

HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY



A MAGYAR HIDROLÓGIAI TÁRSASÁG LAPJA • 96. ÉVF. 2. SZÁM • 2016
HUNGARIAN JOURNAL OF HYDROLOGY • VOL 96. NO 2. • 2016



CSAPADÉKVÍZ- ÉS SZENNYVÍZKEZELŐ BERENDEZÉSEK

- széles gyártói választékból
- megrendelő igénye szerint
- működés a legkisebb energiafelhasználással
- hosszú élettartamra tervezve
- igény szerint helyszíni beszereléssel



Zsilipek,
csappantyúk
korrózióálló
acélból vagy
HDPE
műanyagból



Lefolyás szabályozók,
öblítők és egyéb csapadékvíz
kezelő berendezések



Gépi rácsok és egyéb szennyvíz-
technológiai berendezések



Berendezések tavak levegőztetéséhez,
eutrofizáció és kellemetlen szagok csökkentéséhez vagy
megszüntetéséhez



Szennyvíztisztító telepek levegőztető rendszereinek telepítése,
felújítása, tisztítása



EBEPLAN Környezet- és Energiatechnika Kft.

H-9700 Szombathely, Pinkafői u. 20.

Phone: +36 94 318-324, +36 94 508-249

Fax: +36 94 344-797

ebeplan@ebeplan.hu • www.ebeplan.hu



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, Nováky Béla, Rákosi
Judit, Román Pál, Szabó János Adolf,
Szilágyi Ferenc, Szilágyi József, Szlávik
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: Szlávik 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

EL SZÓ	3
TÖRTÉNELMI PILLANATKÉP	
Fejér László: Zawadowski Alfréd névjegye	4
SZAKMAI CIKKEK	
Bíró Tibor: A hazai belvízkutatás néhány id szer kérdése	5
Tamás János: Kihívások az aszálykutatás területén	13
Rotárné Szalkai Ágnes, Homolya Emese, Selmeczi Pál: Ivóvízbázisok klíma-sérülékenysége	21
Dobos Irma és Scheuer Gyula: Karlovy Vary világhír gyógyforrásai	33
Heilmann Diána: Nemzetközi integrált vízgyjt gazdálkodási tervezés a Tisza vízgyjt n	43
Engi Zsuzsanna, Tóth Gábor, Braun Mihály: A Mura folyó hullámterének feliszapolódás vizsgálata II. rész	52
Varga Laura, Buzás Kálmán, Honti Márk: Új csapadékmaxi- mum-függvények	64
KÖSZÖNT	
Dobos Irma 90 éves – Dr. Baksa Csaba köszönt je	70
ÉLETUTAK	
Dr. Juhász József – aki lejegyezte: Fejér László	71
NEKROLÓG	
Dr. Benedek Pál (1924-2016) – Major Veronika megemlékezése	76

Címlapfotók:

Bal felső, jobb alsó és középen: Vízzy Zsigmond, Duna Múzeum Fotóarchívum
Jobb felső: Richard Müller, Global Water Partnership Central and Eastern Europe
Bal alsó: Zornitsa Bodakova, Global Water Partnership Central and Eastern Europe



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, Béla
NOVÁKY, Judit RÁKOSI, 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

FOREWORD	3
HISTORICAL SNAPSHOT	
László FEJÉR: Alfréd Zawadowski	4
Tibor BÍRÓ: Some timely issues of excess surface water research in Hungary	5
János TAMÁS: Challenges in drought research	13
Ágnes ROTÁRNÉ SZALKAI, Emese HOMOLYA, Pál SELMECZI: Climate vulnerability of drinking water protection areas	21
Irma DOBOS and Gyula SCHEUER: World Famous Medicinal Springs of Karlovy Vary	33
Diána HEILMANN: The process of Integrated River Basin Management Planning in the Tisza River Basin	43
Zsuzsanna ENGI, Gábor TÓTH, Mihály BRAUN: The silting up processes of the inundation area of the Mura river - Part II	52
Laura VARGA, Kálmán BUZÁS, Márk HONTI: New rainfall intensity–duration–frequency curves for Hungary	64
BIRTHDAY GREETING	
Dr. Irma DOBOS is 90 years old	70
WALKS OF LIFE	
Prof. Dr. József JUHÁSZ	71
OBITUARY	
Dr. Pál BENEDEK (1924-2016) by Veronika Major	76

Cover page photos:

Upper left, lower right and middle: Zsigmond VIZY, Duna Múzeum Photo Archive
Upper right: Richard Müller, Global Water Partnership Central and Eastern Europe
Lower left: Zornitsa Bodakova, Global Water Partnership Central and Eastern
Europe

El szó



A centenáriumi év tavaszán ünnepl Magyar Hidrológiai Társaság szakmai, tudományos lapja kiadásának 96. évében ismét elkezdett egy megújulási folyamatot. Ez a folyamat érinti a Hidrológiai Közöny megjelenési formáját, a megjelen cikkek elfogadásának mechanizmusát, és szándékaik szerint a lap általános struktúráját, és az egyes lapszámok témaválasztását.

Els lépésként a lap els borító oldala kapott új grafikai megjelenési formát. A lap számára külön tervezett új bet típust alkalmazunk a lap nevében. Az oldal középs részét alkotó mez rész pedig helyet ad az aktuális lapszám tartalmához igazodó képnek vagy képeknek.

Megváltozott a lap angol neve. A lap angol nevének átgondolását javasolta ugyanis a Szerkeszt bizottság, miután az ez évi els számban alkalmazott angol név nem nyerte el a bizottság tagjai többségének tetszését. A bizottsági tagok között véleményfelmérést végeztünk. Ennek során több mint egy tucat különböz angol nevet javasoltak a Szerkeszt bizottság tagjai, amelyek közül végül a legtöbb szavazatot kapott változatot fogadta el a lap Kiadója. Így a mostani számtól kezd d en a Hidrológiai Közöny hivatalos angol neve Hungarian Journal of Hydrology lesz.

A lap szerkesztési elveiben is módosulás történik. Be kívánjuk tartani, hogy minden lapszám hasonló szerkezet legyen. Legels oldalon jelenjen meg a lap magyar nyelv impresszuma, együtt a magyar nyelv tartalomjegyzékkel. A második oldal az angol nyelv impresszum és tartalomjegyzéké. Ezt követi az adott lapszámhoz kapcsolódó, aktuális kérdéseket taglaló, illetve a lapszám tartalmát megvilágító El szó, amelynek szerz je lapszámról lapszámra változhat. Itt szólal meg a Társaság elnöke, vagy a Szerkeszt bizottság elnöke, illetve a f szerkeszt . Ugyanakkor meg kívánjuk adni a lehet séget, hogy mások is megjelenjenek írásaikkal az El szóban, akik a lap szerkesztésében közrem ködnek.

Az El szót követheti - amennyiben az csak egy oldal terjedelm - egy úgynevezett Történelmi pillanatkép rövid cikk, amely egy aktuális évfordulót, vagy az adott lapszám f tartalmi eleméhez kapcsolódó eseményt, hátteret világít meg.

A szakmai cikkek adják a lapszámok f tartalmi részét. A szakcikkek lektorálás után kerülnek kiválasztásra, figyelemmel az adott lapszám vezet témájára. Általános

szerkesztési elvként kívánjuk alkalmazni, hogy a szakcikkek 8-12 oldal terjedelm ek legyenek, de fontos szakmai téma esetében nagyobb oldalszámú cikket is meg fog jelentetni a lap. A szerz k részére új Közlési útmutatót dolgoztunk ki, amelynek a szerz k részér l betartása segíti a cikkek hatékony lektorálását, illetve elfogadás után a tördelési szerkesztést.

