál lehetőséget, jelen tanulmány keretein belül főleg folyómérnöki szempontból releváns mintapéldákon keresztül mutattuk be a szoftver alkalmazhatóságát és képességeit.

A modell többfázisú rendszerek modellezésére alkalmas, így már egyszerűbb feladatok esetén is megoldásra kerül nemcsak a folyadék, de a levegő fázis hidrodinamikai állapota is, ami maga után vonja a fázisok közti szabadfelszín helyzetének meghatározását, mint kulcsfontosságú feladatot. Az alkalmazott modell a level set methodot alkalmazza erre a célra, melynek relevanciáját a többi, szélesebb körben alkalmazott módszer (pl. VOF) között már az első, gátszakadásos mintafeladat is jól illusztrálta.

A folyómérnöki gyakorlatban a tavi vagy tengeri feladatokkal ellentétben az áramló mellett gyakran megjelenik a rohanó vízmozgás is, továbbá szükségszerűen az ezek közti átmenetek is, melyek számítógépes modellekben történő leképezése még napjainkban is komoly kihívást jelent. Ilyen viszonyok jellemzően vízmérnöki műtárgyak (pl. zsilipek, bukók, surrantók) környezetében alakulnak ki és méretezési szempontból kulcsfontosságúak. Tervezési szempontból mértékadó lehet pl. a rohanó szakasz(ok) hossza, vagy a vízugrás(ok) helye és/vagy hossza, melyek számszerűsítését hagyományosan tapasztalati összefüggések, vagy fizikai kisminta modellezés útján hajtanak végre. Utóbbi idő- és anyagi szempontból is költséges, továbbá a mérési eredmények prototípus léptékre történő átszámítása terhelt a léptékhatás hibáival is (Heller 2011). A második tesztfeladaton keresztül bemutattuk, hogy a modell alkalmas a rohanó áramlás és az áramló-rohanó átmenet reprodukálására, továbbá hogy a műtárgy alvízi oldalán, a rohanó áramlású szakaszon kialakuló finomabb térléptékű hullámsor is megfelelő fázissal és amplitúdóval jelenik meg a megoldásban.

A folyókba épített különböző szerkezetek, pl. hidak közvetlen környezetében jelentősen megnövekszik a turbulencia, olyan örvények és háromdimenziós áramlási struktúrák jelennek meg, melyek numerikus reprodukálása túlmutathat a Reynolds-átlagolt turbulencia modellezés alkalmazhatóságán, fejlettebb eljárások alkalmazandók. Az utolsó, víz alá kerülő híd körüli áramlást vizsgáló tesztfeladatban egy erősen háromdimenziós áramlás numerikus vizsgálatát végeztük el, ahol a pontos eredmények nem csak a szabadfelszín, de a turbulencia megfelelő kezelését és modellbeli leképezését is megkövetelte. Bemutattuk a valós áramlási viszonyokhoz egy lépéssel közelebb vivő nagy örvény szimulációt, illetve relevanciáját ilyen komplex hidrodinamikai jelenség modellezésében. A LES modelledmények időátlagolásával kapott, mért értékekkel összevethető eredmények kielégítőek: a kialakuló összetett szabadfelszín, a híd alvízi oldalán megjelenő hullámsort és a rohanó-áramló átmenetet (vízúgrás) is nagy pontossággal becsli a modell, továbbá a finomabb léptékű, keresztirányú felszínprofilok is jó egyezést mutatnak a kísérleti eredménnyel.

A bemutatott eredmények kivétel nélkül alátámasztják a bemutatott modellt, illetve általánosságban a modern numerikus modellezési eszközök alkalmazhatóságát részletes, műtárgyhidraulikai vizsgálatokhoz kapcsolódó feladatok megoldásában, melyek gyorsabb és olcsóbb (különösen ingyenes szoftver esetén) alternatívát jelenthetnek a klasszikusan alkalmazott fizikai kisminta-modellezéssel szemben. Hangsúlyozzuk azonban, hogy a két modellezési eljárás együttes alkalmazása biztosíthatja a legmegbízhatóbb eredményeket, hiszen így a csak egyik módszerre jellemző hibák (pl. numerikus vagy diszkretizációs hiba; léptékhatás) a másikkal kiküszöbölhetők, az eredmények ezek tükrében felülvizsgálhatók. Egy laboratóriumi kísérletet alapján igazolt numerikus modell azonban már megbízhatóan alkalmazható lehet pl. különböző tervvariánsok gyors és hatékony – akár párhuzamosan futó – kiértékelésére, mely laboratóriumi körülmények közt komoly építési- és mérési időigényt jelentene. A bemutatott modell egy további fontos előnye, hogy az áramlástan vizsgálatokon túlmenően

megfelelő paraméterezés és modelligazolás után alkalmas lehet az áramlás-mederfenék kölcsönhatás leírására, a hordalék felkeveredésének, vándorlásának és kiülepedésének szimulációjára is. Ennek köszönhetően tudományos célként a helyi léptékű morfológiai vizsgálatok is megfogalmazódhatnak, amelynek kiemelt szerepe lehet a jövőben mérnöki beavatkozások műszaki-ökológiai-gazdasági vizsgálatainál.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A fenti eredményeket a TÁMOP-4.2.2.B-10/1--2010-0009 projekt támogatta. A cikk az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-16-2-I. kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült. A második szerző továbbá köszönetét fejezi ki a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásáért.

IRODALOMJEGYZÉK

Baranya S., Goda L., Józsa J., Rákóczi L. (2008). Complex hydro- and sediment dynamics survey of two critical reaches on the Hungarian part of river Danube. *IOP Conference series: Earth and Environmental Science*, 4:(1) Paper 012038. 13p.

Baranya S., Józsa J. (2009). Morphological Modeling of a Sand-bed Reach in the Hungarian Danube. In: *Proc. 33th IAHR Congress: Water Engineering for a Sustainable Environment*, Vancouver, Canada, 2009, pp.3680-3687.

Baranya S., Olsen N. R. B., Stoesser T., Sturm T. W. (2013). A nested grid based CFD model to predict bridge pier scour. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Water Management*, 167:(5) pp. 259-268.

Bihs H., Kamath A., Chella M. A., Aggarwal A., Arnsten Ø. A. (2016). A new level set numerical wave tank with improved density interpolation for complex wave hydrodynamics. *Computers and Fluids*, 140:191-208.

Chorin A. (1968). Numerical solution of the Navier-Stokes equations. *Math. Comput.*, 22(745).

Das S., Das R., Mazumdar A. (2013). Circulation characteristics of horseshoe vortex in scour region around circular piers. *Water Science and Engineering*, 6(1):59-77.

Cunge J. A., Holly F. M., Verwey A. (1980). *Practical aspects of computational river hydraulics*. Pitman Advanced Publishing Program, (ISBN-13: 978-0273084426).

Dottori F., Salamon P., Bianchi A., Alfieri L., Hirpa F. A. (2016). Development and evaluation of a framework for global flood hazard mapping. *Advances in Water Resources*. 94:87-102.

Fleit G. (2016). Komplex szabadfelszíni áramlások numerikus modellezése. *Hidrológiai Tájékoztató*, 2016:13-14.

Gottlieb S., Shu C.-W. (1998). Total variation diminishing Runge-Kutta schemes. *Mathematics of Computation*, 61(221):73-85.

Heller V. (2011). Scale effects in physical hydraulic engineering models. *Journal of Hydraulic Engineering*, 49(3):293-306.

Hirt C., Nichols B. (1981). Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries. *Journal of Computational Physics*, 39:201-225.

Homoródi K., Józsa J., Krámer T. (2012). On the 2D modelling aspects of wind-induced waves in shallow, fetch-limited lakes. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 56(2):127-140.

Jones J. S., Bertoldi D. A., Umbrell E. R. (1993). Preliminary studies on pressure-flow scour. In: *ASCE Conference on Hydraulic Engineering*, ASCE, Reston, VA, USA.

Kara S., Stoesser T., Sturm T. W., Mulahasan S. (2015). Flow dynamics through a submerged bridge opening with overtopping. *Journal of Hydraulic Research*, 53(2):186-195.

Krámer T., Jakab J., Józsa J., Szilágyi J., Torma P. (2015). Assessment of design flood levels on the Danube using probabilistic simulations. In: *36th IAHR World Congress, The Hague, Netherlands, 28/06/2015-03/07/2015*, Paper Kramer et al. 8p.

Krámer T., Józsa J. (2010). Folyók árvízi elöntési veszélytérképezése: Mintaöblözetek 2D vizsgálata és értékelése. In: Szilágyi L., Baranyai E., Szigeti E. (ed.) *XXVIII. Országos Vándorgyűlés Sopron, Magyarország, 07/07/2010-09/07/2010*. Budapest: Magyar Hidrológiai Társaság (MHT), 2010. pp. 1-23. (ISBN:978-963-8172-25-9).

Lee D., Nakagawa H., Kawaike K., Baba Y., Zhang H. (2010). Inundation flow considering overflow due to water

level rise by river structures. *Annals of Disaster Prevention Research Institute*, No. 53 B. Kyoto University, Japan.

Liu X. D., Osher S., Chan T. (1994). Weighted essentially non-oscillatory schemes. *Journal of Computational Physics*, 115:200-212.

Lobovský L., Botia-Vera E., Castellana F., Mas-Soler J., Souto-Iglesias A. (2014). Experimental investigation of dynamic pressure loads during dam break. *Journal of Fluids and Structures*, 48:407-434.

Olsen N. R. B., Melaaen M. C. (1993). Three-dimensional numerical modeling of scour around cylinders. *Journal of Hydraulic Engineering*, 119(9).

Sarker M. A. és Rhodes D. G. (2004). Calculation of free-surface profile over a rectangular broad-crested weir. *Flow measurements and Instrumentation*, 14:215-219.

Smagorinsky J. (1963). General circulation experiments with the primitive equations part I: The basin experiment. *Monthly Weather Reviews*, 91:99-152.

van der Vorst H. (1992). Bi-CGStab: A fast and smoothly converging variant of BI-CG for the solution of nonsymmetric linear systems. *Sci. Stat. Comput.*, 13:631-644.

Wang J., Wan D. (2015): Numerical simulation of 3-D water collapse with an obstacle by FEM-level set method. *Journal of Hydrodynamics*. 27(1):112-119.

Wilcox D. C. (1994). *Turbulence Modeling for CFD*. DCW Industries Inc., La Canada, California, U.S.

A SZERZŐK



FLEIT GÁBOR Építőmérnöki BSc oklevelét 2015-ben, majd Infrastruktúra-építőmérnök MSc diplomáját 2017-ben szerezte a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen. Jelenleg az egyetem Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszékének doktorandusza. Tanulmányai során egy szemesztert a norvég NTNU egyetemen töltött, ahol a bemutatott modelleszköz tesztelésével foglalkozott. Kutatási tevékenységét alapképzéses hallgatóként kezdte, négy TDK dolgozat szerzője, kétszeres házi első díjas, egyszeres országos első díjas, valamint rektori különdíjban is részesült. Elnyerte a Köztársasági Ösztöndíjat, József Nádor díjat, Mosonyi Emil Ösztöndíjat, valamint mind mester, mint PhD hallgatóként az ÚNKP ösztöndíjat is. Doktori kutatásának témája a folyami élőhelyhidraulikai mérési és modellezési módszertanok fejlesztése. A Magyar Hidrológiai Társaságnak 2015-óta tagja, ahol a Lászlóffy Woldemár diplomamunka pályázaton első helyezést ért el.



BARANYA SÁNDOR Építőmérnöki oklevelét a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen szerezte 2003-ban, PhD fokozatát ugyanitt 2010-ben. Jelenleg a BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszékének egyetemi docense. A BME mellett vendégkutatóként egy-egy évet töltött a norvégiai NTNU egyetemen (2011) és az egyesült államokbeli University of Iowa-n (2014). Kutatási területe folyók medermorfológiai, áramlástan és hordalékvándorlási vizsgálata terepi eljárásokkal és számítógépes modellezéssel. Elnyerte a Magyar Eötvös Ösztöndíjat, Korányi Ösztöndíjat, Bolyai János kutatási ösztöndíjat, a BME-n Rektori dicséretben, „TDK Munkáért” oktatói emlékplakettben és Pro Progressio Oktatói TDK díjban részesült. A Magyar Hidrológiai Társaságnak 2003 óta tagja, 2015-ben Vitális Sándor szakirodalmi nívódíjban részesült.

Árvízvédelmi töltések, völgyzáró gátak altalajának hidraulikai modellezése és állékonyságvizsgálata

Nyiri Gábor¹, Zákányi Balázs², Szűcs Péter^{3,4}, Nagy Gábor⁵, Kiss Tibor⁶

Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet: ¹ PhD hallgató, ² egyetemi adjunktus, ³ egyetemi tanár,

⁴ MTA-ME M szaki Földtudományi Kutatócsoport,

⁵ Budapesti M szaki Egyetem, Geotechnikai, és Mérnökgeológiai Tanszék, tudományos segédmunkatárs,

⁶ Pécsi Tudományegyetem, M szaki és Informatikai Kar, Mérnöki és Smart Technológiák Intézet, tudományos f munkatárs

Kivonat

Az elmúlt évek hidrológiai viszonyait figyelembe véve, és ezen viszonyok hatásait látva megállapíthatjuk, hogy hazánkban kiemelt vízügyi tevékenysége az árvízvédelem, melynek fontossága megkérdőjelezhetetlen.

Munkánkban három árvízvédelmi töltést, és két völgyzárógátat vizsgálunk, az altalaj-adottságaikkal együttvéve. A vizsgálatok kiterjednek mind a szivárgási viszonyokra, mind pedig a rézs állékonyság modellezésére. A szivárgási modelleket a Groundwater Modelling System 10. szoftver SEEP2D moduljával végeztük, mely egy végelelemes módszert alkalmazó szoftver. A szivárgási modellek vizsgálatokhoz vizsgáltuk a szabad felszín szivárgást, és a töltésekben lévő áramlási viszonyokat. A töltések modellezési körülményeinek változtatása is hatással van a szivárgási viszonyokra. Ezen okból vizsgáltuk a töltésláb szélességének hatását, illetve a végelelemes rácsháló sűrűségének hatását a fajlagos hozamra, és az áramlási viszonyokra. Vizsgálatunk kiterjedt az altalaj elhanyagolásának hatására is.

A rézs állékonysági vizsgálatokhoz a Groundwater Modelling System UTEXAS modulját, és a Soilvision SVSlope modulját használtuk. A rézs állékonysági vizsgálatokat elvégeztük száraz állapotra, illetve vizsgáltuk a pórusvíznyomás hatását a töltések állékonyságára. Munkánk során lehet segítségünk volt a két program összehasonlítására is, melyek jelentős eltéréseket mutattak. A modellezési eljárások rendkívül látványos, és egyszerű módjai az árvízvédelmi töltések szivárgási, és rézs állékonysági vizsgálatának, melyek nagy segítséget nyújtanak az árvízvédelmi szakemberek számára.

Kulcsszavak

Árvízvédelem, rézs állékonyság, hidrodinamikai modellezés, völgyzáró gát, végelelemes módszer.

Hydraulic modelling and slope stability analysis of flood protection dykes, barrages and their subsoil

Abstract

Observing the past years' hydrology conditions we can state that flood protection is a priority task for the Hungarian water management and its importance cannot be questioned.

Our work examined three flood control embankments and two dams including their subsoil characteristics. The examinations also contained modelling of slope stability and seepage conditions. The seepage models were created with Groundwater Modelling System 10 software's SEEP2D module, which uses the finite element method. As part of the examination of seepage models we have examined the free flows and the embankments' seepage conditions. Manipulating the modelling circumstances of the embankments is in a correlation with the leaking characteristics. Thus we have examined the effects of the embankment's foot width and the effects of the finite element mesh density on the total flowrate and the seepage conditions. Our examination also included a study about the effects of neglecting the subsoil.

For the slope stability examinations we have used the Groundwater Modelling System UTEXAS module and the Soilvision SVSlope module. The slope stability measurements were done on dry state however we also examined the effects of the pore water pressure on embankments' stability. While we were writing our thesis we had the opportunity to compare the two applications and the comparison showed significant differences.

The modelling methods are excessively spectacular and simple methods of the flood control embankments seepage and the slope stability examinations, which can provide a great help for the flood protection professionals.

Keywords

Flood protection, slope stability, hydrodynamic modelling, valley dam, finite element method.

BEVEZETÉS

Hazánk kiemelt vízgazdálkodási feladatai közé tartozik az árvízvédelem, valamint az ivóvízellátás. A két tevékenység a földmunkák vonatkozásában összekapcsolódik, hiszen ma Magyarországon az árvízvédelem nagyrészt a töltések segítségével valósul meg, valamint az ivóvízellátás során használt víztározók, és azok gátjai is elláthatnak árvízvédelmi feladatot.

A történelem során az egyre inkább növekvő mezőgazdasági és települési területhasználat szükségessé tették az egész folyószakaszokra kiterjedő védvonal kialakítását

(Vágás 2007). Ezen védvonalak szivárgáshidraulikai viszonyainak ismeretére egyre inkább égető szükség van, hisz a védvonalak tönkremenetele esetén hatalmas károk keletkezhetnek.

Hazánkban, bár a vízellátás nagy része felszín alatti vizekből történik, találkozhatunk több felszíni vízkivételrel is, melyek, ha országosan nem is nagy aránnyal bírnak, de helyi jelentőségük igen nagy. A völgyzárógátak célja, hogy egy vízfolyás elrekesztésével a vízfolyás egyenletes vagy változó vízhozamát felhasználó igényei szerint szabályozza. Ezen munkák tárgyak felépítésére jellem-

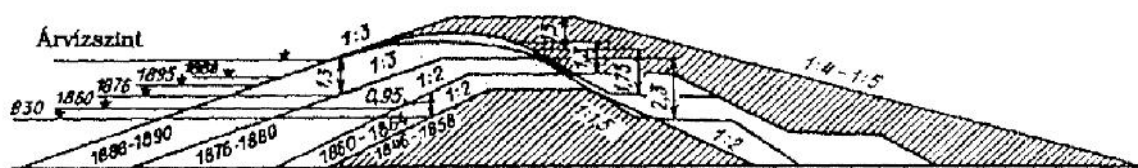
z, hogy olyan szerkezeti elemeket tartalmaznak, melyek irányítják a víz szivárgását, így ezen szivárgási viszonyok ismerete elengedhetetlen.

Munkánk kapcsolódik egy korábban készített tanulmányhoz (Zákányi és Sz. cs 2010), melyben az általajadottságok nem lettek figyelembe véve. Jelenlegi tanulmányunkban vizsgáljuk a szivárgási viszonyokat az általaj figyelembe vételével, valamint a víz rézs állékonyságra gyakorolt hatását. A modellezések során lehet ségünk volt két program használatára, és összehasonlításukra.

ÁRVÍZVÉDELLEM HAZÁNKBAN

A középkorban az árvíz nem volt nagymérték vízkártényez. A folyók környezete még a természetes állapotot mutatta, széles, nagy árterek, nagy erd s területek, me-

lyek az árvízi vízszintet nagymértékben csökkentették. A mez gazdaság fejl dése magával vonta a folyók szabályozásának, az árterek lecsapolásának szükségességét. A Tisza szabályozásakor az összefügg töltések építésével az azonos biztonságot az azonos magasságú töltések jelentették gyakorlatilag a múlt század végéig. A töltés el írt magasságát a korábban tapasztalt legnagyobb árvízhez igazították magassági biztonság hozzáadásával (Nagy 2000). A folyók szabályozásával, az infrastruktúra fejl désével, valamint a mez gazdasági területek növekedésével azonban a folyók legnagyobb vízszintjei mindinkább növekedtek (Vágási 2007). Az akkori védekezési filozófia alapján eljárva a töltések folyamatos magasításával, és több ütemben való kivitelezésükkel úgynevezett hagymahéj-szerkezet töltések alakultak ki (1. ábra).



1. ábra. A Széchenyi-gát magasságának növelése az 1845-1890-es években a Tiszadob és Polgár közötti szakaszon (Mihalik 2000)
Figure 1. The height increasing of Széchenyi – dam, during 1845-1890, between Tiszadob and Polgár (Mihalik 2000)

A töltés szerkezetén kívül egy másik problémával is számolnunk kell. A töltések nagyrészt nem megfelelően épültek, melyekben vízvezet rétegek is találhatóak. Ezen vízvezet rétegek jelenléte megnöveli a buzgárok kialakulásának valószínűségét (Nagy 2014). Az árvízvédelem kulcseleme az árvízvédelmi gát állékonysága. Az árvízvédelmi gát meghibásodása, tönkremenetele, mint veszélyforrás, magában hordozza a katasztrófa lehetőségét (Nagy 2005).

Hazánkban lévő víztározók az ivóvízellátás mellett el látnak árvízvédelmi feladatokat is oly módon, hogy a káros víztöbblet lefolyását késleltetik. A hazai víztározókat nagyrészt völgyzárógátak határolják, melyek töltése általában olyan agyagból épült, amit a legtöbb esetben nem tekinthetünk vízzárónak. Ezen okból kifolyólag a gáton át történő szivárgást kontrollálni kell, és megfelelő módon kivezetni a töltésből. A gáttestbe épített szivárgó feladata a veszélyes átnedvesedés megakadályozása, valamint a töltésben kialakuló veszélyes nyomásértékek csökkentése. Anyaga többnyire durvaszemcsés homok, homokos kavics. Beépítésének el nye, hogy a vízdali támasztótestben szivárgó vizeket összegyűjti, és kivezeti a töltésből, megakadályozva ezzel azt, hogy a töltés teljes keresztmetszetében átnedvesedjen.