A szakmai cikkek után - követve a Hidrológiai Közöny hagyományait is - számos rovatot jelentettünk meg. A Közönt rovatban a Magyar Hidrológia Társaság kiemelked szakmai pályával rendelkező tagjait köszöntjük magas életkori évfordulójukon. Az Életút interjú rovatban a Társaság volt elnökeinek, vezet tisztségviselőinek, illetve a vízgazdálkodás és víztudományok területén elismerést szerzett szakemberek interjút közöljük, bemutatva szakmai életútjukat. Hagyományos rovata a lapnak a Könyvismertet , amelyben alkalmanként egy-egy jelent sebb szakkönyv rövid bemutatásával kívánjuk olvasóinkat tájékoztatni. Fájdalmas kötelezettsége a lapnak, amikor rövid Nekrológban ismerteti elhunyt neves pályatársaink életútját. Fórum név alatt lehet séget kívánunk adni olvasóinknak, hogy a megjelent cikkekkel, vagy eseményekkel kapcsolatban kifejtsék véleményüket. Arra számítunk, hogy ez a rovat aktív részvételre ösztönzi olvasóinkat a vízgazdálkodás aktuális kérdéseinek megvitatásában.

Jelent s változás, hogy az ez évi els számtól kezd d en színes nyomtatásban jelenik meg a lap. Ez új lehet - ségeket biztosít a lapban szakmai cikket megjelentetni kívánó szerz knek, mert a színes megjelenési forma sokkal több lehet séget ad az eredmények részletgazdagabb bemutatására, az alkalmazható grafikai megoldások kidolgozására. A színes nyomtatás alkalmazása min ségi javulást is eredményez mind a borító lapok, mind a bels oldalak papírmin ségében. A lap megjelenése esztétikusabb, vonzóbb lett.

A színes megjelenés, a magasabb papírmin ség vonzóvá tette a Hidrológiai Közönyt a szakmai hirdetések számára is. Már az els számba is jelentkeztek szakmai hirdetések, így a bels borító oldalakat, illetve a hátsó borítót ki tudtuk tölteni színvonalas hirdetésekkel. Ez jellemzi a mostani második számot is.

Remélem, hogy az eddigi megújulási lépések elnyerték tetszésüket. Kérem, hogy véleményüket, hozzászólásukat juttassák el a szerkeszt ségnek a hk@hidrologia.hu email címre, vagy postán a Magyar Hidrológiai Társaság Titkárságára.

*Dr. Fehér János
a Hidrológiai Közöny f szerkeszt je*

Történelmi pillanatkép

A „Magyarország vizeinek statisztikája” című történelmi jelentőségű megjelenésének 125. évfordulójáról és a szerzőjéről emlékezik meg Fejér László, a Hidrológiai Közlöny rovatvezetője.

Zawadowski Alfréd névjegye

125 éve, 1891 júniusában jelentette meg a Statisztikai Hivatal Zawadowski Alfréd *„Magyarország vizeinek statisztikája”* című munkáját, amelyben a szerző elszöveget tett kísérletet arra, hogy a vízszabályozások megindulása óta az ország vizeire, vízviszonyaira és vízi munkálataira vonatkozóan az összes fontosabb adatot összegyűjtse. A munka megindulásának előzményéhez tartozik Keleti Károlynak, a Hivatal elnökének kitartó „lobbízása”, aki 1888-ban a következő levéllel fordult Baross Gábor miniszterhez:

„Nagyméltóságú Miniszter Úr!

...Régóta érezvén, hogy az egyfejedelmi magyar hivatalos statisztikának kötelessége volna árvízi téren is világot deríteni viszonyainkra, még az 1876-diki nagy árvizek alkalmával iparkodtam ez irányban megindítani a munkálkodást.

...Erre választ nem nyervén a dolog abban maradt...

Azóta évről-évre ismétlődtek különböző időkben és terjedelemben az árvizek pusztításai, az ellenük való védekezés és a hozott áldozatok! Ha tervem 1876-ban ... valamely minisztériumi osztályban, nem tudni mily okból, el nem ejtetik, ma már 12 évi teljes áradási és vízmentési statisztikával bírnánk. Mennyi hasznát vehettük volna ennek már eddigéig is, mennyivel másképp ítélné meg az egész ügyet közönségünk, mennyivel jobban tudtunk volna talán védekezni is, és mit bírt volna, lehet, a szaktudomány is egy évtizednél tovább vezetett ilyhét statisztikából következtetni, azt Nagyméltóságod, mint akit az e szomorú viszonyokkal való megküzdés első sorban és legterhesebben ér, nálam bizonyára jobban meg fogja ítélni...”

Az erélyes miniszter nem sokat teketóriázott, hanem elrendelte, hogy a minisztérium vízrajzi osztálya vegyen részt az adatgyűjtés tervezetének kialakításában és az összegyűjtött adatokat a Statisztikai Hivatal összesítse és rendezze, s végül jelentesse meg. A munka utóéletéhez tartozik, hogy a társulatoktól és a mérnöki hivataloktól begyűjtött adatok – a rendszeres adatgyűjtés hiánya miatt – sokszor egymásnak is ellentmondtak, ezért a jövőben azokat már nem a Statisztikai Hivatallal dolgoztatta fel a vízügyi szolgálat, hanem módszeres adatgyűjtéssel Kvassay szerkesztette és jelentette meg. Zawadowski munkája mégsem volt hiábavaló, mert napjainkban számos vízügytörténeti adat már csak innen „bogarászható” elől. A statisztikus későbbi pályafutása megkoronázásaként az Állami Számvevőszék elnöke lett, amiről a mellékelt névjegy is tanúskodik.

Zawadowski Alfréd
a magyar kir. legfőbb állami számvevőszék elnöke

A hazai belvízkutatás néhány id szer kérdése

Bíró Tibor

Szent István Egyetem, Gazdasági, Agrár- és Egészségtudományi Kar, Szarvas (E-mail: biro.tibor@gk.szie.hu)

Kivonat

A belvív egy összetett, nehezen kiismerhet vízgazdálkodási jelenség, keletkezésének oka területenként eltér. A Kárpát-medence legmélyebb részén elhelyezked nagykiterjedés síkvidékünk egységes m szakai beavatkozással elvégzett árvízmentesítése sajátos vízgazdálkodási helyzetet teremtett, mellyel hosszú id n keresztül együtt kell élnünk. A belvizek el fordulását nem lehet megszüntetni, viszont területi kiterjedése, tartóssága, és a vele szembeni érzékenység csökkenthet.

A belvív els sorban a mez gazdaságot érinti, de településeket, közlekedési útvonalakat és iparterületek is veszélyeztet. Kialakulását jórészt meteorológiai, domborzati és talajtani viszonyok határozzák meg, de az ember is jelent sen közrejátszik abban, hogy a belvizek megjelenjenek, kárt okozzanak, magas üzemeltetési és fenntartási költséget eredményezzenek.

A területi vízrendezés hazánkban másfél évszázados múltra tekint vissza, mely hatalmas szakmai tapasztalatot és tudásmennyiséget hordoz magában. Az erre épül kutatói intézményrendszer világviszonylatban is kiemelked volt a múlt században.

A síkvidéki vízrendezéssel kapcsolatos kutatásokat újra kell szervezni, melynek f elemei a tározási kapacitások felderítése, a vízrendszerek hidrológiai-hidraulikai újraértelmezése, a belvízveszély és veszélyeztetettség térképezése, a belvízmonitoring és az el jelzési módszerek fejlesztése, valamint az éghajlatváltozás hatásainak számszer sítése.