AZ ALKALMAZOTT VIZSGÁLATI MÓDSZER

Vizsgálataink során három Tisza-menti árvízvédelmi töltést (Cigánd, Révleányvár, Halászhomok térsége), továbbá két tározó (a Rakacai-, és a Lázberci-víztározó) gátját modelleztük. A szivárgási modellekhez alkalmazott program a Groundwater Modelling System 10.0 SEEP2D modulja, a rézs állékonysági vizsgálatokhoz pedig a Groundwater Modelling System 10.0 UTEXAS modulja, valamint a Soilvision Slope modulja szolgált. Mindegyik program a numerikus módszerek közül a végeselemes módszert alkalmazza. A „numerikus” szó ebben az esetben az alkalmazott közelítő megoldás jelz je (Völgyesi

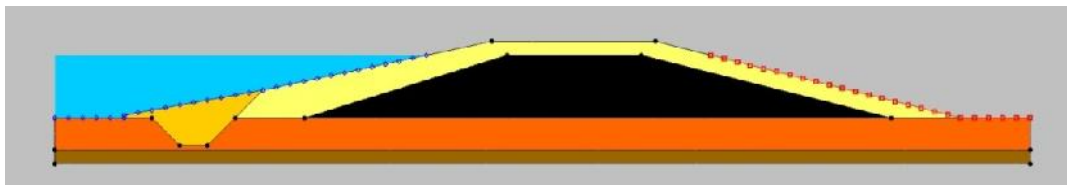
2008). A numerikus megoldások úgy közelítik a valós helyzeteket, hogy mind időben, mind térben szakaszolják a lezajló folyamatokat (Kovács 2004). A végeselem módszerrel, a véges differencia módszerrel ellentétben, az adott geometria tetszőleges alakú elemekkel pontosan lefedhető. Így sokkal jobban igazodnak az elemek a valós tartományhoz, mint a véges differencia rácsaló alkalmazásánál (Zákányi és Sz. cs 2010). Az elemek igazodása az eredeti geometriához segíti a modell pontosítását, valamint az átszivárgó vízmennyiség pontosabb meghatározását. A hidrodinamikai modellek egy időben állandó „steady state” állapotot mutatnak, mivel a SEEP2D modul tranziens állapotot nem tud kezelni. A völgyzárógátak esetében a tározó vízszintjének relatíve kismértékű ingadozása van, így a „steady state” állapot feltételezhető. Az árvízvédelmi töltéseknél pedig egy tartósan magas árhullám képpel számoltunk.

VÖLGYZÁRÓGÁTAK, ÉS ÁRVÍZVÉDELMI TÖLTÉSEK ANYAGJELLEMZÉSE

Az árvízvédelmi töltések, és völgyzárógátak vizsgálata során több paramétert kellett megadnunk. A szivárgási modellekhez horizontális, és vertikális szivárgási tényezőket, a rézs csúszások modellezéséhez kohéziót, belső súrlódási szöveget. Szükség volt még a szabad hézagterefogat értékekre is, egyes jellemzők meghatározásához. Az alkalmazott paraméterek egy részét az Észak-magyarországi Regionális Vízművek ZRt-től kaptuk, másik részét a korábban készített tanulmányból vettük át. A vizsgált védmények geometriájára vonatkozó adatokat az ÉRV ZRt, valamint az ÉMVIZIG bocsátotta rendelkezésünkre. A modellezés során a program által kért paraméterek nem álltak teljes mértékben rendelkezésünkre, és a mintavétel, illetve laborvizsgálatok, csak a megfelelő engedélyekkel lehetségesek, illetve az árvízvédelmi töltéseknél csak indokolt esetben engedélyezett. Mindezen okokból kifolyólag ezen adatokat származtatnunk kellett.

A származtatáshoz a „Töltésállapot vizsgálata árvíz idején” című MI 10 269-1982 számú m szakirányelvet használtuk. Az irányelvben paraméter intervallumok találhatóak, melyek alapján fel tudunk venni értékeket a már kapott adatokhoz. Az alábbiakban az árvízvédelmi töltések szerkezetét, és anyagjellemzőit a cigándi töltés alapján mutatjuk be.

A töltések felépítése jól mutatja a hagymahéj szerkezetet. Az altalajt tekintve elkülöníthetünk egy vízvezet, és egy fed réteget. Erre a két jellemző rétegre épült maga a töltés, melyben található egy mag, és egy azt körülvevő héj (2. ábra). A vízdali töltésláb geometriája az ÉMVIZIG által kapott információk alapján lett felvéve (Zákányi 2006).



2. ábra. A cigándi töltés jellemző keresztmetszete
Figure 2. Characteristic dyke cross section at Cigánd

1. táblázat. A cigándi árvízvédelmi töltés szivárgás hidraulikai paraméterei
Table 1. Percolation hydraulic parameters of the dyke at Cigánd

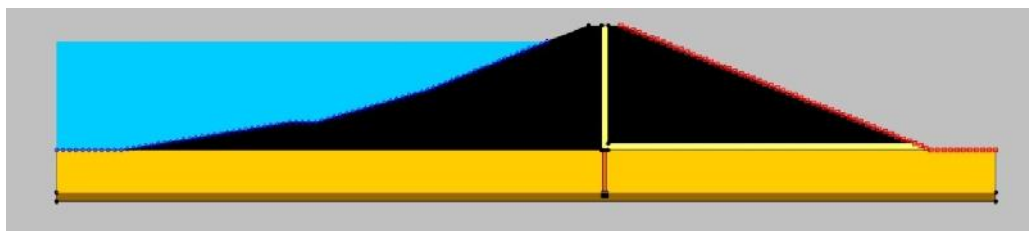
Szerkezeti rész	k_h (horizontális) [m/d]	k_v (vertikális) [m/d]
Bels mag	0,00864	0,06
Küls héj	0,000864	0,000864
Vízzáró fog	0,000432	0,000432
Fed réteg	0,00086	0,00086
Vízvezet réteg	0,43	0,43

2. táblázat. A cigándi töltés nyírószilárdsági paraméterei
Table 2. Shear strength parameters of the dyke at Cigánd

Szerkezeti rész	Térfogattömeg [kg/m ³]	Kohézió [kPa]	Belső súrlódási szög [°]	Szabad hézagterefogat [%]
Bels mag	2100	35	15	35
Küls héj	2200	40	15	30
Vízzáró fog	2200	40	15	30
Fed réteg	2200	40	15	30
Vízvezet réteg	2000	0	29	40

A víztározók gátjainak felépítését az alábbiakban a lázberci víztározó gátjának bemutatásával szemléltetjük (3. ábra). A két gát annyiban különbözik egymástól, hogy a Rakacai tározó gátjánál nem került kialakításra a gát alatt vízzáró függönyfal. A szivárgáshidraulikai paramétereket a 3. és 4. táblázat mutatja. A lázberci völgyzárógát nyírószilárdsági paramétereinél a résfal és az

alapkötet esetében nem porózus, szemcsés közet feltételeztünk. Az anyag típusok megadásánál a „hard rock” opciót kiválasztva nem kéri a program a kohézió, a belső súrlódási szög, valamint a szabad hézagterefogat értékét. Az alapkötet mészkő, a résfal pedig betonból áll, így ezeket a paramétereket nem volt szükséges megadnunk a program használatakor.



3. ábra. A lázberci völgyzárógát jellemző keresztmetszete
Figure 3. Characteristic cross section of the Lázberci dyke

3. táblázat. A lázberci gát szivárgáshidraulikai paraméterei
Table 3. Percolation hydraulic parameters of the Lázberci dyke

Szerkezeti rész	Töltéstart	Drén	Altalaj	Vízzáró fal	Alapkötet
k [m/d]	0,00864	8,64	0,043	0,0000864	0,000864

4. táblázat. A lázbérci gát nyírószilárdsági paraméterei
Table 4. Shear strength parameters of the Lázbérc dyke

Szerkezeti rész	Térfogat-tömeg [kg/m ³]	Kohézió [kPa]	Belső súrlódási szög [°]	Szabad hézagterefogat [%]
Töltéstest	2000	40	15	30
Drén	2000	0	30	32
Altalaj	1800	10	25	25
Vízáró fal	2500			
Alapk. zet	2200			

A MODELLEZÉS EREDMÉNYEI

A modellezések során vizsgálataink a szivárgási modellekre, és a rézs állékonysági problémákra terjedtek ki. A GMS 10-es program segítségével a gátak, és azok altalajának hidraulikai modellezése könnyen kivitelezhető, valamint lehet segítségünk van a vízáramlás figyelembe vételével rézs állékonysági vizsgálatot is végezni. A program a vízszint, valamint a kilépési felület megadása után (2-7. ábrán kék, illetve piros vonal) kiszámítja a gátban lévő sebesség, és pórusvíznyomás értékeket, valamint a fajlagos hozamot, melyekből 1 ábrákat készítve a számított értékek vizualizációja könnyen megvalósítható. A fajlagos vízhozam megállapításánál a program egy méter hosszú töltésszakaszra vonatkozó hozamot számít. A sebességértékek felhasználásával kiszámítottuk, hogy a szabad felszín szivárgás szempontjából a vizsgált töltés biztonságos-e. Mindegyik töltésnél a mértékadó árvízszintet vettük alapul, mely a töltéskoronától lefele számított egy méternél van, a víztározók gátjánál pedig a maximális üzemvízszintet vettük figyelembe.

A Soilvision program Slope csomagját és a GMS UTEXAS modulját használva rézs állékonysági vizsgálatokat végeztünk, melyek egyik célja a két program összehasonlítása volt. Az Slope modul három féle állapotot vizsgáltunk. Az egyik esetben egy száraz állapot modellezését végeztük, a másik esetben pedig a GMS által számított pórusvíznyomás értékeket tápláltuk be a Slope modulba diszkrét pontokként, így vettük figyelembe a víznyomást. A víz hatását úgy is figyelembe tudtuk venni, hogy a GMS által számított legfelső áramlási vonalat vittük be a Slope modulba, és mint vízszintet adtuk meg. A különböző esetek eredményeinek összehasonlítását is elvégeztük.

A GMS UTEXAS modulja a SEEP2D modul által számított víznyomás értékeket és áramlási viszonyokat is figyelembe veszi, és így számítja ki Spencer módszerrel a kritikus csúszólapot és a hozzá tartozó biztonsági ténye-

z t. Az állékonyságvizsgálatok mindegyike lamellás módszerrel történt, több számítási módszert követve. Kiszámításra került a biztonsági tényező és a kritikus csúszólap helye Bishop, Spencer, Janbu és Morgenstern-Price módszerrel, melyek mindegyike kör csúszólapot feltételez.

A szabad felszín szivárgás vizsgálata

A szabad felszín szivárgás veszélytelennek tekinthető, ha a kilépési gradiens kisebb, mint az adott talajra számított kritikus érték (MSZ 15921-1999).

A kilépési gradiens értéke a következő képlettel adható meg

$$I = \frac{v}{k} [-]$$

ahol, I: kilépési gradiens, v: szivárgási sebesség $\left[\frac{m}{s}\right]$, k: szivárgási tényező $\left[\frac{m}{s}\right]$.

A kritikus kilépési gradiens értéke a következő képlettel adható meg (MSZ 15921-1999):

$$I_{kr} = \frac{(1 - n) \cdot (\rho_s - \rho_w)}{\rho_w} [-]$$

ahol, I_{kr}: kritikus kilépési gradiens, n: hézagterefogat, ρ_s : talaj sűrűsége, ρ_w : víz sűrűsége.

Ezek alapján a három árvízvédelmi töltésre a GMS alapján számított sebesség értékeket vettük figyelembe. A lázbérci és a rakacai völgyzárógát esetén nem végeztük el ezt a vizsgálatot, hiszen a gát belsejében olyan szerkezeti elemek vannak, melyek a víz szivárgását oly módon irányítják, hogy az a mentett oldalon összegyűlhet legyen. Ilyen elem a kavicszivárgó, illetve a gát alatt létesített vízáró fal. A számított értékeket, az 5. táblázat mutatja. A táblázatból látható, hogy mindegyik kilépési gradiens érték kisebb a kritikus értéknél, így a szabad felszín szivárgás szempontjából a töltések biztonságosnak tekinthetők.

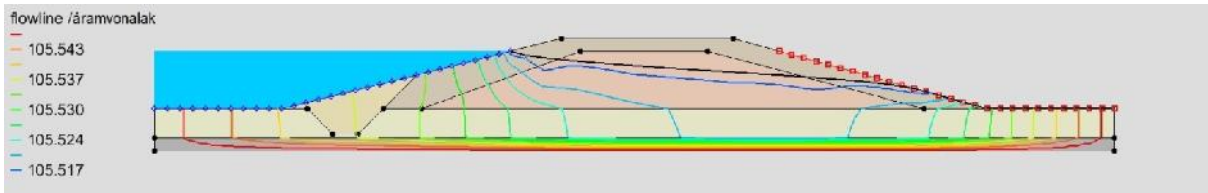
5. táblázat. A kilépési gradiens és kritikus értékeinek összehasonlítása
Table 5. Comparison of exit gradients and its critical values

	Kilépési gradiens	Kritikus kilépési gradiens
Cigánd	0,939	1,54
Révleányvár	0,118	1,32
Halászhomok	0,147	1,4

Áramlási viszonyok

A GMS SEEP2D moduljának alkalmazásakor célnk a különböz geometriájú és anyagszerkezet töltésekben lejátszódó szivárgási folyamatok vizsgálata volt. Az áramlási viszonyok szemléltetéséhez a modellek rácshálójá 1 méteres osztásközzel vannak felvé-

ve, illetve a vízdalalon és a mentett oldalon is 10 m hosszan fut az eredeti terepszint. A program meghatározta az áramvonalakat, kiszámította a fajlagos hozamot, a sebességviszonyokat, illetve a pórúsvíznyomás értékeit. A modellek a mértékadó árvízszintet veszik figyelembe.

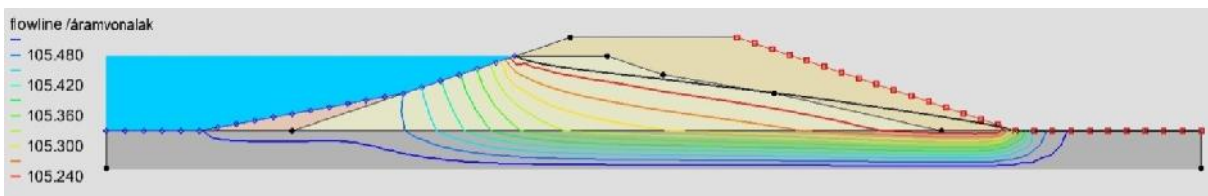


4. ábra. Áramvonalak a cigándi töltésben
Figure 4. Flow lines in the Cigánd dyke

A 4. ábrán látható, hogy az altalajnak nagy szerepe van a töltések átérészt képességében, hiszen az áramvonalak nagy része a vízvezet rétegben figyelhet meg. Az altalaj szerepe ugyancsak látható a révéányvári töltésnél is. Az áramvonalak jelent s része itt is az altalajban halad

(5. ábra). A halászhomoki töltésnél az altalajban egy vastagabb fed réteggel találkoztunk, mely hátráltatta a víz altalajba való szivárgását.

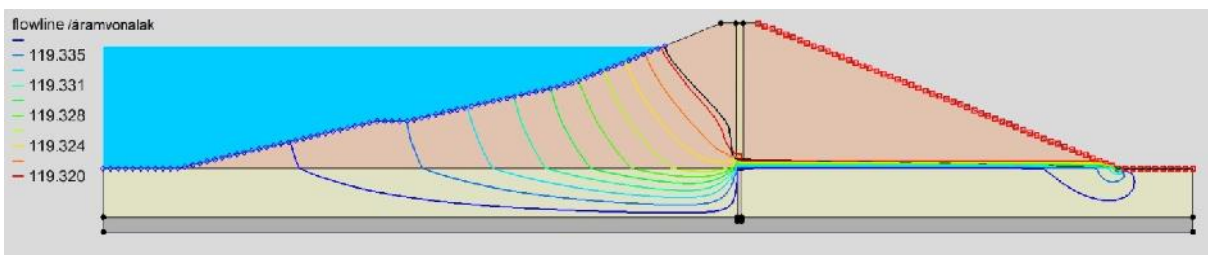
Ebben az esetben az áramvonalak nagy része a töltésben haladt.



5. ábra. Áramvonalak a révéányvári töltésben
Figure 5. Flow lines in the Révéányvár dyke

A lázberci völgyzárógát esetében az áramlási vonalak vizsgálatakor megfigyelhet a gáttesten belüli drén szerepe. A vízdaladról a gáttestbe nyomuló víz a függ leges és vízszintes homokrétében gy lik össze, és a töltéslábnál távozik a gáttestb l. Így a gát nem nedvesedik át teljes keresztmetszetében.

A gáttest alatti vízzáró betonfal pedig megakadályozza azt, hogy a víz az altalajon keresztül szivárogjon el. A program segítségével kimutatható a gátakban lévő szivárgást irányító elemek m köd képessége. A korábbi vizsgálatok során a modell kalibrálása is megtörtént, helyszíni méréssel. A szivárgó rendszer gy jt csövéb l kiáramló víz hozama köbözéssel lett megállapítva.



6. ábra. A lázberci völgyzárógát szerkezeti elemei és a szivárgási vonalak
Figure 6. Structural elements of the Lázberc barrage and the flow lines

A rakacai gát keresztmetszetét tekintve egy igazán változatos altalajjal találkozunk. A gátkorona mentett oldali éle alatt a gátterbe függ leges homokos kavicsszivárgó épült 1 m-es szélességgel. A függ leges szivárgó derékszög iránytöréssel vízszintes (illetve 3 %-os lejtés) homokos kavics szivárgóban folytatódik. A szivárgó rendszerbe kerül vizet az alvízi rézs láb alatt 0,3 m átmér j beton dréncs vezeti el. A teljes szivárgórendszer a m tárgy vízládájába torkollik (ÉRV ZRt 1982.). Az áramlási vonalakat megfigyelve látható, hogy az altalajban található egy olyan réteg, melynek szivárgási tényez je nagyobb, mint a többi anyagé, és a víz ezen keresztül áramlik a mentett oldal felé. A drén szerepe itt is meghatározó, mivel az átáramló víz nagy

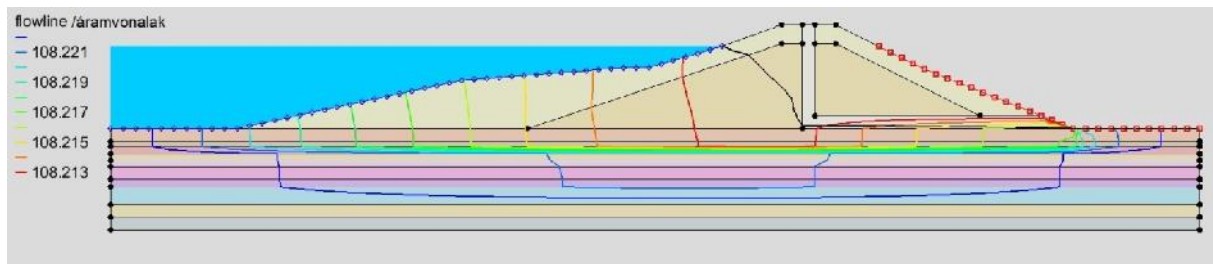
részét összegy jti, és egységesen kivezeti a gátból, és az altalajból. Mivel itt nem történt vízzáró betonfal beépítése az altalajba, a szivárgási vonalak bejutnak az altalajba is (7. ábra).

A modellezési eredményeket összehasonlítottuk egy korábbi munkával, melyben nem lettek figyelembe véve az altalajviszonyok. Az összehasonlítást a fajlagos hozam, és a kilépési hossz tekintetében végeztük el.

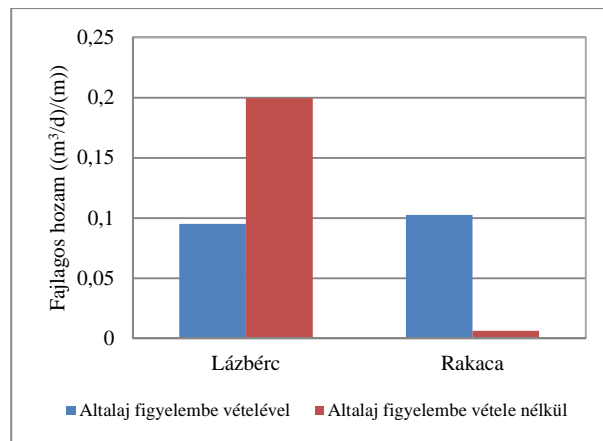
A fajlagos hozamok összehasonlításánál (8. és 9. ábra) megállapíthatjuk, hogy az altalaj figyelembevételével az árvízvédelmi töltések esetében, illetve a rakacai tározó esetében nagyobb hozamokat kaptunk. Ennek oka, hogy az altalaj vízvezet rétegének nagy szivárgási tényez je

miatt az altalajon nagy vízmennyiség áramlik át. A töltések esetében itt számolnunk kell a buzgárok kialakulásával. Mivel az altalajban nagy nyomásértékek is vannak, a

pórusvíznyomás növekedésével számolnunk kell, mely a töltés állékonyságára negatív hatást gyakorol, mivel ekkor csökken a víznyomás elleni támasztóerő.



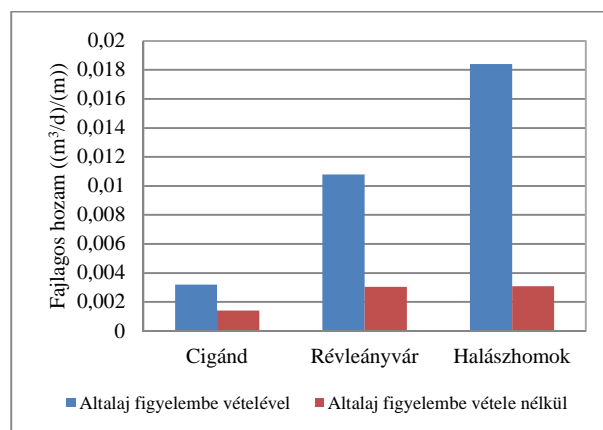
7. ábra. A rakacai völgyzárógát szerkezeti elemei, és a szivárgási vonalak
Figure 7. Structural elements of the Rakaca barrage and the flow lines



8. ábra. A fajlagos hozam értékek összehasonlítása (völgyzárógátak)
Figure 8. The comparison of the total flowrates (barrages)

Lázberc esetében megfigyelhetjük, hogy az altalaj figyelembevételekor kisebb fajlagos hozam értékeket kapunk. Ezt a gát alatti vízzáró betonfal beépítésével magyarázhatjuk. A betonfal megakadályozza, hogy a

víz az altalajon keresztül szivároghon át a mentett oldalra, illetve a vízvezet homokréteg felé tereli a vizet, így megvédve a gáttestet és az altalajt a teljes átmedvesedéstől.



9. ábra. Fajlagos hozamok összehasonlítása (árvízvédelmi töltések)
Figure 9. The comparison of the total flowrates (dykes)

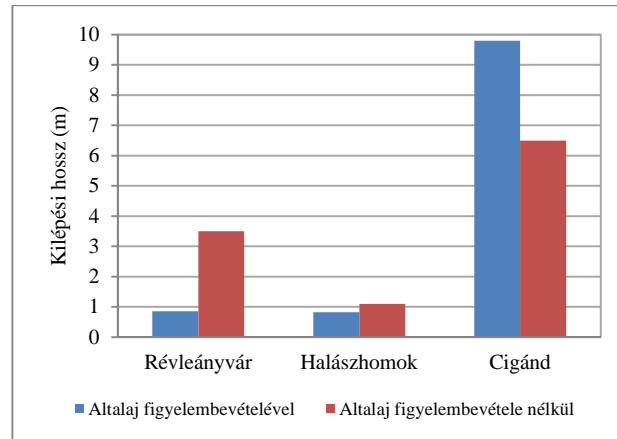
A töltések vizsgálatok fontos információt ad a kilépési hossz értéke. Ez alatt értjük a víz legfelső kilépési pontja, és a töltés talpa közötti távolságot. Ez az érték megmutatja, hogy milyen magasságban várhatóak fakadások a töltésben, valamint, hogy milyen mértékben nedvesedett át a védem.

A kilépési hosszak esetében vizsgálatainkat csak az árvízvédelmi töltések esetében végeztük el, hiszen a víztározók gátjánál a szivárgó rétegen keresztül történik a

víz kilépése, így a kilépési hossz állandó. A kilépési hosszt a program által kiírt koordinátákból és az ez által létrejött háromszög azonosságából számoltuk ki. Az összehasonlítás során megfigyelhetjük, hogy a révleányvári, illetve a halászhomoki védemnél kisebb, míg a cigándi védemnél nagyobb kilépési hossz értékek jelentkeztek. A révleányvári és a halászhomoki védem esetében az altalajadottságok megfeleltek ahhoz, hogy a víz ne csak a töltésen keresztül, hanem az altalajban is áramlani tudjon.

Cigánd esetében, közvetlenül a töltés alatt egy viszonylag jól vízzáró réteg található, mely nem engedte az altalajba való nagymértékű beszivárgást, így a víz na-

gyobbik része a töltésen keresztül, kisebb része pedig a vízzáró réteg alatti nagy szivárgási tényezővel rendelkező rétegen jut át (10. ábra).



10. ábra. Kilépési hossz értékek összehasonlítása
Figure 10. The comparison of the seepage length values

A modellezési körülmények változtatása

A modellezés során két olyan paraméter megválasztásának hatására voltunk kíváncsiak, melyek a geometriához és a hálókiosztáshoz kapcsolódnak. A modellalkotásakor szükségünk van a geometria felvételére. Vizsgálatunk arra irányult, hogy milyen mértékben befolyásolja a töltésláb szélessége a fajlagos hozamot. Töltésláb szélessége alatt értjük az altalaj és a töltés találkozási pontja, és a modell széle közötti távolságot. Három esetet vizsgál-

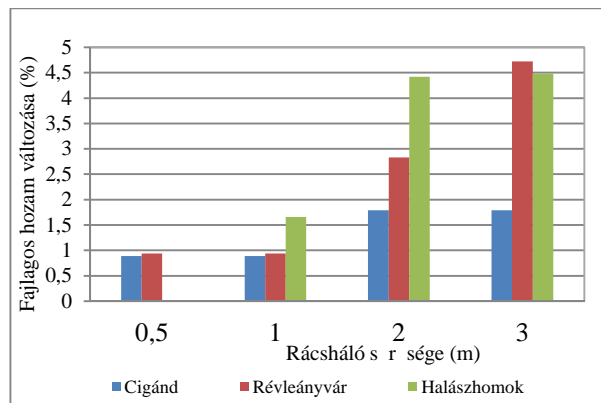
tunk: 5 m, 10 m, és 20 m-es töltésláb szélességet. A töltésláb szélessége a cigándi és a halászhomoki gát vizsgálatánál azt az eredményt hozta, hogy a töltésláb szélességével a fajlagos hozam értékek emelkedtek. A növekedés mértéke nem történik nagy ütemben. Ennek oka, hogy a töltésláb szélességével a mentett oldalon megnövekszik a kilépési felület, ezáltal több víz tud átáramlani a rendszeren. A révleányvári töltésnél a fajlagos hozam érték nem változott (6. táblázat).

6. táblázat. Töltésláb szélességének hatása a fajlagos hozamra
Table 6. Effect of dyke toe width on specific flowrate

Töltésláb szélessége (m)	Cigánd (m ³ /nap/m)	Révleányvár (m ³ /nap/m)	Halászhomok (m ³ /nap/m)
5	0,0089	0,0107	0,0185
10	0,0113	0,0107	0,0187
20	0,0145	0,0107	0,0191

A másik vizsgálatnál az volt a célunk, hogy megállapítsuk, hogy a rácsháló sűrűségének megválasztása milyen mértékben befolyásolja a fajlagos hozamot, illetve az áramvonalakat. A rácsháló sűrűségét a GMS programban úgy tudtuk megadni, hogy a töltések oldalait bizo-

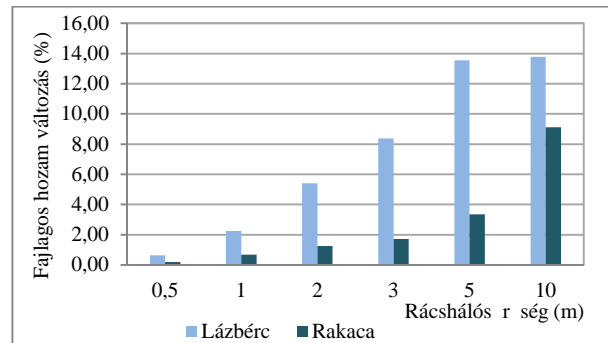
nyos osztásközönként felosztottuk, majd eszerint készítettük el a program a rácshálót. Az osztásközök megválasztását befolyásolja a modellezni kívánt töltés mérete. Az árvízvédelmi töltések, és a völgyzárógátak osztásközének eltérését ez indokolja.



11. ábra. Fajlagos hozam változása a rácsháló függvényében az árvízvédelmi töltéseknél
Figure 11. The specific flowrate change in the dykes as a function of net density

Az ábrákból látható, hogy a rácsháló s r ségének megválasztása nagy fontossággal bír, hiszen akár 10-12 %-os eltérés is lehet a kapott eredmények között (11. és 12. ábra). Tapasztalatunk az volt, hogy az áramvonalakat is befolyásolja a rácsháló kiosztása. S r bben vett rácshá-

ló osztásnál sokkal részletesebben mutatja az áramlási vonalakat a program. A modellezések során szerencsés megválasztani egy optimumot, melyeknél mind az áramlási vonalak, mind pedig a fajlagos hozam értékek használható értéket adnak.



12. ábra. Fajlagos hozam változása a rácsháló függvényében a völgyzárógátaknál
Figure 12. The specific flowrate change in the barrages as a function of net density

Rézs állékonysági modellek

A rézs állékonysági vizsgálatokat két programmal végeztük, a Soilvision program Slope moduljával, illetve a Groundwater Modelling System 10-es program UTEXAS moduljával. A modellezéseket először a Slope moduljal egy száraz állapotra vizsgáltuk. A program kiszámította a kritikus csúszólapot és a hozzá tartozó biztonsági tényezőt Bishop, Janbu, Spencer, és Morgenstern-Price módszerekkel. Ezen vizsgálatokkal a célunk az volt, hogy az adott geometriájú töltések milyen biztonsággal rendelkeznek, feltételezett nyírószilárdsági paraméterek ismeretében. Természetesen a szivárgási modelleket felhasználva a víz állékonyságsökkentés hatásának meghatározása is célunk volt, melyeket egymással össze is hasonlítottunk, mindegyik eseténél, mind-

egyik számítási módban. Ezekkel a vizsgálatokkal együtt a két szoftver összehasonlítását is elvégeztük, egyrészt abból a szempontból, hogy melyik program használata egyszeribb, másrészt, hogy a kapott eredmények mennyiben térnek el egymástól.

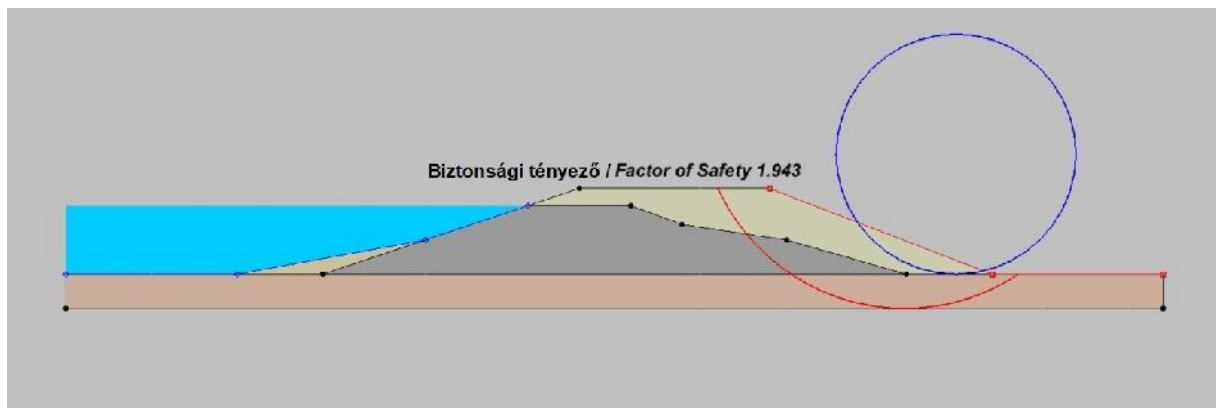
Rézs állékonyság a pórúsvíznyomás figyelembe vétele nélkül

Száraz állapot modellezésére azért volt szükség, hogy a víz állékonyságsökkentés hatásának mértékét meghatározzuk.

Ebben az esetben nincs a rendszerben víz, a megadott paraméterek csak a térfogatsúly, kohézió, és a belső súrlódási szög. A kapott biztonsági tényező értékeket a 7. táblázat mutatja.

7. táblázat. Soilvision által számított biztonsági tényező k száraz állapotra
Table 7. Security factor for dry condition calculated by Soilvision

	Cigánd	Révéányvár	Halászhomok	Lázberc	Rakaca
Bishop	4,095	2,573	3,746	1,739	2,818
Janbu	3,879	2,482	3,413	1,623	2,666
Spencer	4,104	2,575	3,747	1,756	2,829
Morgenstern-Price	4,113	2,574	3,749	1,759	2,883



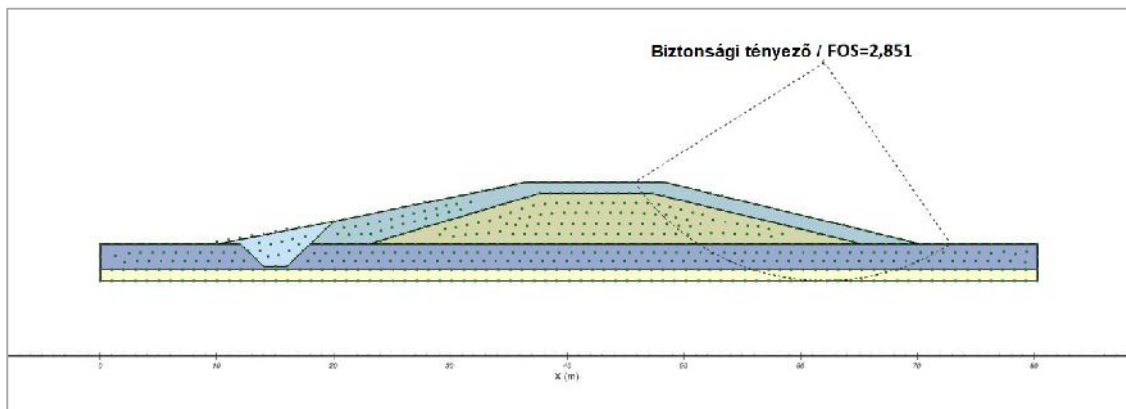
13. ábra. A révéányvári töltés a kritikus csúszólappal és a hozzá tartozó biztonsági tényezővel.
Figure 13. The Révéányvár dyke with the critical slip surface and the pertaining factor of safety

Rézs állékonyság a pórusvíznyomás figyelembe vételével

A víz hatását el ször a GMS UTEXAS modul alkalmazásával vizsgáltuk (13. ábra). Az UTEXAS modullal csak a Spencer módszerrel számította a program az állékonyságot, mert a többi módszert a Slope modul nem használja, így azok összehasonlítása nem indokolt. Az UTEXAS modul a SEEP2D modul által számított szivárgási viszonyokkal vette figyelembe az állékonysági biztonságot, amit egy el re megadott

kezd körb 1 (13. ábrán kék kör) iteráció segítségével számolt.

A Slope modullal kétféleképpen tudjuk figyelembe venni a pórusvíznyomás hatását. Egyik módszer, hogy a GMS SEEP2D modulja által kiszámolt pórusvíznyomás értékeket hívtuk be a Slope modulba. Ezek a pontok a SEEP2D által használt rácsháló csomópontjai. A másik módszer pedig, hogy a SEEP2D modullal számított szivárgási felületet építjük be a Slope modulba. Itt nem nyomásértékeket adunk meg, hanem a legfels vízáramlási felületet.



14. ábra. A Slope modullal számolt kritikus csúszólap és a biztonsági tényező értéke a cigándi töltésnél
Figure 14. The critical slip surface, and the factor of safety calculated by the Slope module at the Cigánd dyke

A biztonsági tényező értékeket megkapva azokat összehasonlítottuk a száraz állapotra vonatkoztatott biztonsági tényező értékekkel. A százalékos eltéréseket a 8. és 9. táblázat mutatja.

8. táblázat. A biztonsági tényező változása százalékosan (diszkrét pontok)
Table 8. Change of security factor in percentage (discrete points)

	Cigánd (%)	Révleány-vár (%)	Halászhomok (%)	Lázbérc (%)	Rakaca (%)
Bishop	43,6	21,9	36,9	10,2	12,3
Janbu	43,8	19,1	31,5	14,3	16,4
Spencer	43,6	22,0	36,8	10,1	12,8
Morgenstern-Price	43,6	22,0	36,8	10,1	14,5
Átlag	43,6	21,3	35,5	11,2	14,0

9. táblázat. A biztonsági tényező változása százalékosan (szivárgási felület)
Table 9. Change of security factor in percentage (percolation surface)

	Cigánd (%)	Révleány-vár (%)	Halászhomok (%)	Lázbérc (%)	Rakaca (%)
Bishop	24,1	16,4	17,6	10,2	0,8
Janbu (egyszerűsített)	24,1	14,6	14,1	13,8	1,8
Spencer	24,2	16,4	17,6	10,1	1,4
Morgenstern-Price	24,2	16,4	17,6	10,3	2,8
Átlag	24,1	16,0	16,7	11,1	1,7

Megjegyzés: Százalékos eltérés a száraz állapot és a szivárgási felülettel figyelembe vett biztonsági tényező között

A táblázatból látható, hogy az állékonysági biztonságot nagyban befolyásolja a pórusvíznyomás. A Slope modul alkalmazásakor mindkét esetben a cigándi töltésnél volt tapasztalható a legnagyobb eltérés. Lehet segítségünk volt a vizsgálatok alatt a két használt program összehasonlítására is. Az összehasonlítást a Spencer módszerre vonatkoztattuk,

mivel ez az a módszer, mely mindkét programban megtalálható. Az eltéréseket a 10. táblázat szemlélteti. A modellezés során tapasztalatunk az volt, hogy a Slope modul használata egyszerűbb, átláthatóbb, míg a GMS használata az adatigény szempontjából egyszerűbb. Ez akkor lehet jobb megoldás, ha kevés adat áll rendelkezésünkre.

10. táblázat. A GMS, UTEXAS és a Soilvision Slope moduljának összehasonlítása
Table 10. Comparison of the modules of GMS, UTEXAS and Soilvision Slope

	GMS, UTEXAS	Soilvision, Slope	Biztonsági tényez változás (%)
Cigánd	2,971	2,555	16,28
Révleányvár	1,943	2,111	7,96
Halászhomok	2,815	2,738	2,81
Lázbérc	1,561	1,595	2,13
Rakaca	2,679	2,508	6,82

A MODELLEZÉSI EREDMÉNYEK ÖSSZEGRÉSE

A modellezés során három Tisza menti árvízvédelmi töltés és a lázbérci, valamint a rakacai víztározó völgyzárógátjának szivárgási viszonyait vizsgáltuk, állékonyságvizsgálattal kiegészítve, figyelembe véve az altalaj adottságait is. Vizsgálatunk során az árvízvédelmi töltések esetében a mértékadó árvízhez, a lázbérci és a rakacai tározó esetében a maximális üzemvízszinthez viszonyítottunk. A modellezés során egy időben állandó, úgynevezett steady state folyamatot feltételeztünk. Az árvízvédelmi töltések geometriájára jellemző a szerkezetesség, a védőanyagok paramétereit részben korábbi munkákból átvettük, részben mérési iránnyal szembe fordítottuk. A völgyzárógátak esetében a jellemző keresztmetszetben megtaláljuk azokat a szerkezeti elemeket, melyek a szivárgás koordinálására lettek beépítve. Az árvízvédelmi töltések esetében megfigyelhető volt, hogy az áramlási vonalak helyzete nagymértékben függ az altalaj adottságaitól: a vastagságtól, és a szivárgási tényezőtől. A völgyzárógátaknál jól kirajzolódott a különböző szerkezeti elemek hatása. A szivárgási modelleket több esetre is elvégeztük. A rácsháló szerkezetének és a töltésláb szélességének hatását is vizsgáltuk, melynek eredményeképpen megállapítható ezen feltételeknek fontossága. Mindkét esetben megfigyelhető a fajlagos hozam változása, illetve az áramvonalak pontosságának növekedése. A fajlagos hozam eredményeket összehasonlítottuk egy korábbi munkában elért eredményekkel, melyben az altalajadottságok nem lettek figyelembe véve. Megállapíthatjuk, hogy jelentősen befolyásolta a fajlagos hozamot és a vízáramlást az altalaj figyelembe vétele, melyeket a terepi tapasztalatok is igazolnak.

A rézs állékonyság vizsgálatánál két programot használtunk, a Groundwater Modelling System 10-es verziójának UTEXAS modulját és a Soilvision Slope modulját. A vizsgálatokat több rézs állékonysági vizsgálati módszerrel is elvégeztük. Két esetet vizsgáltunk, egy telítetlen állapotot, és egy olyan állapotot, melyben a víz hatását is figyelembe vesszük. Alkalmunk volt a két program összehasonlítására is, mind eredmények, mind pedig felhasználás tekintetében.

Összegzőként elmondható, hogy a modellezési eljárásokkal rendkívül szemléletes eredményeket kapunk,

melyek nagy segítséget nyújthatnak a vízügyi szakemberek számára. Mivel az árvízvédelmi munkálatok folyamatosságot követelnek, így ezen gyors módszerek rendkívül jól mutatják az esetleges meghibásodásokat és a katasztrófák súlyossága enyhíthető vagy elkerülhető.

IRODALOM

- ÉRV Zrt. (1982). Rakacai víztározó - üzemeltetési utasítás.
- Kovács B. (2004). Hidrodinamikai és transzportmodellezés I. Első kiadás, Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, Szegedi Tudományegyetem, Ásványtani, Geokémiai, és Környezeti Tanszék, GAMA-GEO Kft.
- Mihalik A. (2000). Szivárgást gátló árvízvédelmi töltések stabilitását biztosító vasalt földtámszerkezetek, Műszaki szemle, 3. évfolyam 9-10. szám. pp. 26-33.
- MI 10 269-1982. Töltésállapot vizsgálata árvíz idején
- MSZ 15921-1999. Árvízvédelmi gátak vizsgálata árvíz idején
- Nagy L. (2003). Árvízvédelmi gátak szakadásai. (Előadási anyag). MHT XXI. Vándorgyűlés, Szolnok.
- Nagy L. (2005). Árvízi kockázat, az árvízvédelmi gát tönkremenetele alapján, Doktori értekezés, Budapesti Műszaki Egyetem, Budapest.
- Nagy L. (2014). Buzgárok az árvízvédelemben, Országos Vízügyi Felügyelőség, 2014.
- Vágás I. (2007). Második honfoglalásunk: A Tisza-völgy szabályozása. Hidrológiai Közöny, 87. évf. 3. szám, 30-38. oldal.
- Völgyesi I. (2008). Árvízvédelmi töltések szivárgáshidraulikai modellezése. Hidrológiai Közöny, 88. évf. 1. szám, 32-35. oldal.
- Zákányi B. (2006). Az árvízvédelmi gátak és töltések szivárgásának meghatározási módszerei (Diplomamunka)
- Zákányi B., Sz cs P. (2010). Völgyzáró gát és árvízvédelmi töltések hidraulikai vizsgálata SEEP2D modulal. Hidrológiai Közöny, 90. évf. 4. szám. 54-62. oldal.

A SZERZŐK



NYIRI GÁBOR 2013-ban végzett a Miskolci Egyetemen, környezetmérnök alapszakon, majd tanulmányait a Miskolci Egyetem hidrogeológus mérnöki mesterszakán folytatta, ahol 2015-ben szerzett okleveles hidrogeológus mérnök végzettséget. 2015-től 2016-ig az Északmagyarországi Regionális Vízművek ZRt. környezetvédelmi megbízottja. 2016-tól a Miskolci Egyetem Mikovinyi Sámuel Földtudományi Doktori Iskolájának PhD hallgatója. 2015-től a Magyar Hidrológiai Társaság tagja.