Az új technológiai eszközök adta lehet ségeket ki kell használni a belvízvédelemben, a mért és feldolgozott adatokat pedig hozzáférhet vé kell tenni az érintettek számára, segítve ezzel mind a vízgazdálkodási üzemirányítást, mind a gazdálkodást.

A tanulmány a hazai kutatásokra helyezi a hangsúlyt, éppen ezért a nemzetközi kitekintést mell zi. A cikk els sorban azokkal a területekkel foglalkozik, ahol a legnagyobb tudományos aktivitás volt tapasztalható az elmúlt két évtizedben.

Kulcsszavak

belvív, belvizek felmérése, távérzékelés, belvív veszélyeztetettség, belvízhidrológia

Some timely issues of excess surface water research in Hungary

Abstract

Inland excess water is a complex and unknowable phenomenon in water management, the reason for its occurrence varies by regions. The flood management is done through homogeneous technical intervention in our great plain region located in the deepest part of the Carpathian Basin resulted in specific water management situation with which we need to live with for a long time. The occurrence of excess surface water cannot be eliminated but its spatial extent, duration and sensitivity to its impact can be decreased. The excess surface water affects primarily the agriculture but it also endangers settlements, traffic routes and industrial regions. Its occurrence is mainly determined by meteorological situation, topography and soil features but humans also considerably contribute to the formation of excess surface water, which may cause damage and will result in high operational and maintenance costs.

Lowland drainage has over one and a half century history in Hungary and accumulating extensive professional experiences and knowledge. Research institutions dealing with excess surface water earned outstanding international recognition in the 20th Century.

A revitalization of excess surface water research and renewed investment in modern interventions will need to explore new means increasing storage capacity, hydrological analysis of existing drainage networks, mapping excess water risks, developing methods of excess surface water monitoring and forecast as well as numerical analyses of influences of climatic changes.

The opportunities offered by the new technologies relying on more intensive monitoring capabilities should be promoted widely along with open data access to interested parties (water managers, agricultural practitioners and ordinary citizens).

The study focuses on the Hungarian researches, therefore, the international perspective ignored. The article mainly deals with the areas where the highest scientific activity was observed in the last two decades.

Keywords

inland excess surface water, surveying of excess surface water inundation, remote sensing, risk of excess surface water, hydrology of excess surface water

A BELVÍZ MINT ÖSSZETETT VÍZGAZDÁLKODÁSI JELENSÉG

A belvív rendkívül összetett, nehezen kiismerhet vízgazdálkodási jelenség. Nem véletlen, hogy a hozzákapcsolódó veszélyeztetettséget jórészt tapasztalati úton tudjuk csak értékelni, azaz a múltbéli adatokra támaszkodunk, és abból próbáljuk a jövő t leképezni, az ellene való védekezésre felkészülni. Megjelenésére mindig számítanunk kell, de térbeli eloszlását csak a tényleges előntések mutatják meg. A belvív, az árvíznél nehezebben mérhet, számszer síthet, sokkal több paraméterrel, pontatlanabban írható le, és jóval bizonytalanabban jelezhet el re.

Nagy területeken, változékony kiterjedéssel és térbeli mintázottsággal jelenik meg, ezért annak természete nehezebben kutatható.

A belvív elleni védekezés a magyar vízgazdálkodás meghatározó feladata. A veszélyeztetettség területi arányát tekintve hazánk különleges helyzetben van. A Kárpát-medence legmélyebb részén elhelyezked nagykiterjedés síkvidékeink egységes m szakai beavatkozással elvégzett árvízmentesítése sajátos vízgazdálkodási helyzetet teremtett, és talajtani, domborzati, valamint hidrológiai adottságai jó „táptalajt” szolgáltatnak a belvív képzéséhez.

A belvív keletkezésének összetettségét mi sem mutatja jobban, minthogy értelmezésére több mint ötvenféle fogalom született (Pálfai, 2001). A fogalmak terén egyfajta evolúciónak lehetünk tanúi, melyet a mindenkori társadalmi-gazdasági környezet formált az egyes szakterületek és ágazatok szempontrendszerei szerint. A belvív megítélése, hatása és az ellene való védekezés eszközei rendszerre történelmileg változott és változik, de keletkezése - a szintén történelmileg kialakult rendszerek miatt - hosszú időre determinált.

Az első belvív-definíciók a belvív kialakulásának okaként az árvízmentesítést jelölik meg, éppen ezért csak az árvízmentesített területekre vonatkoztatják a belvizet. Az árvízmentesítés-töltésépítési munkálatok megkezdésével az árvízmentesített területeken megjelenő vizek majdnem akkora gondot okoztak a földbirtokosoknak, mint a korábbi árvizek. Ebben az értelmezésben a belvív az árvízmentesítés következményeként lényegében emberi beavatkozás hatására jön létre, és alakulásának is döntően emberi beavatkozási okai vannak.

A fogalmak jelentésrész a lefolyástalanságból indul ki, azaz a domborzat szerepét emelik ki, mintegy jelezve, hogy nem pusztán emberi hatások a meghatározók a belvív kialakulásában. Ezzel arra is utalnak, hogy az ember szerepe a belvív keletkezésben és a hatások mérésében is korlátozott.

Más fogalmak a csapadék, a talajvízmélység, a felszíni és felszín alatti hozzáfolyás, a hőmérséklet valamint a talajvízháztartás szerepét emelik ki, azaz a belvizek kialakulásáért a véletlenszerűen kialakuló természeti tényezők egybeesését teszik felelőssé.

Meghatározó halmazt képviselnek azok a fogalmak, melyek nem csak a felszíni elöntést tekintik belvívnek, hanem a közvetlenül hozzákapcsolódó talajtérben lévő vizet is. Ez alapjaiban más szemléletet kölcsönöz a belvív megítélésének, genetikájának, kártételeinek és az ellene való védekezés eszközei rendszerének.

Vannak fogalmak, melyek a belvizet annak hatásai alapján azonosítják, nevezetesen a „káros, helyben nem hasznosítható” vizet nevezik belvívnek. Ez a fogalom meghatározás azt igyekszik hangsúlyozni, hogy nem minden vizet kell elvezetni, csak azt, ami kárt okoz, illetve az adott helyen nem hasznosítható, feltételezve, hogy az egzakt módon lehatárolható. A fogalom szerinti kitételeket a területhasználat (mezgazdaság, település, közlekedés, ipari és gazdasági létesítmények) szempontjából is mérlegelni kell, ami megnehezíti annak eldöntését mit tekintünk belvívnek és hogyan kezeljük azt (Váradi és társai 2015).

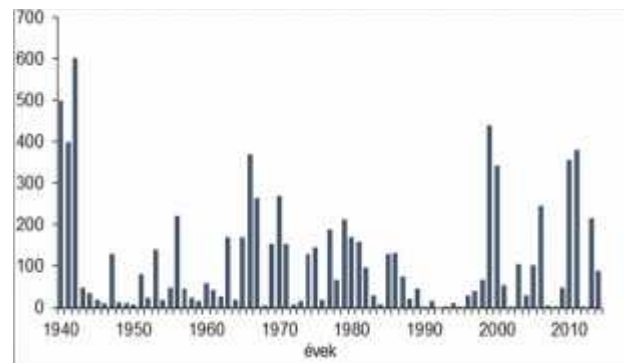
Napjainkban a belvívre általában, mint káros jelenségre tekintünk, és az elöntések nagyságának és tartósságának csökkentésére törekszünk. Az elmúlt évtizedek tapasztalatai rámutattak arra, hogy az elöntések nagyságaira (maximális értékére) módszertani megoldásinkkal vajmi kevés befolyásunk van (Kozák 2006), a tartósság néha rendkívüli erőfeszítéssel és költségekkel csökkenthető csak. Ebből is látszik, hogy a belvizek természetét kevésbé sikerült kiismerni, a megjelenésére adott válaszok

olykor tévúton jártak. Persze ebből az is következik, hogy a belvizekkel meg kell tanulnunk együtt élni, hiszen keletkezését megakadályozni nem tudjuk, hasznát viszont vehetünk belőle. Az elvezetett mennyiségek nyilvánvalóan hiányoznak az adott vízrendszerből, melynek káros hatásait már megtapasztalhattuk.