ZÁKÁNYI BALÁZS 2006-ban végzett okl. környezetmérnökként a Miskolci Egyetemen. 2009-től dolgozik Miskolci Műszaki Földtudományi Kar Környezetgazdálkodási Intézetében, jelenleg egyetemi adjunktus 2015-től. Nemzeti Kiválóság Program - Jedlik Ányos doktorjelölti ösztöndíjas (2013). Földtudományi kutatási területe a speciális felszín alatti szennyező anyagok (DNAPL) vizsgálata, modellezése és kármentesítése, valamint árvízvédelmi gátak hidraulikai modellezése. Az elnevezés PhD fokozatot szerzett 2014-ben. Tevékenységi és érdeklődési köre a környezetvédelem - hidrogeológia - kármentesítés területén sokirányú. Az International Association of Hydrogeologists Magyar Nemzeti Tagozatának elnökségi tagja. Publikációinak száma 91.

SZÉCSÉNYI PÉTER A Nehézipari Miskolci Műszaki Egyetem Bányamérnöki Karán szerzett kiegészítő geofizikus-mérnöki oklevelet 1988-ban. Oktatói és kutatói pályájának elején elnevezés a Geofizikai Tanszéken, majd az MTA Bányászati Kémiai Kutatólaboratóriumában dolgozott. 1993-ban Dr. Univ. címet, majd 1996-ban PhD doktori oklevelet szerzett. 2009-ben megszerzi az MTA doktora tudományos címet, illetve sikeresen habilitált a

Miskolci Egyetemen. 1998 óta a Miskolci Egyetem Hidrogeológiai – Mérnökgeológiai Tanszékén dolgozik. 2010-től a tanszék vezetője. 2010-ben egyetemi tanári kinevezést kapott. Publikációinak száma több mint 400.

NAGY GÁBOR Okleveles építész mérnök, geotechnikai tervező. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Geotechnika és Mérnökgeológia Tanszékének munkatársa. A Magyar Geotechnikai Egyesület tagja, a BME Építész mérnöki Kari TDK konferenciák titkára.

KISS TIBOR a pécsi városüzemeltetésért felelős szervezet és a több mint 300 település hulladékgazdálkodási feladatait ellátó BOKOM cégcsoport vezetője. Bányamérnök (1988), okleveles környezetvédelmi szakmérnök (1991) és közgazdasági szakokleveles mérnök (1995). PhD fokozatát 2008-ban a Miskolci Egyetem Miskolci Földtudományi Karán szerezte, környezetgazdálkodási és hulladékgazdálkodási szakterületen. 1999-től a Miskolci Egyetem Földtudományi Karán meghívott előadó, 2009-től a Pécsi Tudományegyetem Miskolci Műszaki és Informatikai Kar Környezetmérnöki Tanszékének tudományos főmunkatársa, ahol oktatási és kutatási feladatokat lát el. 2012-től a Pécsi Tudományegyetem Szentágotthai János Kutatóközpont SMART CITY Technologies Kutatócsoportjának vezetője. Jelenleg a környezetgazdaságtan, illetve településgazdálkodás és üzemeltetés tárgyak oktatója. Részt vesz a Miskolci Egyetem bevonásával a PTE-n megvalósuló, lerakóból történő másodlagos nyersanyag kinyerésére irányuló „Smart Ground” H2020 projektben. Aktuális kutatási témái: energiaforrás-hatékony, komplex településüzemeltetési rendszerek, szinergikus hatások kutatása, éghajlatváltozás hatásainak mérséklése, ipari tevékenységek környezeti hatásainak gazdaságosan történő mérséklése, hatékony mechanikai-biológiai eljárások a települési szilárdhulladék kezelés terén.

Hullámtér-feltöltés és vizsgálata az Alsó-Tisza mentén I. Hullámtér-szélesség és beömlő mellékfolyók hatása az akkumulációra

Nagy Judit*, Kiss Tímea*, Fiala Károly**

*Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, 6722 Szeged, Egyetem u. 2.

**Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság, Vízgazdálkodási és Vízzajzi Monitoring Osztály, 6720 Szeged, Stefánia 4.

Kivonat

A XIX. századi ármentesítések során megépült töltések jelentősen lecsökkentették az ártér szélességét és felgyorsították a hullámtér feltöltését. Utóbbit számos, lokálisan ható tényező is befolyásolja. Jelen tanulmányban célunk az ármentesítések óta felhalmozódott hordalék mennyiségének számszerűsítése, illetve annak vizsgálata, hogy a folyótorkolatok és a hullámtér szélessége hogyan befolyásolja egyes szakaszokon a hordalék-felhalmozódás térbeli mintázatát. Az ármentesítések óta lerakódott üledék vastagságát az aktív hullámtér és a mentett oldali ártéri területek magasságkülönbsége alapján határoztuk meg. A teljes Alsó-Tisza mentén átlagosan 120 cm vastagságú (összesen 90 millió m³) hordalék halmozódott fel. Az üledék vastagsága (0-260 cm) és térfogata (0,6-6,4 millió m³) szakaszonként változik, ami az akkumulációt befolyásoló helyi tényezőkre utal. Ezek közül a hullámtér-szélesség hatása a felhalmozódott hordalék térfogatával mutat egyenes arányosságot. Általánosságban jellemző, hogy a széles hullámtéren (<500 m) az üledék vastagsága 0-238 cm, de térfogata legfeljebb csak 0,6 millió m³, míg szélesebb hullámtéren (>500 m) a hordalék 0-264 cm vastagságban, de a széles hullámterekhez képest jóval nagyobb mennyiségben (legfeljebb 6,4 millió m³) halmozódott fel. A Maros torkolata alatti szakaszon 50-100 cm-rel vastagabb, és közel 1,5-szer nagyobb mennyiségű hordalék halmozódott fel, mint a torkolat felett. A hullámtér feltöltésének egyik fontos következménye a hullámtér vízszállító képességének romlása. Az Alsó-Tisza mentén átlagosan 22,6%-kal csökkent az árvízlevezető-képesség, de egyes szakaszokon ez az 52%-ot is eléri.

Kulcsszavak

Alsó-Tisza, hullámtér-feltöltés, vízvezető-képesség, ármentesítés, DDM, LiDAR.

Floodplain aggradation along the Lower Tisza. Part I. The effect of active floodplain width and tributaries on accumulation

Abstract

Artificial levees were built during the 19th century river regulations and they significantly reduced the active floodplain width. On the confined floodplain the aggradation accelerated, which was influenced by several factors. The aim of this research was to quantify the depth and volume of deposited sediment since the 19th century regulations, and to determine the effects of floodplain width and tributaries on the rate and spatial pattern of floodplain aggradation. The amount of accumulated sediment was calculated based on the height difference between the active (artificial) floodplain and the flood-protected area. Along the Lower Tisza River 120 cm sediment accumulated on the floodplain in average, which equals to 90 million m³. The depth and volume of sediment varies between 40 cm and 260 cm (0.6-6.4 million m³). On narrow floodplain areas thicker (250-260 cm), but lower amount of sediment (0.6 million m³) deposited, while on broader floodplains thinner (40-50 cm), but greater amount of sediment (max. 6.4 million m³) accumulated. The Maros River has a significant effect on floodplain aggradation of the Tisza River. Downstream of their confluence 50-100 cm thick and 1.5 times greater volume of sediment has been deposited than in the upstream of the confluence. The main consequence of aggradation is the decrease in flood conductivity of the floodplain. Along the Lower Tisza flood conductivity decreased by 22.6% in average, though at some sections it decreased by as much as 52%.

Keywords

Lower Tisza River, floodplain aggradation, flood conductivity, river regulation, DDM, LiDAR

BEVEZETÉS

A folyók ártereinek töltésekkel való beszűkítése jelentősen felgyorsította a hullámtér feltöltését. Ez hozzájárul az árvízszintek növekedéséhez, hiszen csökkent a hullámtéren az átfolyási-keresztmetszet és így romlott a hullámtér vízvezető-képessége (Kozák és Rátky 1999, Vágás 2001, Nagy és társai 2001, Fiala és Kiss 2005).

A Tisza menti, XIX. századi folyószabályozások óta zajló, illetve egy-egy árvízi esemény utáni hullámtér feltöltés mértékét számos hazai kutatás vizsgálta, azonban ezek többsége csak pontszerű, vagy csak egy-egy rövid szakaszra vonatkozott. Károlyi (1960) szerint az ármentesítések óta zajló feltöltés mértéke 30-160 cm a Tisza teljes magyarországi szakaszán. Borsy (1972) a

Felső-Tisza mentén a szabályozások óta felhalmozódott hordalék vastagságát 150-250 cm-re becsülte. Az 1998 utáni rekord árvizek hatására a szabályozások óta zajló akkumuláció mellett egy-egy árvízi esemény után lerakódó hordalék mennyiségét és térbeli mintázatát is vizsgálni kezdték a kutatók. Koncsos és Kozma (2007) számítógépes szimulációja szerint a Közép-Tiszán 67 cm vastag üledék rakódott le 50 év alatt. Gábris és társai (2002) a gátépítések óta (120 év) 23-60 cm feltöltés mértékét mérték, míg Vass és társai (2009) pedig legfeljebb 110 cm-ben határozták meg az ármentesítések óta zajló feltöltés mértékét. Balogh és társai (2005) 200 cm-es, Sándor és Kiss (2006) pedig 118 cm-es felhalmozódást mérték az ármentesítések óta. Az Alsó-Tiszán egy-egy árvízi eseményhez kötődő feltöltés mértékének és térbeliségének változásait több éven keresztül vizsgáltuk

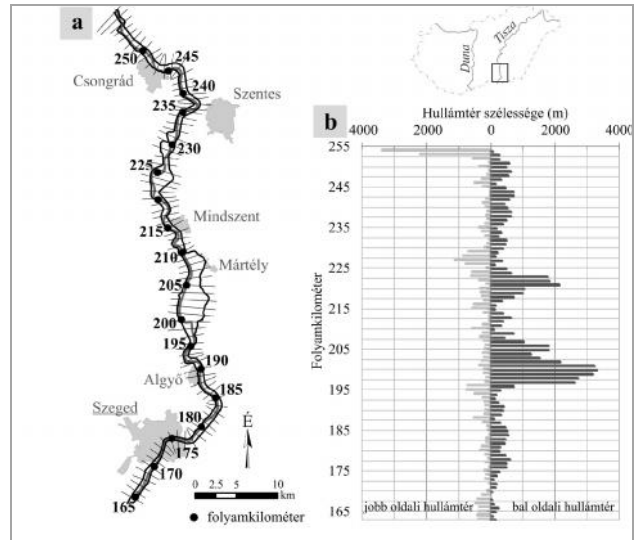
(Kiss és Fejes 2000, Kiss és társai 2002, 2004, Sándor és Kiss 2006, 2007).

A hullámtéri feltöltés bonyolult folyamatát számos tényező befolyásolja. Ezek a helyi hatótényezők meghatározzák a meder és a benne folyó víz tulajdonságait (pl. vízállás, vízsebesség, hordalék mennyisége és szemcsemérete, kanyarulati paraméterek, mederszélesség, sodorvonal helyzete), illetve a hullámtér jellemzőit (pl. szélesség, domborzat, növényborítottság, területhasználat, beépítettség), és végső soron a hordaléklerakódás mintázatát befolyásolják. A hazai kutatások közül csak néhány foglalkozott részletesen a feltöltés helyi befolyásoló tényezőivel. A legtöbb tanulmány szerint a felhalmozódás térbeli mintázatát a parttól való távolság, valamint a hullámtér topográfiája befolyásolja (pl. Kiss és Fejes 2000, Kiss és társai 2002, Szalai és társai 2005, Vass 2007). Ezen kívül igen jelentős lehet a növényzet hatása is (Borsy 1972, Rátky és Farkas 2003), hiszen az 1980-as évektől terjedésnek induló invazív növények jelentősen megnövelték a hullámtér érdességét (Sándor 2011), és emiatt a part menti szűkebb sávban egyre vastagabb hordalék halmozódik fel (Sándor és Kiss 2007, Kiss 2014). Vizsgálták a hullámtér szélességének (Kozák és Rátky 1999, Gábris és társai 2002, Kiss és társai 2002, 2011), a hullámtér beépítettségének (Borsy 1972, Kozák és Rátky 1999), illetve az árvizek hidrológiájában bekövetkezett változásoknak hatását is (Kiss és társai 2002, Nagy és társai, 2001, Sándor és Kiss 2007).

Jelen tanulmányban célunk a szabályozások óta zajló hullámtéri feltöltés mértékének számszerűsítése. A kutatás újdonsága, hogy (1) egy hosszabb folyószakaszon (Csongrád és a szerb országhatár között), illetve (2) nagypontosságú LiDAR felmérést felhasználva elemezzük az akkumuláció mértékét és térbeliségét. A hordalék felhalmozódását befolyásoló tényezők közül célunk megvizsgálni a hullámtér szélességének és a beömlő mellékfolyók (Hármas-Körös és Maros) hatását. A kapott eredmények a gyakorlatban is hasznosak lehetnek, hiszen pontosabb képet kaphatunk arról, hogy egyes helyeken, pontról-pontra hogyan alakul a felhalmozódás, tehát hol és milyen tényezők, milyen mértékben fokozza a feltöltést és lassítja az árvizek levonulását.

MINTATERÜLET

Méréseinket az Alsó-Tiszán végeztük, a Csongrád és a szerb országhatár közötti szakaszon (255-165 fkm, 1. ábra). Itt a meder esése kicsi (1,5-2 cm/km), azonban a Maros torkolata alatt megnagyobbodik (5 cm/km; Lászlóffy 1982). A Tisza finomszem (finom homok és iszap) lebegtetett hordalékának éves hozama Szegednél 12,2 millió m³/év (Bogárdi 1971). A vizsgált szakaszon a Hármas-Körös kevésbé (0,4 millió m³/év), míg a Maros jelentősen (4,3 millió m³/év) növeli a Tisza hordalékhozamát, illetve a Maros durvább szemcsés homokot is szállít a Tiszába (Bogárdi 1971, Vágás 1982). A legmagasabb vízállások Csongrádnál 1037 cm, Mindszentnél 1062 cm, Szegednél pedig 1009 cm, amelyek mindegyikét a 2006. évi árvíz során mérték. A legnagyobb vízhozam Szegeden 4.347 m³/s volt (1932).



1. ábra. A vizsgált terület az Alsó-Tisza hullámtere, amelyet a Tiszára közel merleges szelvények segítségével kisebb területegységekre bontottunk (a). A hullámtér szélessége a vizsgált területen (b)

Figure 1. The study area is the artificial floodplain of the Lower Tisza, which was dissected to smaller areas (a). Downstream width changes of the artificial floodplain (b)

A vizsgált szakaszon a mederszabályozási munkák 1855 és 1889 között zajlottak, összesen kilenc kanyarulatot vágtak át (Pálfai 2001), illetve az 1800-as években elkészült 25 km hosszú partbiztosítás is (Ihrig 1973). Az ármentesítést a folyó két oldalán eltérő időpontokban kezdték: a jobb oldali területeken már az 1830-as években megkezdődtek a munkálatok, míg a balparton csak 1856-ban (Ihrig 1973). Az árvízvédelmi gátak megépítésével a korábbi ártér 94%-ka ármentessé vált (Török 2000). A hullámtér szélessége azonban igen változó lett, a legszűkebb szakaszokon mindössze 360 m (Szeged), míg a legtágabb szakaszokon már 3800 m (Mártély).

A vizsgált szakaszon jelenleg 39 eltérő fejlettségű kanyarulat található, amelyek fejlődését több helyen partbiztosítások korlátozzák. Az első partbiztosítást 1886-ban építették, azonban az intenzív kiépítési időszak az 1930-60-as évekre tehető (Ihrig 1973), de napjainkban is zajlik. Jelenleg az Alsó-Tisza hosszának 51%-a partbiztosított, és leginkább a jobb oldali partvonal mentén helyeztek el rakatokat, hiszen itt az árvízvédelmi töltés több helyen rendkívül közel fut a mederhez.

Korábbi méréseink szerint az Alsó-Tisza középső szakaszán (Mindszent–Mártély) a hullámtér feltöltése átlagosan 0,8 cm/év sebességgel zajlik, azonban évente eltérő térbeli mintázatot mutat (Kiss és Fejes 2000, Kiss és társai 2002, 2004, Sándor és Kiss 2006, 2007). Árvízkor a legtöbb hordalék a partközeli sávban, a folyóhátak és övzátányok felszínén rakódik le (>50 cm), míg a legkevesebb (csupán néhány mm) a hullámtér medertől távolabb eső területeken.

MÓDSZEREK

A szabályozások óta zajló hullámtéri feltöltés vastagságát és térfogatát a hullámtéri és a mentett ártéri

területek magasságkülönbsége alapján határoztuk meg. A hullámtéren 0,5x0,5 m-es felbontású 2014-es LiDAR felvételt (vertikális pontossága $\pm 0,1$ m), míg a mentett oldalon 5x5 m-es felbontású, az 1979 és 1985 között készült M=1:10000 topográfiai térkép alapján létrehozott digitális domborzatmodellt (DDM) használtunk fel. Utóbbi vertikális pontossága ± 70 cm, ami azt sugallja, hogy eredményeink fenntartással kezelendők, de pontosabb eredményekre csak akkor számíthatunk, ha a jövőben a mentett oldalról pontosabb felvételezés készül. A teljes területet felosztottuk a hullámtér középvonalára mentén 1 km-enként (1. ábra), és ezen terület egységeken belül végeztük a magasságkülönbségek meghatározását. A jobb és bal oldali mentett ártéren minden egység 1-1 km² terület. Ezek átlagos tengerszint feletti magasságát hasonlítottuk össze a jobb és bal oldali hullámtéri felszínekkel. Az elemzéseket ArcGIS 10.1 program segítségével végeztük.

A hullámtér vízvezeték-képességét több tényező is befolyásolja, például a víztükör szélessége, a felszín érdessége, egyéb akadályok és maga a feltöltés is (Rátky és Rátky 2009), de jelen tanulmányban célunk csak annak a vizsgálatára, hogy a lerakódott hordalék milyen mértékben csökkentette az árvizek levezetéséhez szükséges térfogatot. Kiszámítottuk, hogy a gátak jelenlegi magassága alapján mekkora lehetett a hullámtér térfogata a gátépítések előtt, majd a felhalmozódott hordalék térfogatát alapul véve kiszámítottuk, hogy a hullámtér eredeti térfogatának hány százaléka „veszett el” a feltöltés miatt, azaz mennyivel romlott az ártér vízvezeték képessége.

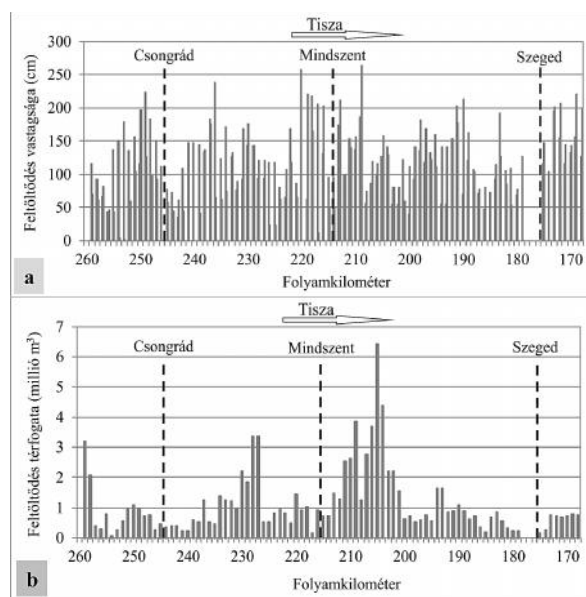
EREDMÉNYEK

A hullámtéri feltöltés általános jellemzői

A hullámtér és a mentett ártéri területek magasságkülönbsége alapján kiszámítottuk, a gátépítések óta zajló feltöltés átlagos értéke 120 cm, ami összesen 90 millió m³ hordalék felhalmozódását jelenti. Ez a Tisza kb. 7 évnnyi lebegtetett hordalékmenyiségének (Bogárdi 1971) felel meg.

A feltöltés vastagsága és térfogata területegységenként jelentős eltéréseket mutat (2. ábra). A legintenzívebb hordalék-felhalmozódású területeken (pl. 201-203 fkm) közel 6,4 millió m³ hordalék halmozódott fel, ami 260 cm vastagságú üledéknek felel meg. A legkevesebb feltöltésű területeken (pl. 251-252 fkm) tizedannyi (0,6 millió m³) üledék akkumulálódott, mindössze 40 cm vastagságban. A legvastagabb feltöltés (>150 cm) az er teljesen beszűkült szakaszokon figyelhető meg, például Csongrád felett (246-248 fkm), Mindszent térségében (215-218 fkm), valamint a Maros torkolata alatti szakaszon (165-171 fkm). Azonban a legnagyobb térfogatú lerakódott üledéket a hullámtér kitáguló részein mértük, például a Szentés és Szegvár közötti tágulatban (223-232 fkm) 2,2-3,3 millió m³-t, valamint Mártély térségében (198-210 fkm) 3,8-6,4 millió m³-t. Ugyanazon szelvényen belül a jobb és a bal parti hullámtéren is jelentős különbségek lehetnek a feltöltés mértékében. Általánosságban jellemző, hogy a jobb oldali hullámtéren fordul elő a vastagabb (80-170 cm) feltöltés, míg a bal parton ez az érték jóval kisebb

(0-80 cm). Ennek oka elsősorban a jobb parthoz közelebb elhelyezett árvízvédelmi töltés.