Belvízi elöntések

A belvízelvezető rendszerek XIX. század végétől zajló folyamatos fejlesztésének ellenére az 1940-es évek elején a valaha tapasztalt legnagyobb belvízi elöntések jelentek meg. 1942-ben megközelítette a 600 ezer hektárt (Pálfai 2004). A belvízrendszerek kiépítettségének növekedésével a nyolcvanas évekre az elöntések 50-100 ezer hektárra mérséklődtek. A kiépítettségbe vetett hitet az 1999. évi nagy belvív jelentősen csökkentette. Az elöntések újra az 500 ezer hektárt közelítették (1. ábra). A 1998-2000. évi belvizek okait sokan elemezték, és azonos következtetésre is jutottak: a felbomlott nagyüzemi gazdálkodás következtében a táblán belüli vízrendezések és azok fenntartásának megszűnése, csatornák elhanyagolása, a rekonstrukciók hiánya (Somlyódy 2011).

De a tapasztalatok és az okok fejtegetésén túl azóta sem sikerült alföldi méretekben fizikailag „lemodellezni” miért is alakultak ki ekkora elöntések. Az 1999-2000. évekhez hasonló nagyságú elöntések kialakulására sem kellett harminc évet várni. 2010-2011-ben a maximális elöntések 400 ezer hektár körül voltak (URLI).



1. ábra. Belvízi elöntések Magyarországon (ezer hektár). Forrás: URLI

Figure 1. Excess surface water inundation in Hungary (thousand hectare). Source: URLI

A belvív okozta károk

A belvizek első sorban a mezgazdaságban okoznak súlyos károkat, mint pl. a termés mennyiségének csökkenését, minőségének romlását, a tenyészidő módosulását, valamint a talajszerkezet, talajminőség romlását és a talaj mikrobiológiai aktivitásának csökkenését. Ez utóbbi hatások együttesen csökkentik a talaj termékenységét.

A károk értelmezése sokrétű és ágazatfüggő. Értéke a jelentősebb elöntések idején (200-300 ezer ha között) 10-20 Mrd Ft körül lehet (Somlyódy 2011), de ez csak a közvetlenül az adott évben értelmezhető, a nyílt vízborításokhoz köthető károkat foglalja magába, azokat is pontatlanul. A belvív közvetett, késleltetett hatásait célszerű lenne számszerűsíteni, hogy a döntéshozók világosabb képet kapjanak a problémáról.

A talajban a belvízi elöntések hatására végbemen káros hatások (eliszapolódás, kilúgozódás, talajélet csökkenése stb.) évekre vethetik vissza az adott terület termékenységét. A vízborítások miatt bekövetkező talajszerkezeti degradáció már akár ugyanabban az évben növeli az aszályérzékenységet, azaz a vízgazdálkodási szélsőségek fokozottan érintik a belvív-veszélyeztetett területeket. Annyi bizonyos, hogy a hazai agrárágazat teljesítőképességét – az aszályal karöltve – érdemben visszaveti.

A belvív nem csak a mezőgazdaságot sújtja. A belterületeken keletkezve az épületek állékonyságát veszélyezteti, közegészségügyi vonzatai vannak, de a közlekedési infrastruktúrára is potenciális kockázatot jelentenek az elöntések.

A BELVÍZI KUTATÁSOK STRATÉGIAI IRÁNYAI

A síkvidéki vízrendezéshez kötődő tudományos igény a vízügy oldaláról többször megfogalmazódott, 2001-ben kutatás-fejlesztési koncepció is született (URL2). 2015 év elején az Országos Vízügyi Főigazgatóság Tudományos Tanácsának Belvízvédelmi Munkacsoportja – Váradi József vezetésével - a belvízmentesítés hatékonyságának javítását célzó tanulmányt készített, melyben stratégiai célokat és operatív feladatokat fogalmazott meg. Ehhez kapcsolódóan, illetve erre épülve kirajzolódnak a belvízmentesítést támogató legfontosabb kutatási irányvonalak is. A Magyar Tudományos Akadémián 2016. május 9-én megrendezett „A magyar víztudomány és intézményrendszerének fejlesztése – a fenntartható vízgazdálkodás és a versenyképes Magyarország érdekében” című osztályrendezvényén szintén felvázolásra kerültek a hazai belvízkutatás sarokpontjai.

Napjainkra a belvízzel kapcsolatos kutatások - a nagy múltú vízgazdálkodási kutatóbázisok többségének megszűnésével - csak „sziget-szer” maradtak meg. Az új iskolák építése nem egyszerű feladat, de a meglévő kapacitások hálózatosságával lendületet lehetne adni a síkvidéki vízrendezés hazai tudományos világának.

Belvizek észlelése, felmérése

A belvív két fő hidrológiai jellemzője az elöntés nagysága és a lefolyás mértéke. Az elöntött területek felvételezése évtizedeken keresztül szemrevételezéssel történt, aminek megbízhatósága nyilvánvalóan korlátozott. Az ebből készült gyakorisági térképek ennek megfelelően pontatlanok. A kezdeti repülőgépről végzett felméréseket gyakran az időjárás lehetetlenítette el, kiértékelésük nagyon munkaigényes feladat volt (Pálfai 1984). A belvizek légi felmérésének módszertani kutatása a VITUKI-hoz kötődött (Licskó és társai 1993), mely az intézmény megszűnését követően is folytatódott (Licskó 2009).

A térinformatika és a távérzékelés rohamos fejlődésével a belvíztérképezés előtt is új távlatok nyíltak. A nagy területekről rövid idő alatt homogén adatrendszerrel biztosító távérzékelés lényege a különböző felszínulajdonságok eltérő spektrális tulajdonságain alapszik. A felszín által kibocsátott illetve a felszínről visszaverődő sugárzás intenzitása változó a különböző hullámhossztartományokban. Minél több tartomány intenzitását tudjuk mérni,

annál több információt nyerhetünk a föld felszínéről. A víz visszaverődési intenzitása a növekvő hullámhosszal csökken. Ez az alapja, hogy a belvízfoltok és a túlnedvesedett talajok – elsősorban az infravörös tartományban – jól térképezhetők.

Távérzékeltelem adatokat a holdakról, különböző magasságokban felvételező repülőgépekről és földközeli eszközökről lehet nyerni. Tekintettel a víz sugárzáselnyelési tulajdonságaira, a látható és infravörös tartományban a köd multispektrális szenzorok (4-20 sávban méri a visszaverődő sugárzásokat) alkalmazása vált elterjedté a belvizek térképezésében.

A Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI) 1998-tól kezdve a felvételek alapján készített belvízelöntési térképeket, különösen az 1999-es és a 2000-es nagy elöntés években (Csornai és társai, 2000). A nagy felbontású felvételekből 0,1 ha-os részletességgel levezetett tematikus belvíztérképek segítségével a nyílt belvízen kívül a mezőgazdasági területek szempontjából az ugyancsak káros vízzel túltelített talaj, valamint a vízben álló növényzet is lehatárolható volt.