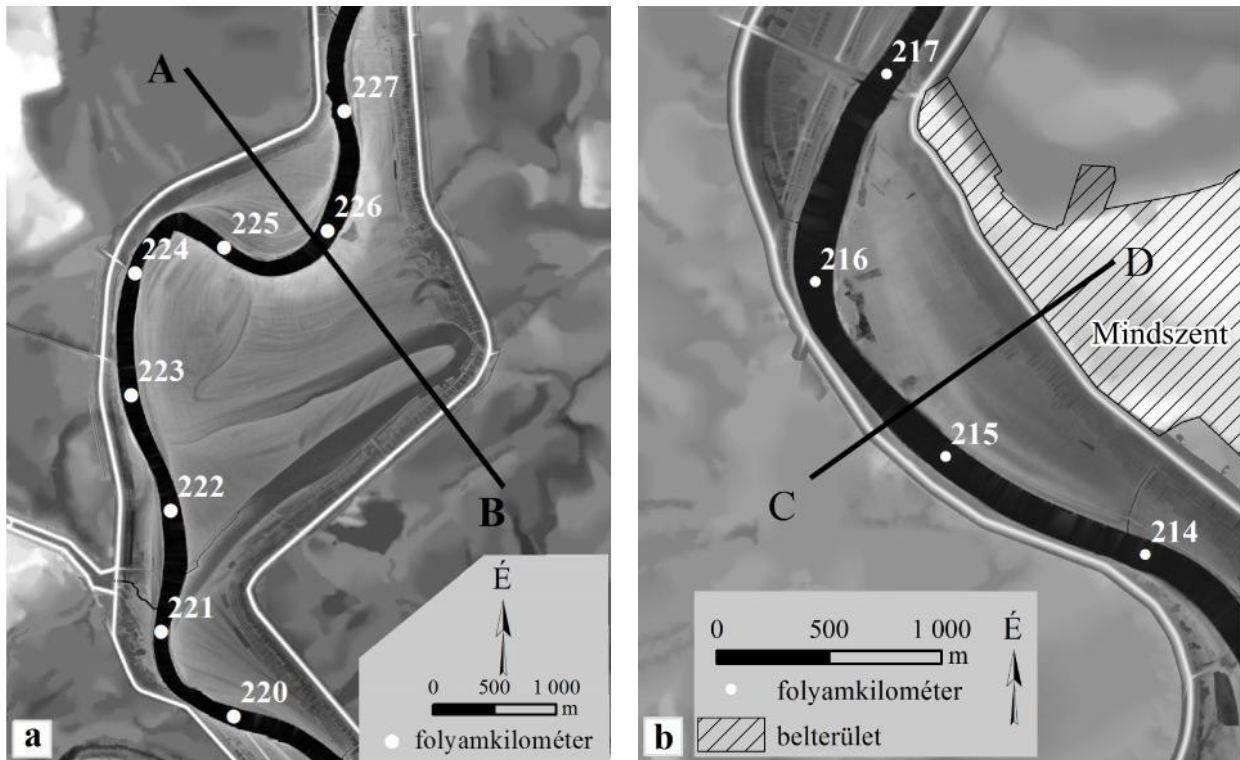
2. ábra. A hullámtéri feltöltés vastagságának (a) és térfogatának alakulása (b) a vizsgált szakaszon folyásirányban lefelé

Figure 2. Depth (a) and volume (b) of the accumulated sediment on the artificial floodplain

Hullámtérszélesség és feltöltés kapcsolata

A fentiek alapján feltételezhető, hogy a hullámtéri feltöltés befolyásolja a hullámtér szélessége is. A vizsgált szakaszon a töltések egymástól való távolsága meglehetősen változó, a területet számos szűkület és kitáguló öblözlet tagolja (1. ábra). Az alsó-tiszai hullámtér Szegednél a legszűkebb (360 m), míg a legtágabb Mártélynál (3800 m), míg átlagos szélessége 1142 m. Míg a jobb oldali hullámtér átlagosan csupán 320 m széles, addig a bal parton ennek kétszerese (635 m).

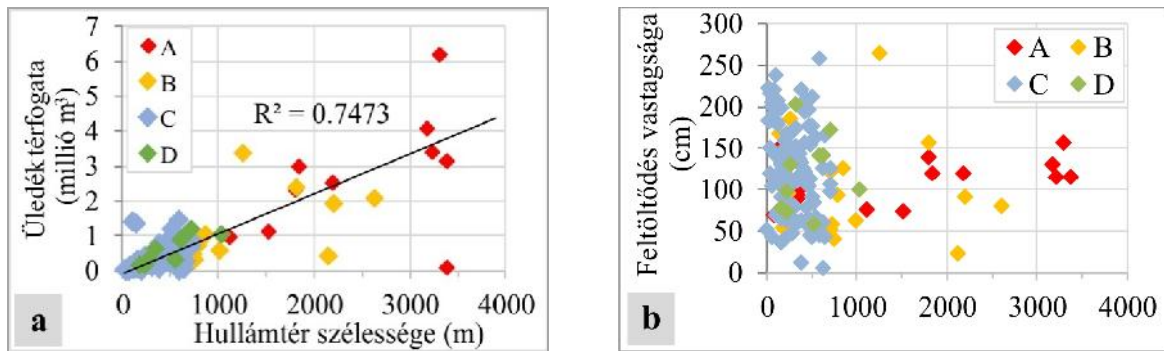
Az eltérő hullámtérszélesség hatására módosuló feltöltés szemléltetésére kiválasztottunk két szelvényt, amelyek közül az egyiknél mindkét oldali hullámtér széles, míg a másiknál a jobb oldali hullámtér nagyon szűk (3. ábra). Az első kereszt-szelvényt Csanytelek–Szegvár vonalában vettük fel (226 fkm) egy olyan kanyarulatban, ahol mindkét oldali hullámtér tág (800 m és 1600 m) és a kanyarulat külső ívén egy 250 m széles és 3 m magas folyóhát alakult ki (3a. és 3c. ábra). A hullámtéri akkumuláció mértéke mindkét oldalon az átlag körüli (120-130 cm). A második kereszt-szelvény Mindszentnél található (215,3 fkm). Itt bal oldali hullámtér széles (600 m), viszont a jobb oldali hullámtér rendkívül szűk, mindössze 50 m (3b. és 3d. ábra). A szűk hely miatt a kanyarulat külső ívén csupán egy 20 m széles és 217 cm magas folyóhát tudott kialakulni, míg a széles bal oldalon a feltöltés vastagsága 50 cm-rel kevesebb (166 cm). Ugyanakkor a hordalék térfogata a tágabb bal oldalon a nagyobb (0,94 millió m³), míg a szűkebb jobb oldalon ennek tizenötöde (0,06 millió m³). Ennek oka, hogy a bal oldalon a hullámtér nagyobb szélessége miatt az árvíz nagyobb területen tudja szétteríteni a szállított hordalékot, így vékonyabb rétegben, de összességében több hordalék rakódott le, mint a szűk hullámtéren.



3. ábra. A hullámtér feltöltése egy széles (a) és egy keskeny hullámtéri területen (b) keresztmetszvények (c-d) alapján
 Figure 3. Aggradation on a wide (a) and on a narrow (b) artificial floodplain and their profiles (c-d)

A teljes vizsgált szakaszon az üledék térfogata és a hullámtér szélessége egyenes arányosságban áll egymással (4a. ábra). A vizsgált hullámtéri egységeket négy csoportra osztottuk a hullámtér szélessége (sz k és tág) és a szélesség folyásirányú változása (sz kül vagy tágul) alapján. Az egyenletesen sz k hullámtér (700 m) egységeiben legfeljebb 1,45 millió m³ hordalék halmozódott fel egységenként. A sz k, de folyásirányban lefelé táguló szakaszok (1000 m) esetében az üledék

térfogata nagyobb, legfeljebb 1,5 millió m³. A tág (1100 m) hullámtereken jelentősen megnőtt a lerakódott hordalék térfogata, ami akár 6,14 millió m³/területegység lehet. Végül a tág, de folyásirányban lefelé sz kül hullámtéri egységeiben a felhalmozódás térfogata lecsökken (max. 3,4 millió m³/területegység), de még mindig nagyobb, mint a sz k hullámtéri egységeiben. Ugyanakkor a felhalmozódott hordalék vastagsága és a hullámtér szélessége nem mutat kapcsolatot (4b. ábra).



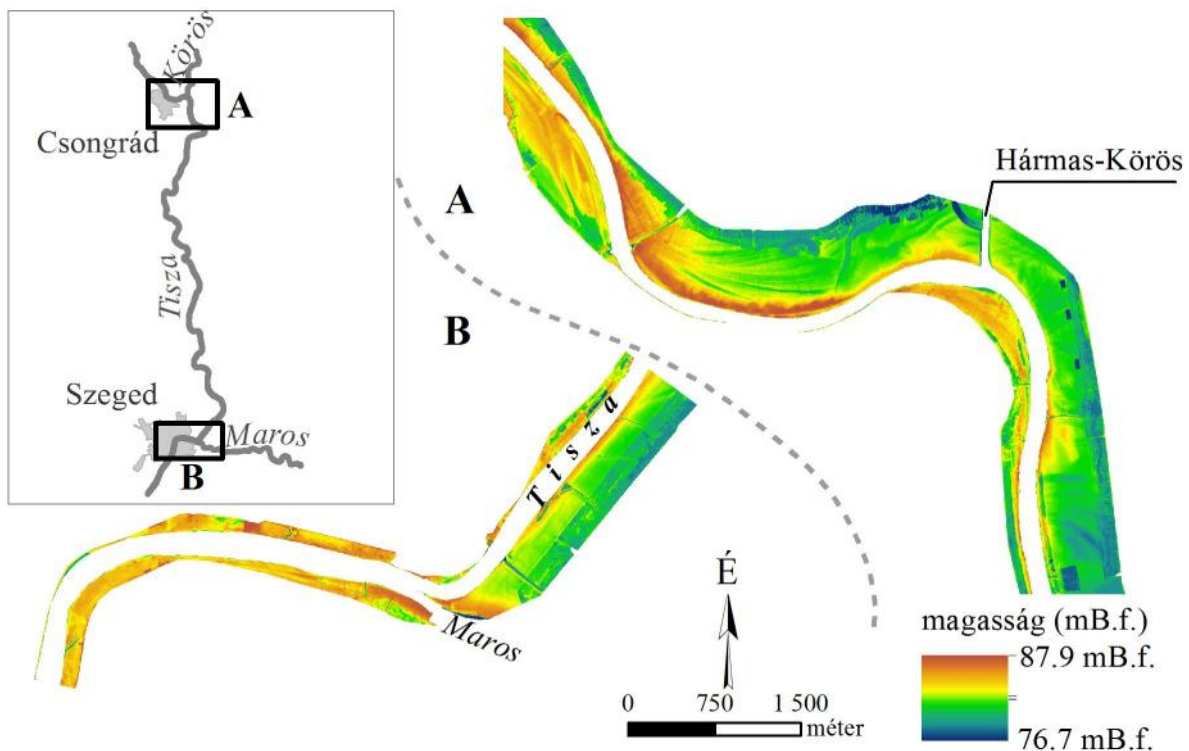
4. ábra. A feltöltés térfogata (a) és vastagsága (b) illetve a hullámtér szélessége közötti kapcsolat (Megjegyzés: A: tág szakasz, B: tág-szűk szakasz, C: szűk szakasz, D: szűk-táguló szakasz)

Figure 4. Correlation between the volume (a) and depth (b) of the deposited sediment and the width of the floodplain (Legend: A: wide floodplain, B: wide but narrowing floodplain, C: narrow floodplain, D: narrow and widening floodplain)

Mellékfolyók hatása a feltöltés dőre

A hullámtéri feltöltés dőre rövidebb szakaszokon, de a hullámtér teljes szélességében befolyásolhatják a betorkolló mellékfolyók (5. ábra). Azonban a Hármaskörös és a Maros feltöltés dőre gyakorolt hatása jelentősen eltér. A torkolatok feletti és alatti 3-4 km-es szakaszokat összehasonlítva megállapítható, hogy a Hármaskörös torkolatától lefelé nem tapasztalható nagyobb vastagságú és térfogatú hordalék-felhalmozódás, míg a Maros esetében igen. A Hármaskörös torkolata feletti szakaszokon a felhalmozódott hordalék vastagsága

100-220 cm, míg az alatti szakaszokon csupán 30-100 cm, tehát a torkolattól lefelé 70-120 cm-rel kevesebb hordalék halmozódott fel. Ezzel ellentétben a Marostorkolat feletti hullámtéren 50-150 cm, míg az alatti már 100-250 cm a hordalék vastagsága, tehát a Marostorkolatától folyásirányban lefelé 50-100 cm-rel nem a feltöltés mértéke. A lerakott hordalék térfogata is hasonló tendenciát mutat, a Hármaskörös torkolata alatt közel 95%-kal kevesebb hordalék halmozódott fel, mint a torkolat feletti szakaszokon, míg a Maros esetében a hordalék mennyisége 150%-kal nem.



5. ábra. A Hármaskörös és a Maros torkolata alatt és felett a hullámtér domborzati viszonyai (Figure 5. Elevation conditions in the vicinity of the confluence of the Hármas Körös and Maros Rivers)

A két mellékfolyó eltérő hatása a hullámtéri feltöltés dőre elsősorban eltérő esésükben, különböző hidrológiai tulajdonságaikban, illetve a szállított hordalék eltérő mennyiségében is keresendő. A Maros viszonylag nagy eséssel (7-9 cm/km) torkollik a jóval kisebb esésű Tiszába (~2 cm/km), így a beérkező vízmennyiség a nagy eséskülönbség miatt lelassul és árvízkor a többlethordalékot a hullámtéren lerakja. Ezt a hatást

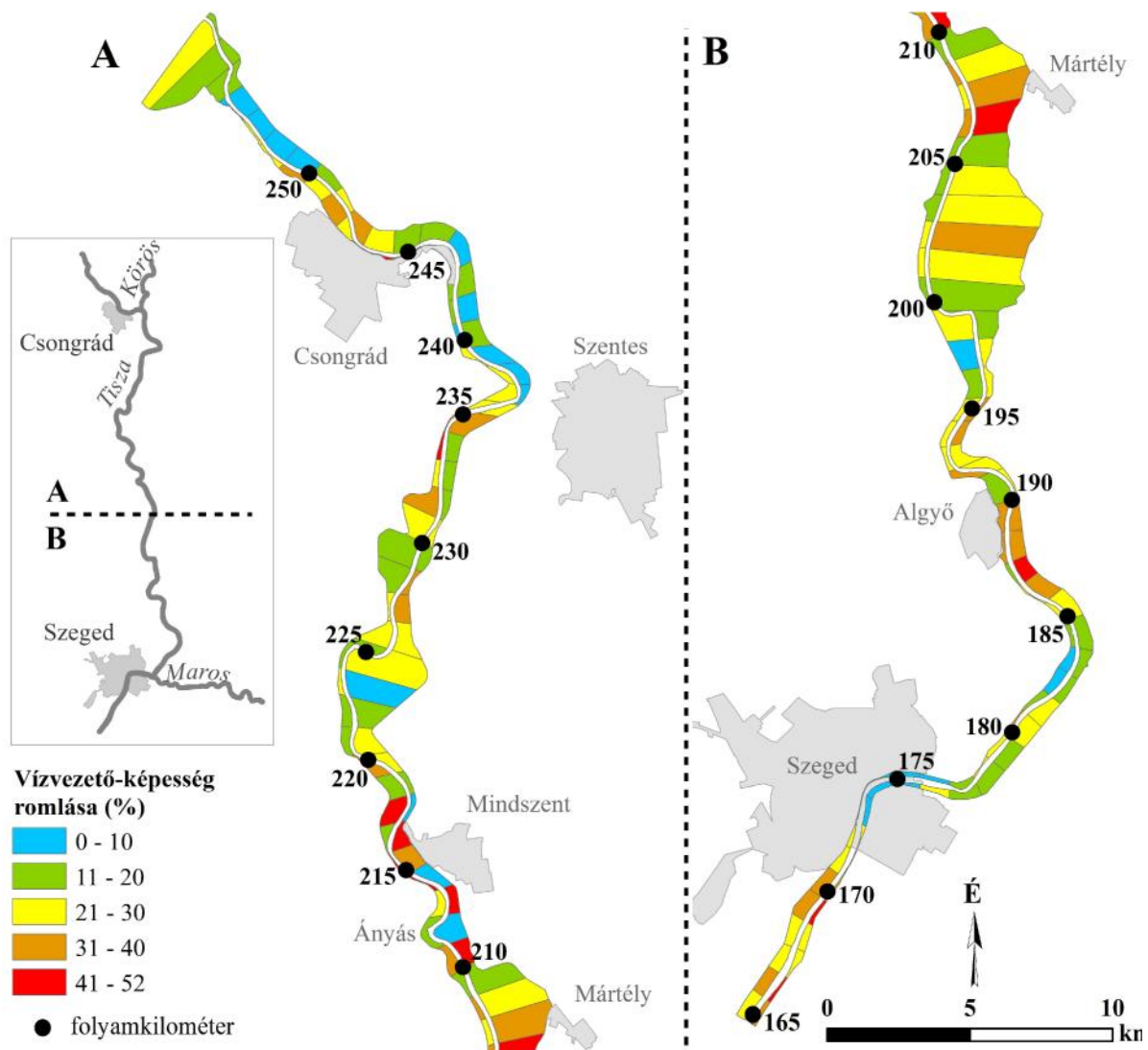
tovább erősíti, hogy ezen a szakaszon a visszaduzzasztott árvizek gyakoriak. Ráadásul a Maros jóval több lebegtetett hordalékot is szállít (4,2 millió m³/év; Bogárdi 1971), mint a Tisza vagy a Körösök, ezért a torkolat alatti, szűk szakaszon a hullámtér feltöltés jelentős. Ezzel ellentétben a Körösök esése (0,5-3,3 cm/km) hasonló a Tiszáéhoz, tehát a vízsebesség kevésbé módosul. Ráadásul a Körösök lebegtetett hordalék-

hozama tizedannyi (0,4 millió m³/év; Bogárdi 1971), mint a Marosé, ami részben a Körösök alföldi szakaszán megépített duzzasztók okoznak (1907: Bökényi-duzzasztó, 1942: Békésszentandrási-duzzasztó). A két mellékfolyó eltérő hatását fokozhatja a hullámtér-szélesség változása is. A Körösök esetében a torkolat alatti és feletti szakaszokon a hullámtér közel azonos szélesség és csak kis mértékben szélesedik (690 m-ről 740 m-re), míg a Maros torkolata alatt a hullámtér teljesen beszűkül (840 m-ről 1470 m-re), ami fokozza a feltöltés mértékét.

Feltöltés és vízvezetőképesség kapcsolata

A hullámtér feltöltése jelentősen csökkentheti a hullámtér vízvezetőképességét. Ez azért lényeges, mert a felhalmozódott hordalék térfogatának növekedésével csökken az a hullámtéri térfogat, amely az árvizek levezetését szolgálja (6. ábra). A hullámtér jobb és bal oldalán átlagosan közel azonos mértékben (23,7%-kal és

21,4 %-kal) romlott a vízvezetőképesség, azonban ez területileg meglehetősen mozaikos képet mutat. Néhány helyen 41-52 %-kal csökkent az árvízvezetőképesség, tehát itt a levonuló árvizek számára közel csak fele akkora hely áll rendelkezésre, mint közvetlenül az ármentesítések után. A legintenzívebb hordalék-lerakódás Szentesenél a hullámtér jobb oldalán (233,1-234,1 fkm), Mindszent térségében elég hosszú szakaszon, felváltva a jobb és bal oldali hullámtéren (212,6-218 fkm), az Ányási-kanyarulattól délre a bal parti hullámtéren (210-211 fkm), Algyőnél a balparton (187-187,8 fkm), valamint Szeged alatt két helyen a bal oldali hullámtéren (168,7-169,7 fkm és 165,7-168,7 fkm) figyelhető meg. A Mártélyi-holtág alvizi ága alatt a bal oldalon (206,1-207,1 fkm) szintén kicsi a hullámtér vízszállító képessége, de ez nem a hullámtér feltöltéséből adódik, hanem abból, hogy egy 1-2 m-rel magasabb ártéri szint nyúlik be a jelenlegi hullámtérre



6. ábra. A hullámtér feltöltése miatt a hullámtér vízvezetőképességének romlása
Fig. 6. Decrease in flood conductivity due to overbank aggradation

ÖSSZEGZÉS

Jelen tanulmányban az Alsó-Tisza menti hullámtér feltöltésének mértékét vizsgáltuk. A hullámtérrel készült LiDAR felvétel feldolgozása rávilágított arra,

hogy a feltöltés mértéke helyről helyre jelentősen változik. Ezzel magyarázható, hogy a korábbi pontszerű vagy kis területet érintő mérések meglehetősen sokféle eredménnyel szolgáltak.

Számításaink szerint a szabályozások óta eltelt közel 150 évben átlagosan 120 cm vastag hordalék halmozódott fel, amely 0,8 cm/év felhalmozódási ütemnek felel meg. De egy-egy árvíz során ennél jóval vastagabb hordalék is lerakódhat, hiszen nem minden évben lép ki a Tisza a hullámtérre. Más hazai, a Tisza menti hullámtéri feltöltésre irányuló kutatások is közel hasonló eredményre jutottak. *Koncsos és Kozma (2007)* a teljes magyarországi szakaszra 0,77 cm/év felhalmozódást becsült. *Gábris és társai (2002)* a Közép-Tiszán 0,1-0,5 cm/év feltöltést, míg *Vass és társai (2009)* 0,2-1 cm/év ütem hordalék-felhalmozódást mért. Az Alsó-Tisza menti méréseink 0,3-0,8 cm/év feltöltést mutattak (*Sándor és Kiss, 2006, 2007*).

Ugyanakkor bebizonyítottuk, hogy a felhalmozódás vastagsága a Tisza mentén nem egyenletes, hiszen a vizsgált területegységekben a feltöltés összvastagsága 40-260 cm között változik. Ezt alapvetően befolyásolja a hullámtér szélessége: szűkebb területeken vastag (egyes helyeken akár 250-260 cm), de kis mennyiség (legfeljebb 1,4 millió m³), míg hullámtéri öblözetekben vékonyabb (van ahol csupán 40-50 cm), de nagyobb térfogatú (legfeljebb 6,14 millió m³) hordalék halmozódott fel. A feltöltést a hullámtér szélessége mellett befolyásolhatják a beömlő mellékfolyók is. A vizsgált szakaszon jelentős hatása a Marosnak van, hiszen a torkolat alatti 3-4 km-es szakaszon az üledék vastagsága 50-100 cm-rel, míg térfogata a 1,5-szeresére növekedett. Ugyanakkor a Körösök torkolata alatt 70-120 cm-rel kevesebb hordalék rakódott le, illetve az üledék térfogata is 18-szor kevesebb, mint a torkolat felett.

A hullámtéri feltöltés fontos következménye a hullámtér átfolyási-keresztmetszet csökkenése, amely átlagosan 22,6%. Vizsgálatunk alapján kijelölhetők azok a kitüntetett helyek (Szentés, Mindszent, Ányás, Algyés térségében, illetve Szeged térségében), ahol a csökkenés a 40%-ot is meghaladja. Ezen szakaszokon célszerű lenne a hullámtérre az árvizek levonulásának segítése, hiszen a nagyobb vízsebesség víztömegből kevesebb hordalék rakódhat le. Ugyanakkor a probléma pontosabb feltárásához ezeken a helyeken a mentett oldalról is jobb vertikális felbontású domborzatmodell szükséges.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást az OTKA 119193 sz. pályázata támogatta. Az adatokért köszönet illeti az ATIKÖVIZIG munkatársait.

IRODALOM

Balogh J., Nagy I., Schweitzer F. (2005). A Közép-Tisza menti geomorfológiai adottságainak és a hullámtér feliszapolódásának vizsgálata mintaterületeken. *Földrajzi Értesítő*. 54 (1-2), 29-59.

Bogárdi J. (1971). Vízfolyások hordalékszállításai. Akadémiai Kiadó, Budapest. p. 838.

Borsy Z. (1972). Üledék- és morfológiai vizsgálatok a Szatmári-síkságon az 1970. évi árvíz után. *Földrajzi Közlemények*. 96 (1), 38-43.

Fiala K., Kiss T. (2005). A középvízi meder változásai az 1890-es évektől az Alsó-Tiszán. *Hidrológiai Közlöny*. 85 (3), 60-65.

Gábris Gy., Telbisz T., Nagy B., Belardinelli, E. (2002). A tiszai hullámtér feltöltésének kérdése és az üledékképzés és geomorfológiai alapjai. *Vízügyi Közlemények*. 84 (3), 305-322.

Ihrig D. (1973). A magyar vízszabályozás története. OVH, Budapest. p. 398.

Károlyi Z. (1960). A Tisza mederváltozásai, különös tekintettel az árvízvédelemre. VITUKI 8. Budapest. p. 102.

Kiss T. (2014). Fluviális folyamatok antropogén hatásra megváltozó dinamikája: egyensúly és érzékenység vizsgálata folyóvízi környezetben. Akadémiai doktori értekezés, Szeged, pp. 56-57.

Kiss T., Fejes A. (2000). Flood caused sedimentation on the foreshore of the River Tisza. *ACTA Geographica Szegediensis*. 37, 51-54.

Kiss T., Oroszi V., Sipos Gy., Fiala K., Benyhe B. (2011). Accelerated overbank accumulation after nineteenth century river regulation works: A case study on the Maros River, Hungary. *Geomorphology*. 135, 191-202.

Kiss T., Sipos Gy., Fiala K. (2002). Recens üledékfelhalmozódás sebességének vizsgálata az Alsó-Tiszán. *Vízügyi Közlemények*. 84 (3), 456-472.

Kiss T., Sipos Gy., Oroszi V., Barta K. (2004). Üledékfelhalmozódás mértékének vizsgálata a Maros és az Alsó-Tisza hullámtérén. II. Magyar Földrajzi Konferencia (CD kiadvány), Szeged, 1-22.

Koncsos L., Kozma Zs. (2007). A hullámtéri feltöltés becslése a Tisza magyarországi szakaszán. *Hidrológiai Közlöny*. 87 (5), 59-63.

Kozák M., Rátky I. (1999). Hullámtér szélességének és beépítettségének hatása az árvízszintekre. *Vízügyi Közlemények*. 81 (2), 311-317.

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

Nagy I., Schweitzer F., Alföldi L. (2001). A hullámtéri hordalék lerakódás (övezet). *Vízügyi Közlemények*. 83 (4), 539-564.

Pálfai I. (2001). Magyarország holtágai. Közlekedési és Vízügyi Minisztérium, Budapest.

Rátky I., Farkas P. (2003). A növényzet hatása a hullámtér vízszállító képességére. *Vízügyi Közlemények*. 85 (2) 246-265.

Rátky I., Rátky É. (2009). Lehetséges a Tisza vízszállító-képességének javítására. *Hidrológiai Közlöny*. 89 (1) 35-44.

Sándor A. (2011). A hullámtér-feltöltés folyamatának vizsgálata a Tisza középső és alsó szakaszán. Doktori értekezés, Szegedi Tudományegyetem

Sándor A., Kiss T. (2006). A hullámtéri üledékfelhalmozódás mértékének vizsgálata a Közép- és az Alsó-Tiszán. *Hidrológiai Közlöny*. 86 (2), 58-62.

Sándor A., Kiss T. (2007). A 2006. tavaszi árvíz okozta feltöltés mértéke és az azt befolyásoló tényezők

vizsgálata a Közép-Tiszán, Szolnoknál. *Hidrológiai Közlöny*. 87 (4), 19-24.

Szalai Z., Baloghné Di Gléria M., Jakab G., Csuták M., Bádonyi K., Tóth A. (2005). A folyópartok alakjának szerepe a hullámtereken kiülepedő üledék szemcse- és nehézfém frakcionációjában, a Duna és a Tisza példáján. *Földrajzi Értesítő*. 54 (1-2), 61-84.

Török I. Gy. (2000). Az alföldi folyók hullámterének szerepe és hasznosítása. In: Pálfi I. (szerk.): A víz szerepe és jelentősége az Alföldön. Békéscsaba. 125-132.

Vágás I. (1982). A Tisza árvizei. *Vízügyi*

Dokumentációs és Továbbképzési Intézet, Budapest, p. 283.

Vágás I. (2001). Az ezredforduló árhullámai a Tiszán. *Magyar Tudomány*. 48 (8), 958-966.

Vass R. (2007). Adalékok a mentett ártéri és hullámtéri feltöltéshez a Beregi-síkon a 2001. évi tiszai árvíz tükrében. *Acta Geographica ac Geologica et Meteorologica Debrecina*. 2. 229-235.

Vass R., Szabó J., Tóth Cs. (2009). Ártéri morfológia és akkumuláció kapcsolata felső-tiszai mintaterületeken. In: Kiss T. (szerk.): Természetföldrajzi folyamatok és formák. Szeged, 1-11.

A SZERZŐK



NAGY JUDIT az SZTE Földtudományok Doktori Iskola PhD-hallgatója. 2014-ben földrajz BSc szakon végzett, majd 2016-ban okleveles geográfus diplomát szerzett a Szegedi Tudományegyetemen. Kutatási témája folyóvízi felszínformálás, azon belül is az Alsó-Tisza menti hullámtér feltöltésének és befolyásoló tényezők vizsgálata.

KISS TÍMEA egyetemi docens az SZTE-TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszékén. 1994-ben biológia-földrajz szakos tanárként végzett a Debreceni Egyetemen. A

PhD fokozatot 2001-ben, a DSc fokozatot 2015-ben szerezte meg. Főbb kutatási területei az antropogén geomorfológia, folyóvízi folyamatok vizsgálata, futóhomok területek felszínfejlődése, pollenanalízis és dendrológia geomorfológiai kutatásokban való alkalmazása. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja 2001 óta.

FIALA KÁROLY osztályvezető helyettes, Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság, Vízgazdálkodási és Vízügyi Monitoring Osztály munkatársa. 2004-ben okleveles geográfus diplomát szerzett a Szegedi Tudományegyetemen. Feladat körébe elsősorban szakértői vélemények készítése, és fejlesztési tervek kidolgozása tartozik. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja 2006 óta.

Hozamváltóási teszt hatásának modellezése a Tatabánya XV/C vízakna hatásterületén

Székely Ferenc*, Csepregi András**, Izápy Gábor**, Tóth Mária***

* MTA doktor, c. egyetemi tanár, 1204 Budapest Bocskai utca 13. e-mail: fszekelydsc@gmail.com

** Hydrosys Kft.

*** ÉDV Zrt.

Kivonat

A Tatabánya XV/C vízakna felújításának részeként 2015-ben próbatermeltetést végeztek. Az egykori szénbányából fúrt csapoló kutakban változó hozamú szivattyúzást végeztek, ennek hatását részletesen két észlelő kútban mérték. A mérések alátámasztották a függőleges átszivárgás jelentőségét, a sugár irányú heterogenitás hatását szerkesztették a bi-zonális tároló modell alapján vették számításba. A WT kúthidraulikai és PEST kalibrációs szoftverek alkalmazásával végzett paraméterbecslés során jó illeszkedést lehetett elérni a mért és számított depressziók között. A kutakhoz közeli és távoli zónákban meghatározott transzmisszivitás és tárolási tényezők között egy nagyságrendnyi különbség mutatkozott, a magasabb értékek a távoli zónát jellemzik.

Kulcsszavak

Dachsteini mészkő, függőleges átszivárgás, több kutas teszt, változó vízhozam, észlelő kutak, bi-zonális tároló, paraméterbecslés.

Modelling the effect caused by changing the production rate at the waterworks Tatabánya XV/C

Abstract

The abstraction wells of the waterworks Tatabánya XV/C are drilled from and operated in the closed deep coal mine. As a part of reconstruction a variable rate test pumping was carried out in 2015. The detailed drawdown response was measured in two monitoring wells. The measurements confirmed the applicability of the leaky aquifer option whereas the radial heterogeneity necessitated involvement of the two-zone formation model setup. The WT software was applied in well flow modelling whereas the PEST software was used in parameter estimation. The fitting of measured and simulated drawdown data resulted in low and high transmissivity and storativity in the near and far zones, respectively.

Keywords

Dachstein limestone, leaky aquifer, multi-well test, variable pumping rate, monitoring wells, two-zone aquifer model, parameter estimation.

EL ZMÉNYEK

A XV/C vízaknát 1965-ben mélyítették a XV/C jelű bánya víztelenítése és vízbetörések elleni védelme céljából. 1975-től a kiemelt víz, ivóvíz-minőség része Tatabánya és térségének ivóvízellátását is biztosította.

A XV/C vízakna tervezésénél messzemenyen figyelembe vették a Tatabányai-medence szerkezeti felépítését. A medence három egységből áll, a kiemelt helyzetben lévő Ny-i és K-i blokkból és a köztük húzódó mélyebb helyzetű Középső tektonikai árokból áll. A XV/C vízaknát a tektonikai árok Ny-i szélére telepítették, ahonnan a fedő márga rétegekkel karsztvíz veszély nélkül lehetett kihajtani a csapoló vágatokat és a csapoló fúrásokat (BKMI Kft. 1999). A vízakna környezetében, a széntelep fekéjében a felső triász Dachsteini mészkő alkotja a fúrt karsztvíz tárolót. A vízaknából indított csapoló vágat, és a vágatból létesített vízszintes vagy ferde helyzetű, csápszerű csapoló fúrások a jó vízáradó Dachsteini mészkövet tárták fel. A fedő eocén és oligocén rétegeket vízáró márga és agyagrétegek alkotják. Vastagságuk a Ny-i tektonikai blokkban átlagosan 100–120 m, a keletiben 150–300 m, a tektonikai árokban pedig eléri a 350–500 m-t (I. ábra). Az egykori mélyvelésű bányákkal feltárt széntelepessé az eocén márga alsó részén húzódott, ezért a tatabányai szénbányászat fejlesztését kezdett el

fogva megnehezítették a gyakori karsztvíz betörések. A valamikori vízbetörési helyek, mint hidraulikai ablakok, jelenleg is hidraulikai kapcsolatot biztosítanak az ún. öregségi vizek és a karsztvíztároló között.

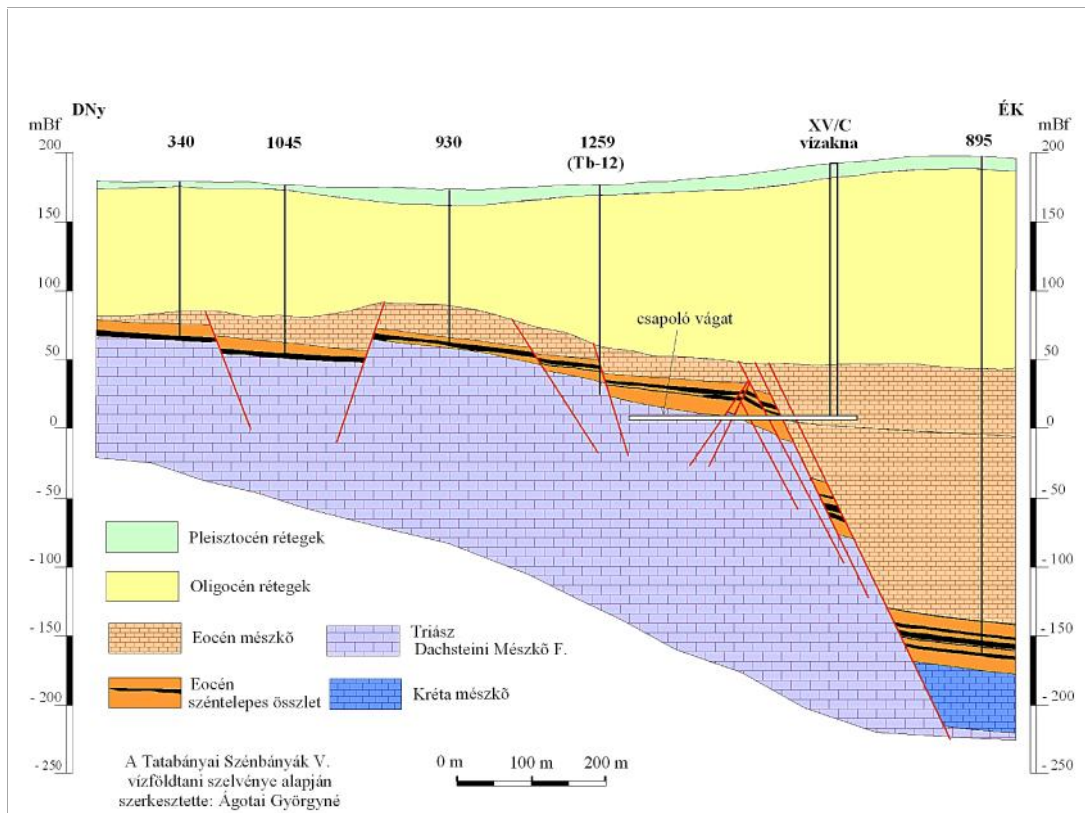
Az aknát 194 mBf szintre kezdték kihajtani, a vágatvég szintje +9,41 mBf (BKMI Kft. 1999). A 370 m hosszú csapoló vágat, illetve a kerületi vágat végétől 19 db, összesen 230 m hosszú csapoló fúrást mélyítették. A csapoló rendszer névleges kapacitása a kiépítés idején elérte a 70 000 m³/nap-ot, ami a csapoló fúrások egymásra hatása és a térségi bányavíz emelés következtében kialakult karsztvízszint-süllyedés hatására 30 000 m³/nap-ra csökkent (VITUKI Rt. - BKMI Kft. 2002).

A vízakna kettős funkciója, a Tatabányai-medence szénvagyonának kimerülése következtében, az 1985. évi bányabezárással megszűnt. A depressziós tölcser-fenntartására a továbbiakban nem volt szükség.

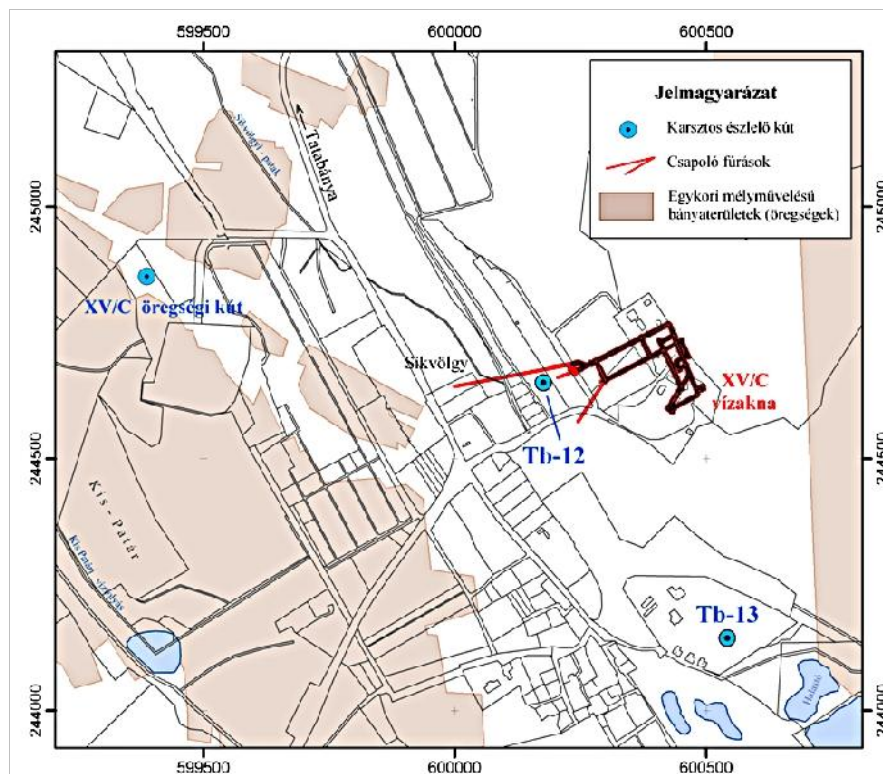
A vízaknát 1993-ig a Tatabányai Szénbányák, 1993–98 között a Karsztaqua Kft. üzemeltette. A karsztos tároló 1990-ben megindult visszatöltésével a kényszerű víz-emelés aránya is növekedett, ami arra késztette az üzemeltetőt, hogy a vízvágatban műszaki beavatkozásokat hajtson végre: 1995-ben a csapoló fúrások elhagyott vágatszakaszaiban megépült egy bűvös csöves vágat, amely a

csapoló fúrások egy részénél a vizet megtartja. A gát mögöl a karsztvíz nyomócsövön keresztül jut a centrifugál szivattyúkhöz. A beavatkozással a víztermelés hatékonysága jelent sen javult. A kényszer en emelt vízmennyiség aránya, továbbá a nem ivóvíz min ség vízkiemelés

mennyisége jelent sen csökkent. A vízgát mögött a csapoló fúrásokban kialakult nyomás hasznosításával - nyomásfokozással - lehetett a vizet a térszínre juttatni. Jelenleg is ezzel az üzemmóddal termel a vízakna (VITUKI Rt. - BKMI Kft. 2002).



1. ábra. A Tatabánya XV/C vízakna környezetének földtani szelvénye
Figure 1. Geologic section of the waterworks Tatabánya XV/C



2. ábra. A vízakna környezetének áttekintő térképe
Figure 2. Map of the study area

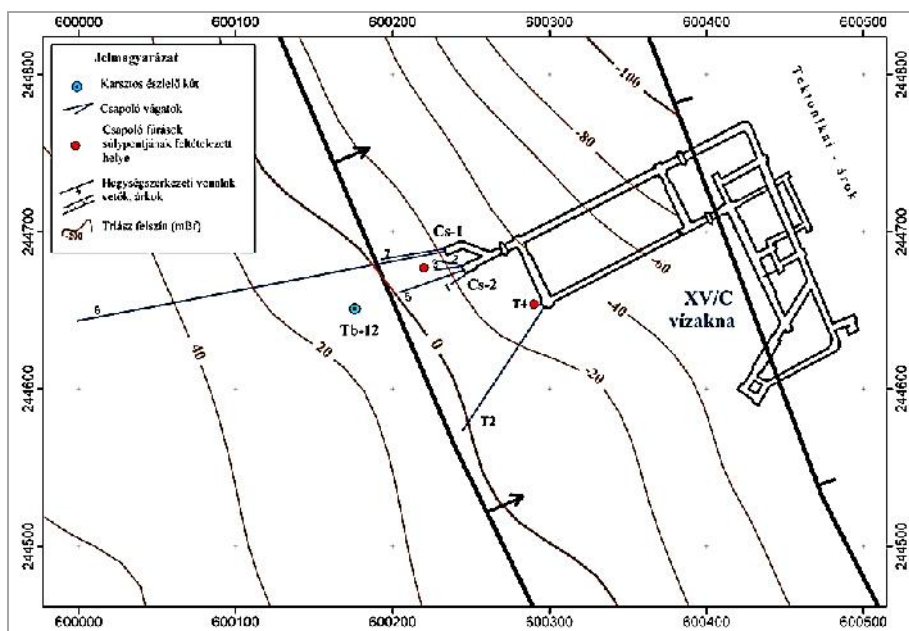
A víztermelés biztonságát az építés idején alkalmazott intézkedésekkel - többoldalú elektromos energiaellátás, jelentős tartalék szivattyúkapacitás stb. - a kettős funkcionális megfelelő biztonsággal építették ki.

1998-ban a Tatabánya XIV/A és XV/C vízakna üzemeltetési jogát az ÉDV Zrt. kapta meg, azóta a két vízaknát - mint Víztermelő Bányáüzemet - a Vízmező üzemelteti.

2014–15-ben megvalósult a XV/C vízakna átalakítása és biztonságba helyezése a „Környezet és Energia Operatív Program” keretében. Felújították a bányatársági, aknábeli csatlakozásokat, villamos és gépészeti berendezéseket, új irányítástechnikai rendszert alakítottak ki. A vízakna vízellátás biztonságát növelte a T-2 és T-4 csapoló fúrások létesítése. A vízakna környezetének áttekintő térképe az 2. ábrán, a vágatok, csapoló fúrások részletes helyszínrajza a 3. ábrán látható. A fejlesztések és a tároló

regenerálódása következtében, a vízakna kapacitása eléri a létesítés idején mért értékét.

2015. október 1. és november 10. között megtörtént az új csapoló fúrások próbatermeltetése. A víztermelés távolhatása a környező vízügyi kezelésben lévő észlelőkutakon és a Tatabánya XV/C öregségi észlelőkúton is kimutatható volt. Az elvégzett próbatermeltetés kiértékelése lehetőséget adott a vízakna körüli tároló rész - a vízáadó Dachsteini mészkő - hidraulikai paramétereinek újbóli meghatározására. A méréseket és kiértékeléseket egyrészt az új csapoló fúrások kiépítése, másrészt a karsztvíztárolóban az elmúlt 14 évben - a vízakna biztonságba helyezését megalapozó diagnosztikai munkák befejezése óta (VITUKI Rt. - BKMI Kft. 2002) - lezajlott mintegy 20 m-es nyomásemelkedés is indokolja. Mindkét tényező meghatározó a vízakna jövőbeli üzemeltetési rendje szempontjából, ezért indokolt a tároló rész hidraulikai paramétereinek felülvizsgálata.