A Szegedi Tudományegyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszéke - közepes felbontású felvételekkel végzett - belvíztérképezései (2. ábra) a felsőoktatási területek között kiemelkedő (Rakonczai 2001, Mucsi és Henits 2011).

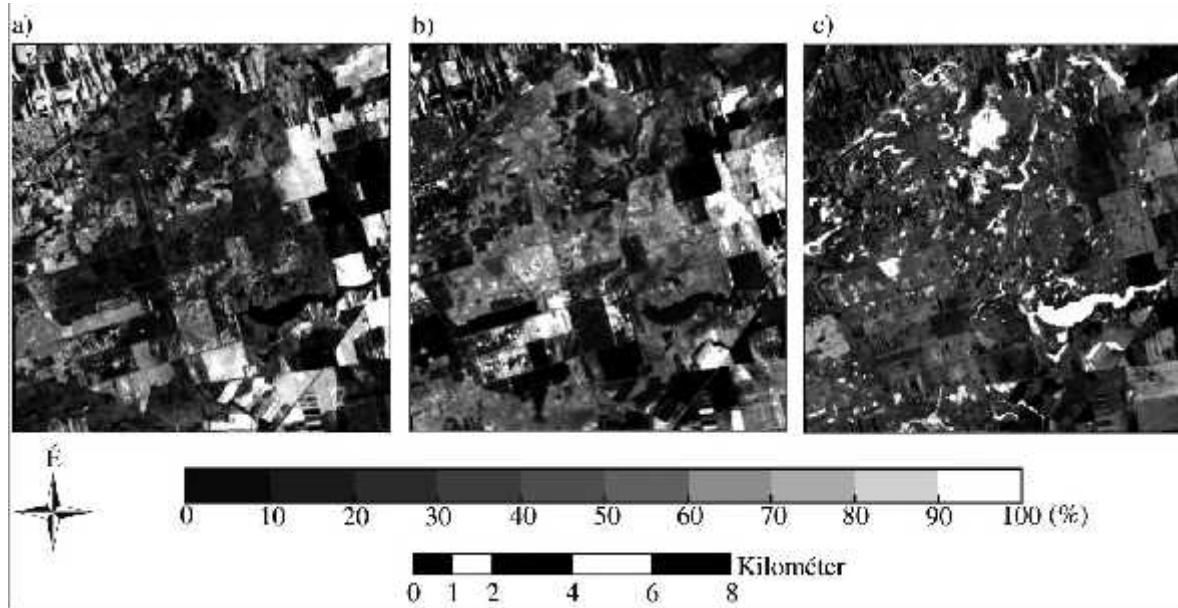
A napszinkron pályán haladó holdak a vizsgált területet mindig ugyanabban a napszakban felvételezik, ezért alkalmasak az összehasonlító vizsgálatokra. A belvízi elöntések nyomon követése - a részletes térbeli felbontás mellett - jó időbeli gyakoriságot is igényel. A multispektrális szenzort hordozó holdak 1-2 hetes visszatérések, de a nemrégiben pályára állított Sentinel-1A küldenek távérzékeltelem adatokat. Hasonló gyakoriságú felvételeken alapuló vizsgálat eddig csak több, eltérő felbontású hold együttes használatával volt lehetséges (pl. SPOT, LANDSAT, IRS).

Az optikai sávú passzív szenzortechnikának (önmaga nem bocsát ki elektromágneses sugárzást, csak a felszínről érkező jelet detektálja) nagy hátránya, hogy az időjárási feltételek jelentősen befolyásolják, a felhő fedettség megakadályozza a belvízi elöntések térképezését.

A Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI) nagy felbontású úgynevezett Szintetikus Apertúrájú Radar (SAR) technikát alkalmazott a közelmúltban a belvizek térképezésére. (3. ábra). A SAR technika lényege, hogy a hold rádiósugarakat bocsát ki a felszín felé, melyek visszaverődési idejét méri (aktív szenzor). Az alkalmazott frekvencia lehetővé teszi, hogy a mintavételezés gyakorlatilag független legyen az időjárástól. Tekintettel arra, hogy a jel áthatol a felhő rétegen, a holdfelvételek felhős időszakban is információt nyújtanak a felszínről. A 3. ábrán látható belvíztérkép az ingyenesen elérhető Sentinel-1A hold C sávú felvételei segítségével készült. A jelenleg alkalmazott technológia csak a nyílt belvív elkülönítését teszi egyelőre lehetővé, de jelenleg is intenzív fejlesztés folyik a többi kategória (pl. vízzel átitatott

talaj, vízben álló növényzet) azonosítása érdekében (URL3). Az operatív beavatkozásokat támogató és a veszélyeztetettség pontosításához szükséges belvíztérképezésnek ezen az úton kell haladnia. A nagy tér- és időbeli felbontással végzett távérzékelés a belvízi lefolyások, összegyülekezések dinamikájára is választ adhat.

zések ezen az úton kell haladnia. A nagy tér- és időbeli felbontással végzett távérzékelés a belvízi lefolyások, összegyülekezések dinamikájára is választ adhat.



2. ábra. A felszínborítási típusok aránytérképei a 2000. 04. 23-i Landsat ETM+ alapján (a - talaj; b - növényzet; c - vízfelületek)
Forrás: (Mucsi és Henits 2011)

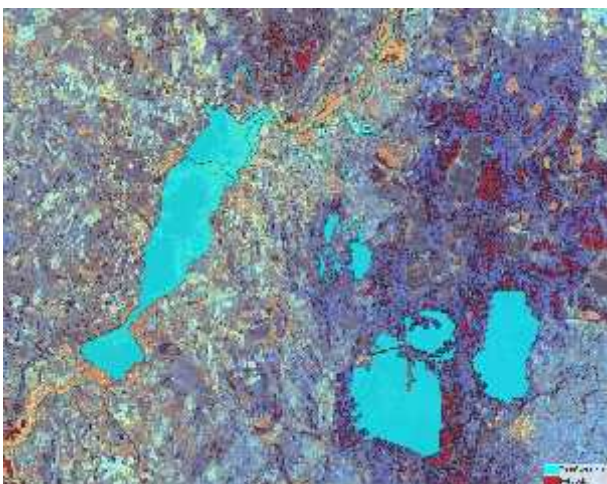
Figure 2. The ratio maps of land cover types based on the Landsat ETM+ image taken on 23rd April 2000. (a - soil; b - vegetation; c - water surfaces). Source: (Mucsi and Henits 2011)

Veszélyeztetettség térképezése

A síkvidéki vízgyűjtő területek fajlagos vízszállító képességének szükséges mértékét az 1950-es években geometriai, talajtani és csapadék adatok alapján igyekeztek meghatározni, melyből a veszélyeztetettség is lehetett következtetni. Az első veszélyeztetettség térképet a VITUKI szerkesztette meg az 1970-es évek végén a mértékadó belvizes évek előntési térképeinek felhasználásával (Pálfai 2004).

1981). A fokozottan veszélyeztetett területek esetében az alkategóriákat a belvízveszély csökkentésének lehetséges módjai szerint képezték.

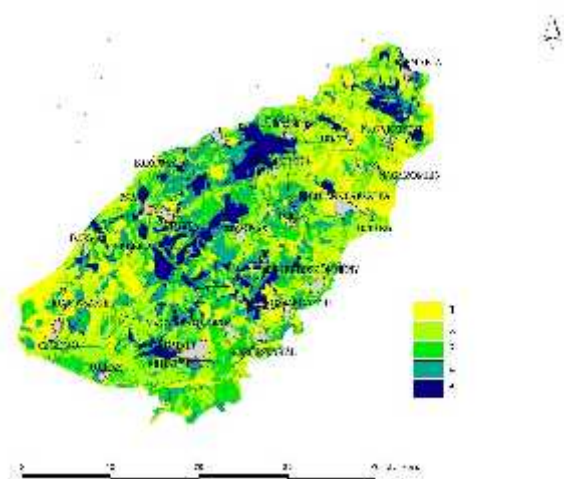
A veszélyeztetettség területi különbségeinek elkülönítéseire a tényleges előntések felmérésein alapuló gyakorisági térképezést vezettek be az 1980-as évek elején (Pálfai 2004), mely a belvízrendezési feladatok elrejelzésének egyik alappillérvé vált a Tisza-völgyében (Petrasovits és Szalai 1986).



3. ábra. Radar színkompozícióban megjelenített belvízi előntések a Tisza-tó környékén 2016-ban. Forrás: FÖMI

Figure 3. Radar colour composite image of excess surface water inundation around Tisza Lake in 2016. Source: FÖMI

A belvíz kialakulásában szerepet játszó talajtani tényezők alapján az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete kategória-térképet készített (Várallyay és társai



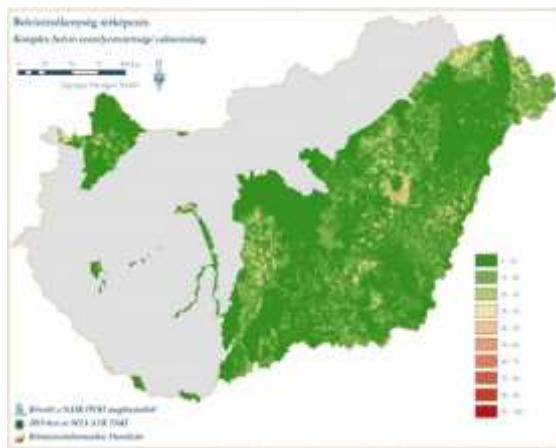
4. ábra. A Berettyó-Sebes-Körös közeli belvízrendszer belvíz-veszélyeztetettség térképe. Forrás: Bíró és társai (2000)

1 – nem veszélyeztetett, 5 – erősen veszélyeztetett
Figure 4. Excess surface water risk map of Berettyó-Sebes-Körös drainage system. Source: Bíró et al. (2000)
1 - no risk, 5 – high risk

A belvív kialakulásában szerepet játszó tényez k (talajtani és sekélyföldtani tényez k, talajvíz, m velési ág, stb.) figyelembevételével a gyakorisági térképeket továbbfejlesztették. A 1:200 000-es méretarányú térképek négy, illetve három veszélyeztetettségi kategóriát tartalmaztak az Alföld teljes területére (Pálfai 1994).

A térinformatikai eljárások fejlődésével – ugyanezen elv mentén, de a kiváltó-befolyásoló tényez k és az előntések közötti térbeli összefüggéseinek feltárásával – újabb kategória-térképek készültek a Berettyó-Körös vidéki mintaterületre (4. ábra) és Pest megyére (Thyll és Bíró 1999, Bíró és társai 2000, 2001).

A Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ Hálászati és Öntözési Kutatóintézetének, majd Öntözési és Vízgazdálkodási Önálló Kutatási Osztályának vezetésével ehhez a módszerhez hasonlóan, de azt továbbfejlesztve készült el Békés megye veszélyeztetettségi térképe, valamint az országos áttekint térkép is (5. ábra). A szintézis térkép 6 befolyásoló tényez és az előntési gyakorisági térképek közötti regresszió alapult (Körösparti és társai 2009).



5. ábra. Országos veszélyeztetettségi térkép

Forrás: URL

Figure 5. Excess surface water risk map of Hungary

Source: URL

A korrelációkon alapuló veszélyeztetettség térképezésének örök dilemmája a kiváltó-befolyásoló tényez k, mint független változók közötti kapcsolatok (pl. domborzat-talaj-m velési ág) kezelése. A kiváltó tényez k közötti bels kapcsolatrendszer, az autokorrelációt, a nem lineáris összefüggésekb l származó bizonytalanságokat Van Leeuwen (2012) neurális hálózatokon alapuló új klasszifikációs eljárással kezelte.

A veszélyeztetettségi térképezésben az elmúlt két év-tizedben számos új eredmény jelent meg. Az új technológiák, eljárások, elméletek próbálják kiküszöbölni a belvizek tér- és id beli megjelenésének véletlenszer ségéb l származó bizonytalanságokat. A földi méréseket ért kritikákat a távérzékelés sem tudja maradéktalanul eloszlatni. Bár az összegyülekezés dinamikájának feltárásában pótolhatatlan eszköz és nagyságrendekkel több információt biztosít számunkra a telemetria, kiértékelése továbbra is tartalmaz szubjektivitásokat.

A veszélyeztetettség objektív meghatározásához a belvizek dinamikájának minél pontosabb megismerésén keresztül vezet az út.

Hidrologiai modellezések

A belvizet kiváltó okok jól ismertek: tartós csapadék, ennek következtében el álló telített talaj, illetve magas talajvízszint, nagymennyiség hóban tárolt csapadék, talajfagy, gyors hóolvadás, illetve azzal egyidej es zések.

A kiváltó és befolyásoló tényez k együtthatásának értékelése tapasztalati úton alig lehetséges, ezért is nem jutunk sokkal közelebb a veszélyeztetettség objektívabb meghatározásához, és ez az egyik oka a pontatlan el relzésnek is. A belvizek természetének kiismerésében a belvízhidrologiai kutatásoknak, azon belül a belvízi összegyülekezés folyamatleírásának van meghatározó szerepe.

A belvízrendszerek hidrologiai folyamatainak vizsgálatára alapvet en két irányvonal alakult ki. Az egyik az elvezetett vízmennyiséget az érkező csapadék lefolyás képez hányadából, az összegyülekezés folyamatát vizsgálva határozza meg. A másik irányzat nem a hagyományos rendszerelméleti megközelítést alkalmazza, a tényleges előntési és elvezetési adatokból indul ki (Koncsos és Balogh 2009).

A belvizek folyamat alapú matematikai leírásával több kutató is foglalkozott (Kienitz 1970, Ijjas 1982, Vágás 1989, Pálfai 1989, Kozák 2006, Szlávik és társai 2009;). A felállított modelleknek alapvet korlátja a hiányos térbeli adatellátottság, emiatt számos egyszer sítést kénytelenek alkalmazni, eredményeik öblözeti szinten értelmezhet k.

A térinformatikai és a távérzékelési eljárásokat professzionálisan alkalmazó hazai tudományos m helyek térképezési eljárásai épp a térbeli felbontásban er sek, de a belvízi jelenség hidrologiai folyamatairól, annak id beni lefolyásáról nem nyújtanak információt. Az öblözeti szint hidrologiai elemzések és a geoinformatikai megoldások el nyeinek egyesítésére eddig nem sok próbálkozás született.

A Budapesti M szaki és Gazdaságtudományi Egyetemen Vízi Közm és Környezetmérnöki Tanszékén az eddig ismert belvízkutatási módszereken bizonyos értelemben túllépve, a tér és id beliséget párhuzamosan kezel integrált hidrologiai modell felállítását végezték el. A háromdimenziós területi és az egydimenziós mederbeli folyamatok dinamikus leírását algoritmus szinten kapcsolták össze (Kozma 2014).