3. ábra. A csapoló fúrások részletes helyszínrajza
Figure 3. Location map of the abstraction wells

A HOZAMVÁLTOZÁSI TESZT ISMERTETÉSE

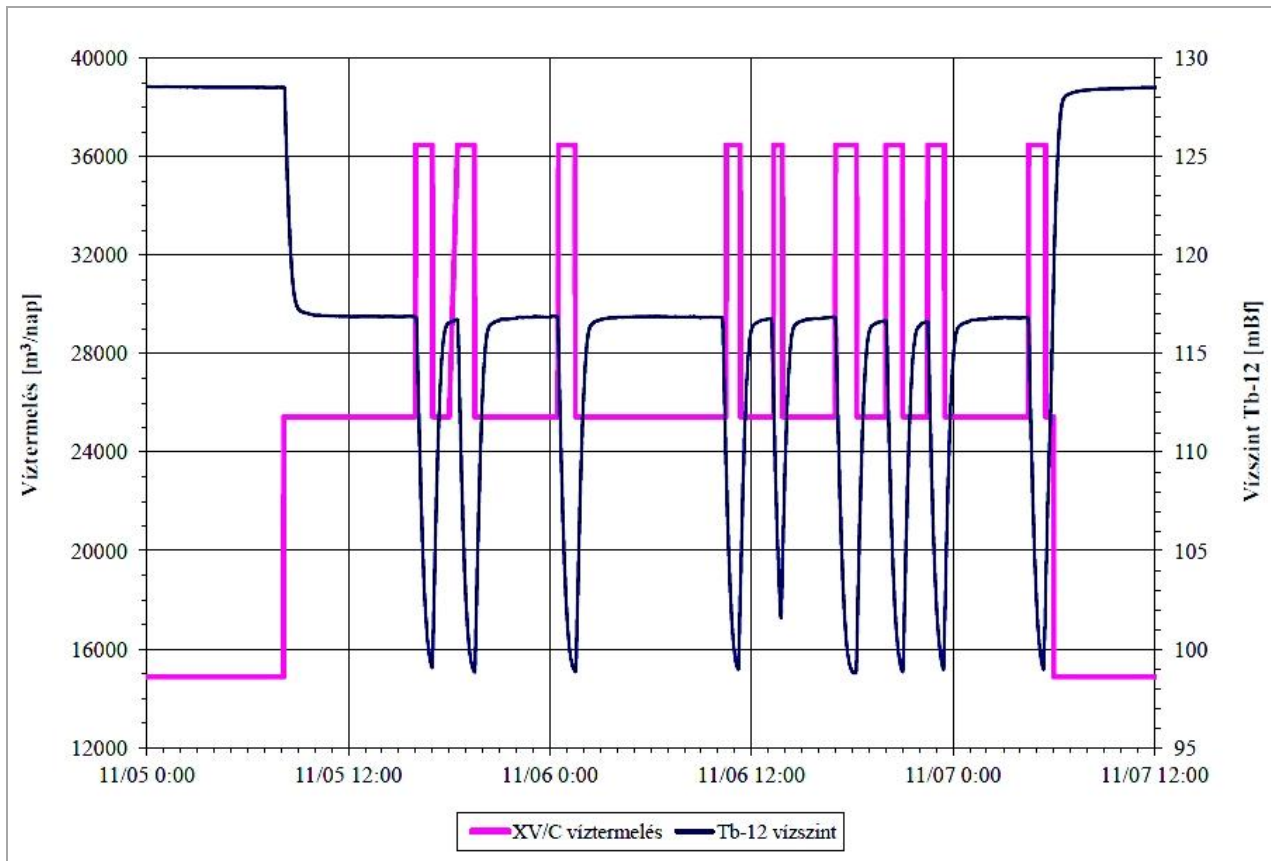
A XV/C vízaknában 2015. november 5–7. között az ÉDV Zrt. hozamváltozási tesztet végzett. A nyomásmérések kivitelezését és elsődleges értelmezését a Hydrosys Kft. végezte (Hydrosys Kft. 2015).

A depressziós hatás megfigyelésére 2015. november 3–11. között a kivitelezés a Tb-12 észlelőkútban (2. ábra) egy 30 m-es mérés határú vízszintregisztráló műszert üzemeltetett. A hozamváltozási teszt alatt a mérési gyakoriságot 2 percere állították be. A teszt időszakban értékelhető vízszint adatokat nyertek ki a Vízmező kezelésében lévő Tb-XV/C öregségi kútból is (2. ábra), ahol a mérési gyakoriság 1 óra volt.

A hozamváltozási teszt november 5-én 08:20-kor kezdődött és november 7-én 06:00-kor fejeződött be. A szivattyúk ekkor a termeléssel a kiindulási alapállapotba álltak vissza (4. ábra).

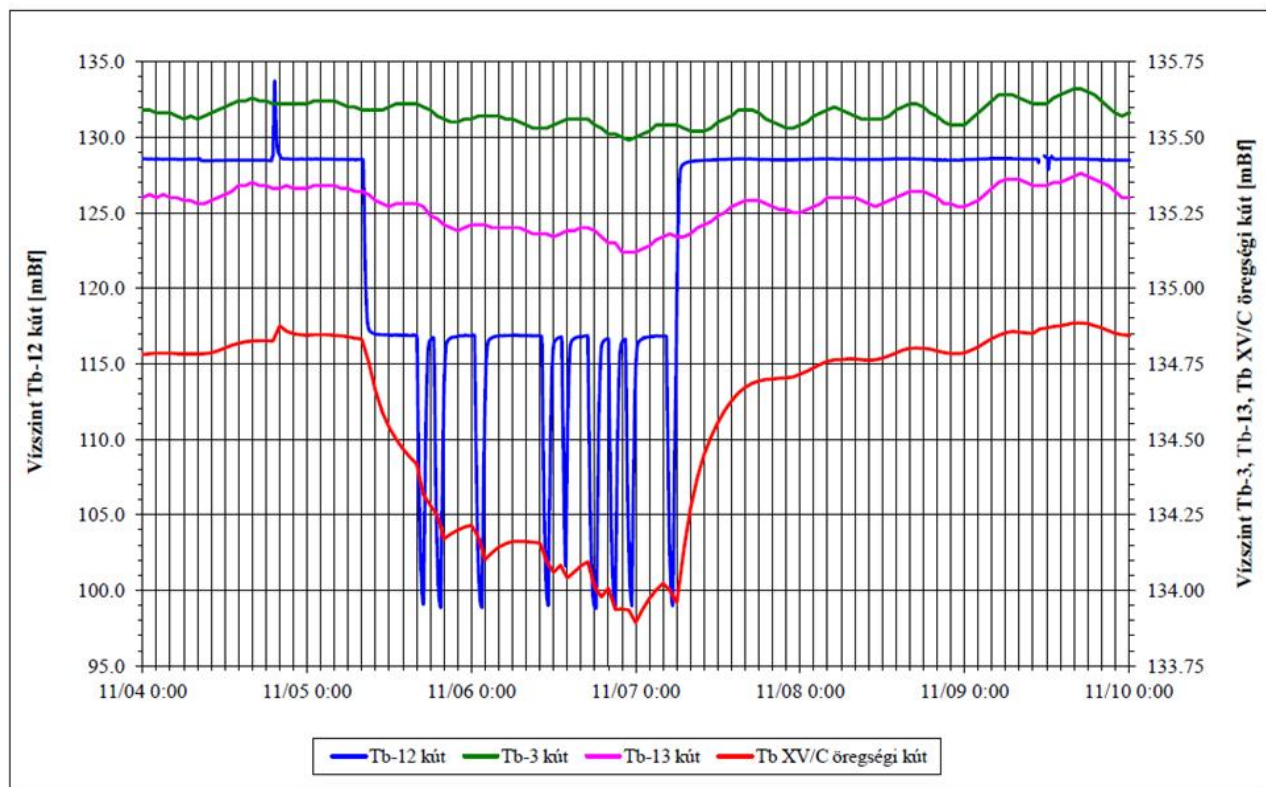
A Tb-12 észlelőkútban a vízszintek a különböző hozamok mellett gyorsan stabilizálódtak, a szivattyúzás és visszatöltés során egy órán belül 90–95 %-ra megközelítették a permanens állapotot (4. ábra). Jól látható, közel 1 m-es depressziós hatás jelentkezett a vízaknától Ny-ÉNy-ra, 800–900 m távolságban lévő öregségi kútban.

A XV/C vízakna hozamváltozásának hatása további két észlelőkúton is megfigyelhető volt. A Tb-3 és Tb-13 észlelőkutak adatait a kezelő ÉDUVIZIG bocsátotta a rendelkezésre. A két kút a nagyobb távolság, ill. a Tb-13 kút esetében az eltérő vízföldtani viszonyok következtében kisebb mértékben reagált a termelési hatásokra. A DK-re, kb. 600 m-re lévő Tb-13 kútban -0,22 m, a kb. 3 km-re DNY-i irányban létesített Tb-3 kútban -0,13 m volt a vízszintsüllyedés (5. ábra). A többlettermelés leállása után a vízszintek mintegy 2 nap alatt érték el a vizsgálat előtti állapotukat, a Tb-12 kút esetében ez kb. 2 óra alatt megtörtént.



4. ábra. A XV/C vízakna hozamváltozásának hatása a Tb-12 észlelő kútra

Figure 4. Pumping rate variation of the waterworks XV/C and water level change in monitoring well Tb-12



5. ábra. Mért vízszintváltozások a térség észlelő kútjaiban

Figure 5. Measured water level variation in monitoring wells of the area

A HOZAMVÁLTOZÁS DEPRESSZIÓS HATÁSÁNAK MODELLEZÉSE

Az el z ekben ismertetett vízszintváltozások a Q hozamváltózás által létesített s járulékos depresszióknak tekinthet k és ennek alapján lehet ség nyílt a $Q - s$ kapcsolatra épül kúthidraulikai módszerek alkalmazására.

A modellezett id szakban a T-4 jel csapoló fúrásban (3. ábra) a megel z id szakhoz képest a vízhozamot egy állandósult, $Q = 10.560 \text{ m}^3/\text{nap}$ értékkel megnövelték.

Az összesen hat csapoló fúráshoz csatlakozó Cs-1 és Cs-2 szivattyúk képezik a Cs-1-2 kútként kezelt második víztermelési centrumot (3. ábra). A kúthidraulikai elemzésnél ezt a virtuális kutat a víztermelés középpontjában helyeztük el, ennek kezdeti becsült helyzetét a modellezés során kismérték módosítással véglegesítettük. Ebben a kútban az üzemeltet $Q = 10.400 \text{ m}^3/\text{nap}$ hozamú szakaszos, pulzációs jelleg termelés-növekedéseket létesített a rövid idej nyomásterjedések megfigyelésére.

A hidrogeológiai értelmezés során a közeli Tb-12, valamint a távolabbi Tb-XV/C ún. öregségi kútban regisztrált vízszintváltozásokat modelleztük. A két észlel kút a T-4 csapoló fúrástól 114 illetve 928 m távolságban található. A Cs-1-2 képzetes kúttól mért távolságuk 51 és 854 m. A vízhozam változások hatására fellép járulékos depresszió mért értékeit a 6. és 7. ábrákon látható pontok jelölik.

A 2 termel és 2 észlel kutat magába foglaló kúthidraulikai modellezés a WT (WellTest) szoftver (Székely 2006, 2015) felhasználásával történt két szakaszban.

Az els szakasz céljai: 1) a megfelelő kúthidraulikai modell kiválasztása, 2) a CS-1-2 szivattyúzási centrum helyének véglegesítése, valamint 3) a szivárgáshidraulikai paraméterek els dleges becslése volt. Ebben a fázisban a két észlel kút depressziójának modellezése eltér paraméterekkel, homogén tároló modellek feltételezésével, analitikus módszerrel történt.

A depresszió számítására a Q hozammal megcsapolt réteg T transzmisszivitásának, S tárolási tényez jének valamint a fed réteg B függ leges átszivárgási tényez jének a hatását is magába foglaló képletet alkalmaztuk. A vízadó mészk re rátápláló fed réteget a lefejtett eocén szenes rétegekben kialakult öregségek és a felette húzóód felszakadozott zóna alkotják. A fentiek alapján az r távolságban és t id ben fellép $s(r,t)$ depresszió az alábbi összefüggéssel számítható (Hantush-Jacob 1955):

$$s(r,t) = (Q/4 T) W(u,v)$$

$$\text{ahol } u = r^2 S(4Tt)^{-1} \text{ és } v = r(B/T)^{1/2}.$$

A szakaszosan változó $Q(t)$ vízhozam hatását a WT szoftver id ben fokozatosan késleltetett hozamlépcs k depressziójának az összegzésével (szuperpozíciójával) modellezi.

A mért és számított depressziók illeszkedését tekintve eredményes kalibráció (Hydrosys Kft. 2015) a következ -ket eredményezte.

a) A két kút depressziójának a számítása az állandó hozamú T-4 csapoló fúrás valamint a változó vízhozamú Cs-1-2 képzetes kút depressziójának a szuperpozíciójával történt. A Hantush-Jacob képlet alapján homogén vízadó réteg feltételezésével számított depresszió adatok kielégítő pontossággal egyeztek a mért értékekkel. Ez a függ leges átszivárgásból is táplálkozó vízadó réteg modelljének az alkalmasságát igazolta.

b) A mért és számított depressziók illesztése a két megfigyel kútban eltér T és S , valamint B paraméterek mellett volt lehetséges. Ez a körülmény a vízadó réteg heterogenitására utalt.

A továbbiakban ismertetett második szakasz célja a heterogenitás elemzése volt. A WT szoftver által támogatott bi-zonális tároló (two-zone aquifer) modell (Székely 2006, 2015) alkalmazása megfelelő eredményre vezetett. Ez a modell a két termel kút környezetében (near zone), valamint az R_{far} sugarú körön kívüli távoli zónában (far zone) eltér paraméterekkel számol. A feltételezeten kör alakú zónahatár alapján végzett WT szimuláció a szintetikus analitikus-numerikus SAN módszerrel (Székely 1988, 2006) történt. Több, n vízadó réteg esetében a SAN megoldásban szerepl kompozit átmeneti függvény analitikus magja n tagból álló véges összegként írható fel (Székely 1988). Modellünk egy vízadó réteget foglal magába, ekkor az analitikus mag a közeli zóna paramétereivel számított $(4 T)^{-1} W(u,v)$ összefüggésre egyszer sődik. A SAN eljárással modellezett depresszió mindkét zónában a heterogenitás hatását tükröz numerikus eltérési függvény hozzáadásával állítható el . A depresszió szimuláció végeredménye a 6. és 7. ábrákon látható. A folyamatos vonalak a számított, a pontok a mért értékeket mutatják.

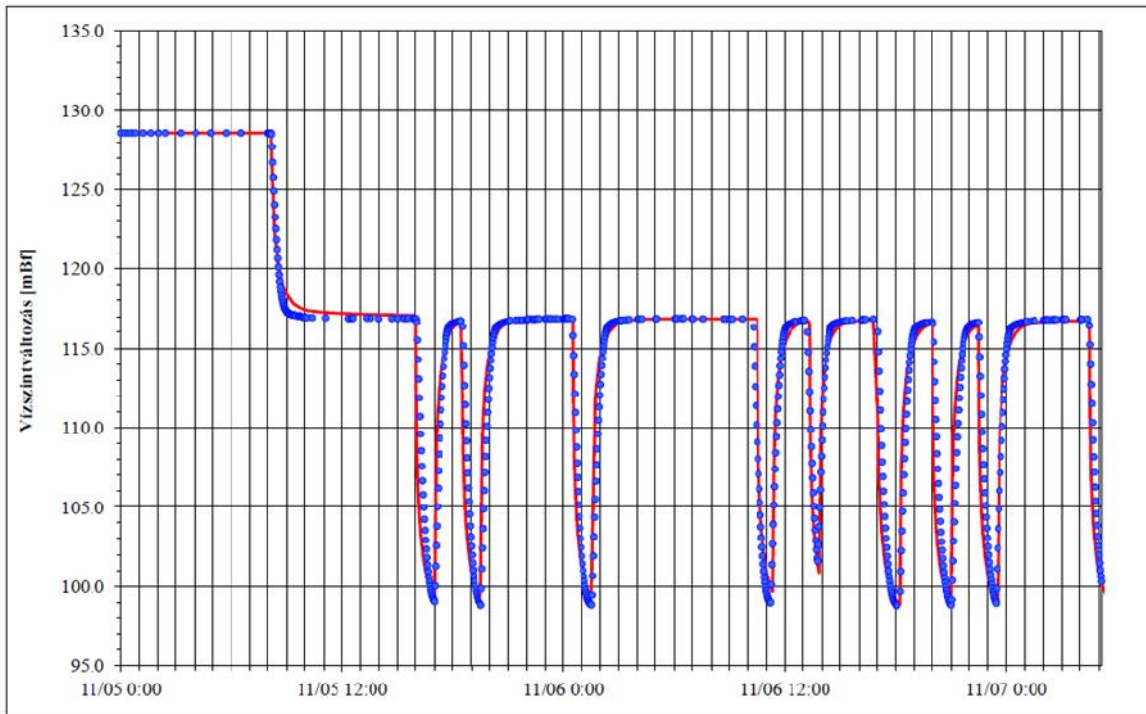
Az R_{far} geometriai jellemz t a hozzá tartozó hidrogeológiai paraméterekkel párhuzamosan fokozatos közelítéssel, manuális kalibrációval határoztuk meg. A közeli és távoli zónákban azonos $B = 0,0004 \text{ 1/nap}$ átszivárgási tényez t alkalmazva a leginkább megfelelő R_{far} érték 600 m-nek adódott. Ez a távolság azt jelzi, hogy a Tb-12 észlel kút a közeli, a Tb-XV/C észlel kút pedig a távoli zónában helyezkedik el. A $\sim 1 \text{ km}^2$ terület közeli zóna paraméterei az 1. táblázat 2. oszlopában láthatók.

1. táblázat. Az optimalizált hidrogeológiai paraméterek
Table 1. The optimized hydrogeological parameters

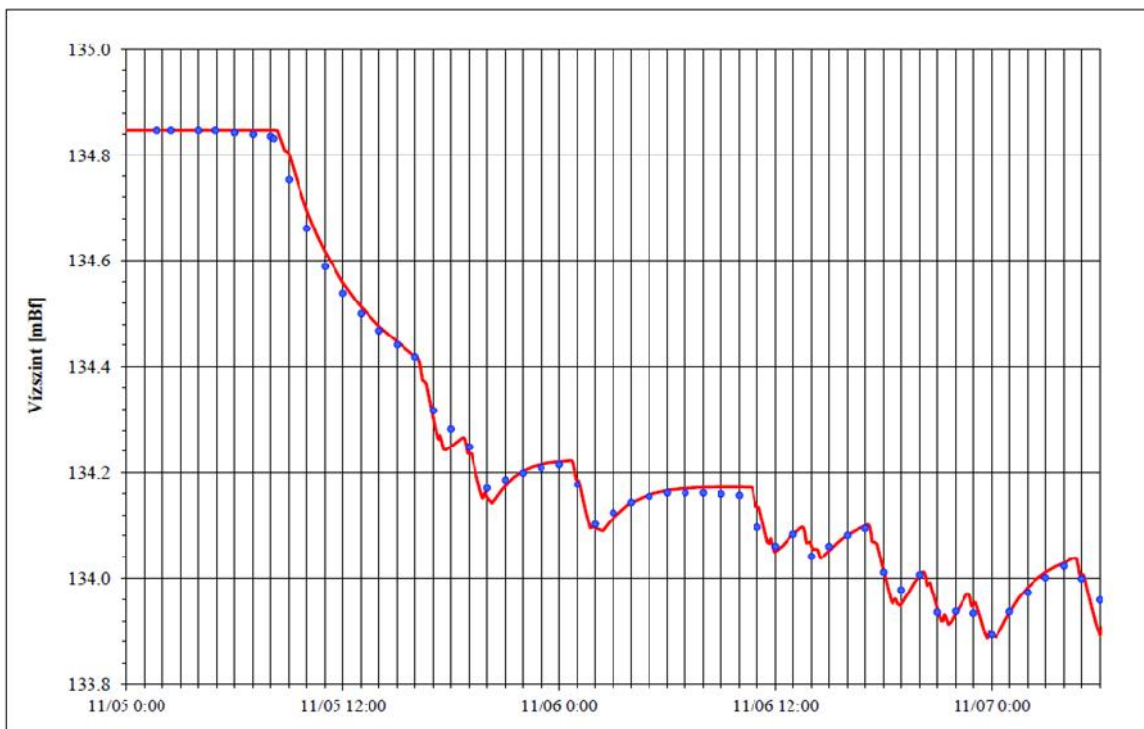
zónák	közeli zóna		távoli zóna	
	paraméter	konfidencia index	paraméter	konfidencia index
transzmisszivitás T [m^2/nap]	230	0,83	2352	0,56
tárolási tényez S [-]	0,000065	0,74	0,0006899	0,81
átszivárgási tényez B [$1/\text{nap}$]	0,0004	0,79	0,0004	0,40

A távoli zóna paramétereit a PEST kalibrációs szoftverrel (Doherty 2000) finomítottuk, az eredményt a táblázat 4. oszlopa tartalmazza.

A 6. és 7. ábrákon a mért és számított depresszió adatok közötti korreláció 0,960 illetve 0,997, ami a két adatsor megfelelő illeszkedését igazolja.



6. ábra. A Tb-12 észlel kút mért és számított vízszintváltozásai
 Figure 6. Measured and simulated water level variation in monitoring well Tb-12



7. ábra. A Tb-XV/C öregségi kút mért és számított vízszintváltozásai
 Figure 7. Measured and simulated water level variation in monitoring well Tb-XV/C

A közeli és távoli zónák T , valamint S paramétere egy nagyságrendi különbséget mutatnak. Mészköves víztárolóknál a k zett karsztos jellegéből adódóan, az a vízadó k zettérfogat, ami már jellemző lehet (REV) a tároló egészére vagy nagyobb egységére, lényegesen nagyobb, mint a porózus vízadók vagy akár a dolomitos vízadók esetében. Ennek nagyságrendje több 100 m vagy akár 1000 m is lehet. Mészköves tárolóban mélyített kútfúrások során el fordulhat, hogy a fúró több 100 m-ig tömör,

repedésmentes k zettben halad és egyetlen repedést sem tár fel. A csapoló fúrásokhoz közeli Tb-12 észlel kút mért nyomásváltozása alapján kapott kisebb T érték tehát arra utal, hogy a tektonikai árok közelsége ellenére (1. ábra) az észlel kút egy kevésbé repedezett zónában található. Ebben hiányoznak a nagy áttereszt képességű nyitott törészónák, valamint számottevő karsztosodás sem alakult ki, és a vízmozgás főként a karbonátos k zett elsődleges porozitása által biztosított, kis átmérőjű áramlási csator-

nákban történik. A XV/C öregsegi kút nyomásváltozásából kapott tároló paraméterek pedig a nagytérségi tárolót jellemző paraméter értékekhez állhatnak közelebb. (VITUKI Rt. - BKMI Kft. 2002).

A tároló heterogenitása a vízakna üzemeltetése szempontjából hátrányos, mert a csapoló fúrásokkal feltárt tároló részre jellemző kisebb T érték következtében a csapoló fúrások indítása - leállítása, tehát a hozam ingadozása jelentős nyomásváltozásokat idéz elő a tárolóban. A jelentős hozamingadozás keltette nyomásváltozások következtében a karsztos tároló fedéljében lévő öregsegi és a felette lévő felszakadozott zóna magasabb ún. öregsegi vízei a karsztvízhez hozzákeveredhetnek, ezért a vízakna lehetőség szerinti állandó vízkivétel melletti üzemeltetését javasoljuk.

A táblázatban a paraméterek értékei mellett a bizonytalanság jellemzésére szolgáló konfidencia index elnevezés arányszám is szerepel. Ezt a (határesetben 1-hez közelítő) arányt a PEST szoftver (Doherty 2000) által számított 95% konfidencia határok alsó és felső értékei alapján számítottuk (Székely 2015). A magasabb konfidencia index az adott paraméter nagyobb megbízhatóságát jelzi. Az alacsonyabb konfidencia index értékkel jellemezhető paramétereket a választott elrejelzési modellt, valamint a rendelkezésre álló mérési adatbázist tekintve nagyobb bizonytalanság terheli.

Az ismertetett paraméterek alkalmasnak bizonyultak a távoli Tb-3 kút járulékos depressziójának a modellezésére is. A Tb-13 kút esetében a számított adatok meghaladják a mért depresszió értékeket. Az eltérés oka az észlelt kút szerkezetföldtani helyzete lehet. A kút ugyanis a középső tektonikai árok Ny-i peremén, abban a szerkezeti zónában mélyült, ahonnan a XV/C vízakna csapoló fúrásai kiindulnak. A nyitott, jó vízvezető szerkezeti zóna lokális transzmisszivitása a távoli zónára meghatározott 2.352 m²/nap-nál is nagyobb lehet, ezért a tektonikai vonal mentén a tényleges depressziós hatás kisebb a számított értéknél.

A Tatabánya XV/C vízaknánál végzett hozamváltozási teszt kiértékelésével meghatároztuk a vízakna közvetlen környezetének és a Ny-i tektonikai egységnek a hidraulikai paramétereit. A számított paraméterek a tároló további vízföldtani modellvizsgálata során alkalmazhatók.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az eredetileg bányászati céllal létesített Tatabánya XV/C vízakna 1985-től a térség egyik legnagyobb vízbázisa. A vízaknából indított csapoló vágat, és a vágatból létesített csapoló fúrások, az egykori széntelepek fekélyében húzódozó felső triász Dachsteini mészkövet tárják fel. 2014-15-ben a vízaknát felújították: a csapóvezetéseket, villamos és gépészeti berendezéseket kicserélték, az irányítástechni-

kai rendszert átalakították, valamint két új csapoló fúrást létesítettek. 2015 novemberében került sor a felújított rendszer próbatermeltetésére.

A hozamváltozási teszt idején a vízakna környezetében négy karsztvízszint észlelt kút vízszintjét regisztrálták. A legközelebbi észlelt kút a csapoló fúrásoktól mindössze 51 m, a legtávolabbi pedig 3 km távolságban volt. A vízaknából történő megcsapolás változása térben és időben komplex eloszlást mutat, az így kialakuló járulékos depressziót a hazai fejlesztésű WT kúthidraulikai szoftverrel számítottuk. A paraméterek optimalizálását bi-zonális tároló modell feltételezésével végeztük a PEST szoftver felhasználásával. Az eredmény azt igazolja, hogy a vízaknától nagyobb távolságban a karsztos tároló a szomszédos környezethez viszonyítva egy nagyságrenddel magasabb transzmisszivitással és tárolási tényezővel rendelkezik. A modellkalibrációval kapott paraméterek realitását a mért és számított depresszió értékek közötti jó illeszkedés és magas korreláció is alátámasztja. A hidraulikai paraméterek változásával jelzett heterogenitást a vízakna üzemrendjénél indokolt figyelembe venni.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A terepi észlelésekben Ágotai György, az ábrák szerkesztésében Ágotai Györgyné működött közre. Köszönet az Észak-Dunántúli Vízügyi Igazgatóságnak az átadott karsztvízszint adatsorokért.

IRODALOM

BKMI Kft. (1999). A Tatabánya XV/C vízakna bányabezárásnak minősül átalakítása. Kézirat.

Doherty, J. (2000). PEST Model-Independent Parameter Estimation. Watermark Numerical Computing.

Hantush, M.S. - Jacob, C.E. (1955). Non-steady radial flow in an infinite leaky aquifer. *Transactions of American Geophysical Union*, 3. pp. 95–100.

Hydrosys Kft. (2015). Próbaszivattyúzás értelmezése a Tatabánya XV/C vízakna hatásterületén. Kézirat.

Székely F. (1988). Kutak depressziójának számítása korlátozott kiterjedésű, rétegzett hidrogeológiai rendszerekben. *Hidrologiai Közlemények* (68. évf.), 4. sz., pp. 217–223.

Székely F. (2006). A háromdimenziós kúthidraulikai modellezési módszer és gyakorlati alkalmazása. *VITUKI Közlemények* 79.

Székely F. (2015). Integrated well flow modelling. LAMBERT Academic Publishing.

VITUKI Rt. - BKMI Kft. (2002). Tatabánya XV/C vízakna biztonságba helyezési terve. Kézirat.

A SZERZŐK



SZÉKELY FERENC Bányamérnök hidrogeológus, 1967-1970 között a Magyar Állami Földtani Intézetben, 1970 és 2005 között megszakítással a VITUKI-ban dolgozott. 1989 és 2000 között a Kuvaiti Tudományos Kutató Intézet kutatója. Kiemelt kutatási területei a felszín alatti vízáramlások, az oldat- és h transzport folyamatok numerikus modellezése, valamint a nem hagyományos,

íként sokréteges kúthidraulikai problémák elemzése. Kutatási eredményei a kutas vízmezők tervezése és védelme, felszín alatti édesvíz tározási, drénezési, talajvízmelletti szivattyús felépítési projektekben, valamint a bányaipari repedezett gránitformációban végzett egyedi és csoportos fúrásesztek értelmezésénél hasznosultak. Közel 90, fele részben angol nyelvű publikációt készített, közöttük 3 önálló kiadvány található. MTA doktor, címzetes egyetemi tanár, két ciklusban az MTA FTB Hidrogeológiai Albizottságának az elnöke. Kúthidraulikai témakörben az ELTE és a Miskolci Egyetem hallgatóit oktatja.

CSEPREGI ANDRÁS Geológus, 1981-től 121 évig a VITUKI-ban a Felszín alatti vizek osztályának munkatársa volt. 1986-tól foglalkozik a dunántúli-középhegységi karsztvíztároló hidraulikai modellezésével. Kezdetben a bányavízemelések depressziós hatásának, majd a tároló regenerálódásának, a karsztvízszint emelkedés, a vízbázisok vízkészletének, vízminőségének védelmével, a források újraindulásának elrejelzésével. 2002-től a Hydrosys Kft. ügyvezetője. 2008-ban a hidrogeológusi szakma

elismerésében részesült, átvehette a Felszín Alatti Vizek Alapítvány Ezüst Pohár Díját.

IZÁPY GÁBOR Villamosipari üzemmérnök. 1972-85 között a VITUKI jósvafői Karsztvízkutató Állomásának dolgozója, majd vezetője. 1985-2003 között a VITUKI Hidrológiai Intézet főmunkatársa, elsősorban magyarországi karszterületek vízháztartási, vízminőség- és vízbázisvédelmi kérdéseivel foglalkozott. 2003-tól a Hydrosys Kft. tervezőjeként hasonló feladatokon dolgozik.

TÓTH MÁRIA Hidrogeológus, 1984-től dolgozik az Északdunántúli Vízmű Zrt.-nél. 1998-tól főmunkatárs, 2005-től vízgazdálkodási vezető, 2011-től szolgáltatás – környezetvédelem vezető, 2016. április és szeptember között megbízott műszaki vezérigazgató-helyettes, majd ismét szolgáltatás – környezetvédelem vezető. Feladata a felszín alatti ivóvízkészletek mennyiségi-minőségi változásának vizsgálata, közműfejlesztéshez kapcsolódó tevékenységek, szennyvíz- és hulladékgazdálkodás, valamint a Zrt. területén a vízbiztonsági tervek elkészítésének és üzemeltetésének felügyelete. A Magyar Víziközmű Szövetség 2009-ben Elismerő Oklevelet, 2010. májusban a Magyar Hidrológiai Társaság PRO AQUA és 2014-ben Bogdánfy Ödön emlékérmét adományozott számára. 2011-ben Miniszteri elismerő oklevelet kapott. Tagja a Magyar Mérnöki Kamarának, a Magyar Hidrológiai Társaságnak, ahol 2000-től a Komárom-Esztergom megyei Területi Szervezet titkári teendőit látja el, valamint a 2011-től a Vízellátási Szakosztály vezetője tagja. Tagja 2010-től az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületnek.

Nekrológ



Életének 77. évében elhunyt Fazekas László, a Fels -Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság korábbi igazgatója.

Fazekas László Budapesten született 1940. november 15-én. Szabolcs községben járt általános iskolába. Ezt követően a középiskolát a Kossuth Lajos Gimnáziumban végezte Nyíregyházán, majd 1959-ben felvételt nyert a budapesti Épít ipari és Közlekedési M szaki Egyetem Mérnök Karára, ahol okleveles mérnöki szakképesítést szerzett.

1964. augusztus 1-t l nyugdíjba vonulásáig egyetlen munkahelyén, a Fels -Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóságon dolgozott különböző beosztásokban. Szakmai munkáját az árvízvédelmi és folyószabályozási csoportban kezdte, mint el adó. 1967. január 1-t l építésvezet i megbízást kapott.

1970-ben – mint a védelmi osztag helyettes vezető je – részt vett a Tisza-völgyi árvízvédekezésben a Szamos folyón bekövetkezett gátszakadások elzárásánál. 1971-ben az akkori vízkárelhárítási osztály vezető je lett. Ezen idő szak alatt részvételével és irányításával készült több, a jövő vízgazdálkodását meghatározó terv és tanulmány, úgymint: a Tisza Tokaj-Tiszabecs közötti szakaszának folyószabályozási terve, vésztározási lehetőség vizsgálata a Tisza-Szamos-közben és a Szamos-Túr-közi zárógát mögött, az árvízvédekezés irányításának korszerűsítése, az árvízvédelem és folyószabályozás 2010-ig szóló fejlesztési terve, Tisza szabályozás történetének feldolgozása 1945-t l 1991-ig.

1971-ben a Budapesti M szaki Egyetem Épít mérnöki Karán folyami vízépít szakmérnöki képesítést szerzett, illetve a Szabolcs-Szatmár megyei bíróság elnöke igazságügyi-építési szakért nek jelölte ki.

1971-1985 között kijelölt szakért je volt a magyar-szovjet határvízi egyezményb l fakadó igazgatósági feladatoknak. Kidolgozta a kétoldalú árvízvédelmi, valamint a belvízvédelmi szabályzatokat. M ködése alatt 1993-ban kötötték meg a Magyar-Ukrán Határvízi Egyezményt.

1983-tól 1991 tavaszáig az igazgatóság termelési igazgatóhelyetteseként dolgozott. Ezen idő szakban az igazgatóság minden évben eredményes gazdálkodást folytatott. Arra törekedett, hogy az irányítása alá tartozó vállalkozási egységek minél jobban feleljenek meg a piaci követelményeknek. A termelésben el nyben részesítette a korszerű , gazdaságos technológiák alkalmazását.

1991 áprilisától a közlekedési, hírközlési és vízügyi miniszter a vízügyi igazgatóság első számú vezető jevé nevezte ki.

1991 augusztusától a Magyar-Szovjet Vízügyi Bizottság magyar kormány meghatalmazottjának meghatalmazott-helyettese volt, majd – a Határvízi Egyezmény megsz nése után - 1995. áprilisától a Magyar-Ukrán

Fazekas László

Vízügyi Bizottság magyar tagozata meghatalmazottjának első helyettese tisztét töltötte be.

1994-ben – kormányhatározat alapján – határidőre végrehajtotta az igazgatóság átalakítását, a vállalkozó tevékenység leválasztását, privatizálását.

Fiatalkorában aktív részese, majd később felelős irányítója lett a térségünknek, illetve Dunát érintő vízkárelhárítási eseményeknek, úgymint: az 1965. évi dunai, az 1970-es, 1974-es, 1978-79-es, 1980-as, 1985-ös, 1989-es, 1993-as, 1995-ös, 1998-as, 1999-es, 2000-es, 2001-es, 2002-es Fels -Tiszai árvizeknek, az 1989, 1997, 1998. években kiterjedt, valamint az 1999-es rendkívüli belvízvédekezéseknek, az 1993-as Szamos folyón bekövetkezett pakura-szennyezésnek, valamint a 2000. évi cian- és nehézfém elleni védekezésnek. Jelentős védekezési szakmai tapasztalatra tett szert, mely országosan is elismertté tette.

Szakmai munkássága alatt valósult meg többek között a tiszai árvízvédelmi töltések fejlesztése, a töltéses sítési munkák a Szamos folyó mentén, régi műtárgyak rekonstrukciós munkái, új gátházak építése, a távjelző rendszerek kiépítése. Ukrajnában távjelző állomások épültek magyar segítséggel.

Mérnöki tudását szakmai szervezetekben kamatoztatta. A Megyei Kereskedelmi és Iparkamaránál 1994-1997 között elnöki, 1997-2001 között a MTESZ-nél megyei elnöki tisztséget töltött be. Hosszú éveken át tevékenykedett a Hidrológiai Társaságban. 1993-1999-ig a Szabolcs-Szatmár-Bereg megyei Területi Szervezet elnökeként, később vezető tagként fáradozott a térség vízgazdálkodási fejlődéséért.

Kiemelkedő szakmai munkáját több alkalommal számos kitüntetéssel ismerték el: Árvízvédelemért Érem 1965, 1970, 1980, Árvízvédelemért Elismerő Oklevél 1966, Kiváló Dolgozó 1969, Vállalat Kiváló Dolgozója 1974, Kiváló Munkáért kitüntetés 1979, 1988, Honvédelemért kitüntetés cím I. fokozat 1996, Magyar Köztársasági Érdemrend Lovagkeresztje 1996, Vásárhelyi Pál Díj 1998, Törzsgárda aranygyűrű 1999, „A vizek kártételei elleni védekezésért” érdemérem 2000, Honvédelemért kitüntetés cím 2001, Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Közgyűlés Emlékplakettje 2002, Magyar Köztársasági Érdemrend Tisztikeresztje 2003, PRO AQUA kitüntetés 2003, Bencs László emlékérem 2003, Kabay János Díj 2009.

Közel 40 éves vízügyi szolgálat után 2003-ban köszönt el az igazgatóságtól. Ez nem jelentette azonban azt, hogy ténylegesen „nyugalomba” vonult. Haláláig is a vízgazdálkodáshoz kapcsolódó aktív tevékenységet végzett a Fels -Tisza árvízvédelmének, árvízi biztonságának érdekében.

2017. május 25-én, csütörtökön 14 órakor kísértük utolsó útjára a nyíregyházi Északi Temető befutójánál.

Bodnár Gáspár
a Fels -Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság igazgatója

Nekrológ



Életének 83. évében, 2017. március 16-án elhunyt Dr. Varga György, a vízügyi szolgálat jelentős képviselője.

A vízépítésmérnöki diplomáját az Építési és Közlekedési Műszaki Egyetemen 1958-ban szerezte meg. Diploma után az első munkahelye a Budapesti Vízügyi Igazgatóság volt, ahol kérte, hogy vidéki gyakorlati feladatokat végezhesse.

A Felső-gödi szakaszmérnökségen építésvezető, tervező és műszaki ellenőrként volt. (Duna és Nógrád-megye vízfolyásainak rendezése tartozott többek között feladataihoz.)

A Ráckevei szakaszmérnökségen, mint vezető, a nagy munkák kivitelezését irányította (Tassi hajószilip rekonstrukciója, Apaji öntözőtelepek építése, Dunaújvárosi partcsuszamlás vízparti munkái).

Irányította a dunai árvizek elleni védelmet, továbbá a belvizek elleni védelmet. A dunai védekezés Budapest-Solt szakaszra terjedt ki.

Az OVH Vízépítési Ipari Központban (1960-tól 1970-ig), mint csoportvezető mérnök a vízügyi igazgatóságok és a vízügyi kőbányák termelési felügyeletét látta el. Emellett a vízügyi tervezés felügyelete és az új vízügyi ágazati szabványosítás előkészítésével foglalkozott.

A VIZITERV-ben 1970-től 1984-ig, 14 éven át főosztályvezetőként, majd irodavezetőként és VSZK- (Vízügyi Szabványosítási és Egységesítési Központ) vezetőként a vízügyi tervezővállalatok szervezésével és kutatás-fejlesztés irányításával foglalkozott.

Kiemelt, a személyéhez kapcsolódó feladatai voltak:

- a vízügyi ágazati műszaki szabályozás (szabványosítás) operatív irányítása,
- a vízkezelés és szennyvíztisztítás országos célprogramjának koordinációja,
- a vízügyi típustervezés koordinációja,
- VSZK vezetői feladatok ellátása.

A felsorolt tevékenységek eredményeként mintegy 1500 műszaki kiadvány fordult a nevéhez. Szerkesztette a Vízgazdálkodási Szabályzatnak, a Tározási kézikönyvnek és a Vízügyi Biztonsági Szabályzatnak.

Az 1991-ben alapított VÍZ-SZK Mérnökszakértői Kft. vezetőjeként műszaki szabályozási, tervezési és szakértői tevékenységet folytatott. Kedvenc témái a gyógyvízhasznosítás, a hegy- és dombvidék települések kisvízfolyások általi katasztrófális vízelöntéseinek megelőzése, a Duna-Tisza közti Homokhátság vízpótlása és a vízierőhasznosítás.

Dr. Varga György

A Víz-SZK Mérnökszakértői Kft. ügyvezetőjeként 1997 és 2004 között a vízügyi építési termékek alkalmazási engedélyeihez szükséges dokumentációk elkészítésében vett részt. 2004. május 1-től az Építési Ipari Műszaki Engedélyekhez (ÉME) szükséges dokumentációkat (szakvélemény, Műszaki Feltétel) állították össze a kft. keretében. Minden vízügyi területre először kaptak miniszteri kijelölést, a vízügyi építményfajtáknál kizárólag használt építési termékek megfelelő ségének ellenőrzésére és tanúsítására. A termék től függően az eljárás sokféle és bonyolult volt, melynél mind az EU előírásokat, mind az MSZ EN szabványokat figyelembe kellett venni.

2005-től 100 kW-nál kisebb teljesítményű törpe vízierőművek elő munkálataival és műszaki tervezésével foglalkozott munkatársaival. 2012-től több folyón meglévő műtárgyakhoz készítették vízierőmű szakvéleményeket.

A szakterületén belül sokat publikált konferenciákon. Publikációinak száma meghaladja a 100-at, amelyeket nagyrészt önállóan, kisebb részt pedig társszerzőként együtt készített. Publikációinak témaköre szerteágazó. Témakörök, amelyekben publikációi jelentek meg: vízépítési ipar, építésszervezés, Balaton-kutatás, környezetvédelem, Duna-ártér (mely MTA díjnyertes pályázata volt 1963-ban), az országos légifotografálási interpretálási kiállítás (1969), tervezésfejlesztés.

Számos intézménnyel folytatott tudományos kutatói munkát, így 1960-tól Botanikai Kutató Intézettel (Vácrátót) a Duna-ártérnek kutatása témában, 1969-től Keszthelyi Agrártudományi Egyetemen a Balaton kutatásában vett részt, míg 1974-től az MTA Veszprémi Akadémiai Bizottság Környezetvédelmi és Tájhasznosítási Kutatási Főosztályában vizsgálta a hínár-állományok és a parti zónák változását, a fitomassza-produkciót.

A Magyar Mérnöki Kamara alapító tagja. Vízügyi tervező- és jogosultsága volt.

Tagja volt a Magyar Hidrológiai Társaságnak. A Magyar Szabványügyi Testületben céget képviselte két vízügyi műszaki bizottságban is. A Vízgazdálkodási MB elnöke volt. Tagja volt a Szabványügyi Tanácsnak. Szabványosítással 45 évet foglalkozott.

Egyetemi doktori címet a Keszthelyi Agrártudományi Egyetemen (ma Georgikon Kar) szerzett a vízi biotechnika szakterületen. A balatoni hínár és nádas állományok kutatásában és az oktatásban előadóként is részt vett. 1983 óta az egyetem címzetes egyetemi docense volt.

Kiváló, pontos, következetes és nagy munkabírási mérnököt veszített el a magyar vízügyi szakma személyében.

*Dr. Kövendi-Veress Gyula
ny. jogtanácsos*