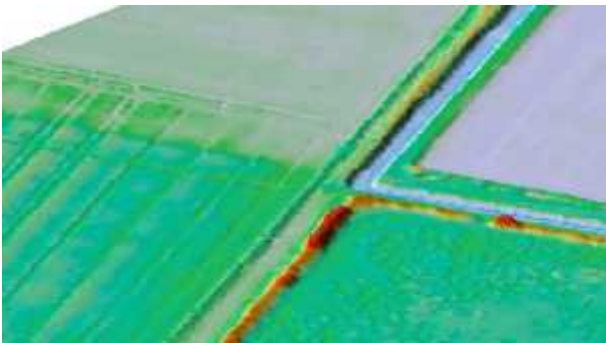
Ez a belvízkutatási módszer forgatókönyv szemlélet , a hidrologiai-hidrodinamikai folyamatok fizikai leírására épül. A Szamos-Kraszna közti mintaterületre részletes kockázatértékelést is végeztek (Kozma és társai 2013).

A belvív hidrologiájának elemzéséhez több modell-környezet áll rendelkezésre (pl. MIKE SHE, HEC-HMS, MODFLOW, WR-IHM). A fizikai alapú modellek adatigényének kielégítéséhez, - mely alapjaiban határozza

meg azok megbízhatóságát – a távérzékelési kutatói m - helyek eredményeit intenzíven hasznosítani kell.

A belvízképzés szempontjából az egyik legmeghatározóbb tényező a domborzat. Ma már rendelkezésre állnak azok a technológiák, melyek alkalmasak nagy területek levegőtörténymagassági viszonyainak felmérésére. A lézerpulzusokkal végzett felszínletapogató (LIDAR) vertikális pontosságának fokozásával a síkvidéki területek mikrodomborzata is térképezhető. Ezzel a technológiával a vonalas létesítmények és minden olyan egyéb terepi elem felmérhető, mely az összegyűjtési folyamatokat befolyásolja (6. ábra). A részletes domborzati modell a belvízfoltokban tárolt vízmennyiség számítását is automatizálhatja.

A hiperspektrális felvételezésekkel a mederérdességi tényező térbeli felbontása olyan távlatokat ért el, melyekkel a nyílt csatornák aktuális teljesítőképességét minden eddiginél jobban lehet becsülni.



6. ábra. Lidar technológiával felmért síkvidéki terület domborzati modellje. Forrás: Bíró (2014)

Figure 6. DTM of lowland surveyed by Lidar technology
Source: Bíró (2014)

A statikus tényezők sorában a talajtani és a sekély földtani jellemzők a legnagyobb „fehér foltok”. A talajtani adatok térbeli részletessége nagy heterogenitást mutat, nem beszélve arról, hogy a pillanatnyi talajállapot erősen földhasználat és agrotechnika függ. A talaj a legnagyobb tározótér. Amíg nem tudjuk még közelítőleg sem meghatározni az aktuális tározási kapacitását (vízzáró réteg mélysége, vízkapacitási értékek, aktuális víztartalom), addig a keletkező belvíztömegek számítása sem oldható meg igazából.

Nagy területeken bizonyos talajtani jellemzők levegőben üzemeltetett szenzorokkal (pl. geofizikai) történő mérése elvileg lehetséges, de a gyakorlatban még nem működik. A hazai szenzortechnika-fejlesztésnek, légi távérzékelésnek és talajtani kutatásnak egy igazi kihívás.

A vízmérlegek számításához szükséges paraméterek is egyre jobban közelíthetők távérzékelési adatokból. E téren is említhetők hazai eredmények. A BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszékén (MTA Vízgazdálkodási Kutatócsoport) a m holdas felszínhőmérsékletmérésekkel végzett területi párolgásbecslés terén komoly eredményeket értek el (Szilágyi 2015).

A belvízi elöntések nagyfelbontású m holdas (elsősorban radar) felvételezései a belvizek dinamikájának

kiismeréséhez még közelebb kerülhetünk és egyben a hidrológiai modelleredmények is hitelesíthetők.

Elrejelzés

A belvív kialakulását statikus és dinamikus tényezők okozzák. A statikus elemek, mint a domborzat és a talaj viszonylagos állandóságot mutatnak, a dinamikus (pl. meteorológiai) tényezők ugyanakkor rövid időn belül változhatnak. Bár a meteorológiai események elrejelezhetőek és az elrejelzés pontossága nagyon sokat javult az elmúlt években, a talajvízszelés térbeli hiányosságai és a statikus tényezők nem kellő részletesség ismerete miatt a belvizek elrejelzése továbbra is nagyon bizonytalan.

A belvizek hidrológiai kérdéseivel az 1950-es évektől számos neves hazai kutató foglalkozott, az elrejelzéssel közülük viszont csak néhányan. Legtöbbször hidrometeorológiai és belvízi adatok összefüggésvizsgálatával, valamint vízmérleg-számítással becsülték a keletkező belvíztömegeket illetve az elöntéseket. Hazánkban a belvizek elrejelzésére a Pálfai (1993) által kidolgozott belvízességi index számítása terjedt el.

A védekezésre való felkészüléshez idővel nyit a monitoringhálózat (talajvízszelések, talajnedvességmérések, elvezet rendszerek állapota) és az üzemirányítási rendszereket támogató mérőhálózat (vízállás-, vízhozam-mérések) fejlesztésével, valamint a térbeli állandóságot mutató tényezők minél részletesebb adatbázisával lehet elérni. Ezek segítségével - a meteorológiai elrejelzések alapján - lényegesen közelebb kerülhetünk a várható valósághoz.

ÖSSZEFOGLALÁS ÉS JAVASLATOK

A társadalom belvizekhez való hozzáállásán változtatni kell, és ebben a tudományos világnak kiemelt szerepe van. A belvizek keletkezését ugyanis a hazai síkvidéki talajtani, domborzati és hidrometeorológiai viszonyok között megakadályozni nem lehet.

A hazai belvízkutatás komoly történelmi múltra tekint vissza. Mivel a belvív sajátos jelenségünk, alapvetően a honi vízgazdálkodási kutatási eredményekre támaszkodhatunk, de a külföldi tudás- és technológia-intenzív megoldásokat is fokozottan alkalmaznunk kell.

Az elmúlt évtizedekben számos tudományos eredmény látott napvilágot a belvív-veszélyeztetettség térképezése és az öblözeti szint hidrológiai elemzések terén. A belvízképzés összetettsége miatt elsősorban tapasztalati elv a belvizek kutatása, de a folyamatok fizikai leírására is van több példa.

A belvizek hidrológiájának kiismerése nem egyszerű feladat, de a tudományos feltételek rendelkezésre állnak. A korszerű távérzékelési technikák által nyerhető adatok a megfelelő modellezési környezetben sokkal közelebb vihetnek bennünket a belvizek természetének megismeréséhez. A pontosabb veszélyeztetettség-térképezésnek és elrejelzésnek is ez a kulcsa. Fejleszteni szükséges ugyanakkor a mérőmegfigyelő hálózatot, és egyes esetekben új felvételezési/felmérési eljárásokat is ki kell

dolgozni. Az adatbázisokat pedig mindenki számára hozzáférhetővé kell tenni.

A síkvidéki vízrendszereink hidrológiai feltárása és elemzése a szerep- és felelősségvállalás tekintetében is sarkalatos kérdés. Ki és milyen mértékben növeli a lefolyásokat, mekkora felelőssége van az elöntésekben, annak tartósságában, ki viselje a szükséges fejlesztések, valamint a fenntartás, üzemeltetés költségeit, és még hosszan lehetne sorolni a kérdéseket, melyekre hamarosan választ kell találni.

A belvízhidrológiai kutatások felfuttatása a klímaváltozásra való felkészülés tekintetében is elengedhetetlen. A legnagyobb bizonytalanság ugyanis a belvizek esetében mutatkozik. A megváltozó csapadékossági és hőmérsékletviszonyok eredetjére a belvízkeletkezés összetettsége miatt nagy bizonytalansággal lehet csak következtetni. Márpedig a belvízrendezés stratégiáját többek között ehhez is igazítani kell(ene).

IRODALOM

Bíró T., Thyll Sz., Tamás J., Lénárt Cs. (2000). Térinformatikai módszerek alkalmazása a belvíz-veszélyeztetettség térképezésében. *Magyar Hidrológiai Társaság XVIII. Vándorgyűlése. Veszprém.* 754-759.

Bíró T., Mozsgai K., Pálvölgyi T., Thyll Sz., Tóth A. (2001). Pest Megye belvíz helyzetének feltárása és elemzése. Tanulmány. 105. p.

Bíró T. (2014). A Mezőgazdasági Vízhatalmi Adattár távérzékelési technológiákon és geoadatbázisokon alapuló koncepcionális térinformatikai modellje. Kézirat. 20. p.

Csornai G., Lelkes M., Nádor G., Wirnhardt Cs. (2000). Operatív árvíz- és belvízmonitoring távérzékeléssel. *Geodézia és Kartográfia*, **LII**. 5. 6-12.

Ijjas I. (1982). A síkvidéki térségek belvízjelenségeinek matematikai modellezése. In: *Petrasovits I. (szerk.): Síkvidéki vízrendezés és gazdálkodás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.* 134-163.

Kienitz G. (1970). A belvízhullám-leképezés gyakorlati felhasználásának kérdései. *Vízügyi Közlemények*, 1970. 4. füzet, 457-473.

Koncsos, L., Balogh, E. (2009). Belvízkockázatok számítása korszerű hidrinformatikai eszközökkel. *Magyar Hidrológiai Társaság XXVII. Országos Vándorgyűlése, Baja.* 462-485.

Kozma Zs., Muzelák B., Koncsos L. (2013). A Belvízi Jelenségek Integrált Hidrológiai Modellezése – Tapasztalatok a Szamos-Kraszna közeli mintaterületen. *Magyar Hidrológiai Társaság XXXI. Országos Vándorgyűlése, Gödöllő.* 11. p.

Kozma Zs. (2014). *Belvízi szélsőségek kockázatalapú értékelésének és modellezési módszertanának fejlesztése.* Doktori (PhD) értekezés. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest. 160 p.

Kozák P. (2006). *A belvízjárás összefüggéseinek vizsgálata az Alföld délkeleti részén, a vízgazdálkodás európai elvárásainak tükrében.* Doktori (PhD) értekezés. Szegedi Tudományegyetem, Szeged. 104 p.

pai elvárásainak tükrében. Doktori (PhD) értekezés. Szegedi Tudományegyetem, Szeged. 104 p.

Körösparti J., Bozán Cs., Pásztor L., Kozák P., Kuti L., Pálfai I. (2009). GIS alapú belvíz-veszélyeztetettség térképezés a Dél-Alföldön. *Magyar Hidrológiai Társaság, XXVII Országos Vándorgyűlése, Baja.* 472-485.

Licskó, B., Morvay, K. and Vekerdy, Z. (1993). Application of remote sensing techniques at VITUKI between 1986 - 1990. In: *Remote sensing for monitoring the changing environment of Europe: Proceedings of the 12th EARSeL Symposium, Eger, Hungary 8-11 September, 1992 / ed. by Winkler.* Rotterdam: Balkema, 211-215.

Licskó B. (2009). A belvizek légi felmérésének tapasztalatai. *Magyar Hidrológiai Társaság, XXVII Országos Vándorgyűlése, Baja.* 503-513.

Mucsi L., Henits L. (2011). Belvízi elöntési térképek készítőközpontosított felbontású felvételek szubpixel alapú osztályozásával. *Földrajzi Közlemények.* **135.** 4. 365-378.

Pálfai I. (1984). Belvíz-hidrológiai adatok gyűjtése és feldolgozása. *A Magyar Hidrológiai Társaság V. Országos Vándorgyűlése.* III. kötet. 32-40.

Pálfai I. (1989). A mértékadó belvízhozam számítása lefolyási és elöntési adatokból. *Vízügyi Közlemények*, 71. évf. 2. füzet, 262-275.

Pálfai I. (1993). A belvízességi index. *A Magyar Hidrológiai Társaság XI. Országos Vándorgyűlése.* 113-120.

Pálfai I. (1994). Az Alföld belvíz-veszélyeztetettség térképe. *Vízügyi Közlemények.* LXXVI. évfolyam 3. füzet. 278-290.

Pálfai I. (2001). A belvíz definíciói. *Vízügyi Közlemények.* LXXXIII. évfolyam 3. füzet. 376-392.

Pálfai I. (2004). Belvizek és aszályok Magyarországon. Hidrológiai tanulmányok. VITUKI, Budapest. 492 p.

Petrasovits I., Szalai Gy. (1986). A mezőgazdasági vízgazdálkodás hosszú távú fejlesztését megalapozó elrejelzés. *Vízügyi Közlemények.* LXVIII. évfolyam, 4. füzet. 452-467.

Rakonczi J., Mucsi L., Szatmári J., Kovács F., Csató Sz. (2001). A belvízes területek lehatárolásának módszertani lehetőségei. *Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa (CD).* 14 p.

Somlyódy L. (2011). Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok. Köztisztviselői Stratégiai programok. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest. 335 p.

Szilágyi J. (2015). Testing the Rationale behind an Assumed Linear Relationship between Evapotranspiration and Land Surface Temperature. *Journal of Hydrologic Engineering.* **20:**(5) Paper 04014073. p. 9.

Szlávik L., Sziebert J., Zellei L. (2009). *Lónyai-f csatorna vízháztartási viszonyainak és a szivattyútelepek belvízbeemelési feltételeinek vizsgálata. A Magyar Hidrológiai Társaság XXVII. Országos Vándorgyűlése. Baja.* 1245-1290.

Thyll Sz., Bíró T. (1999). A belvív-veszélyeztetettség térképezése. *Vízügyi Közlemények, LXXXI évfolyam, 4.* 709-718.

URL1: <http://www.vizugy.hu>. Tájékoztató a 2010-2011 évi belvízi helyzetről. 2011. (<https://www.vizugy.hu/print.php?webdokumentumid=280>)

URL2: <http://www2.vizugy.hu>. A vízrendezés kutatás-fejlesztési koncepciója. 2001. (<http://www2.vizugy.hu/vir/vizugy.nsf/WebSearchView?SearchView&Query=A%20v%C3%ADzrendez%C3%A9s%20kutat%C3%A1s-fejleszt%C3%A9si%20koncepci%C3%B3ja>)

URL3: <http://www.fomi.hu>. Operatív belvíztérképek készítése radar felvételek alapján. 2016. (<http://www.fomi.hu/portal/index.php/hirek-aktualitasok/551-operativ-belvizterkepek-keszitese-radar-felvetelek-alapjan>)

URL4: <http://www.vizugy.hu>. Megvalósult Magyarország belvízi veszélytérképezése. 2015. (<https://www.vizugy.hu/print.php?webdokumentumid=1187>)

Vágás I. (1989). A belvív elvezetése. *Hidrológiai Közlöny.* 69. évf. 2. szám. pp. 77-82.

Van Leeuwen B. (2012). *Artificial neural networks and geographic information systems for inland excess water classification.* PhD Disszertáció, Szegedi Tudományegyetem. 111 p.

Váradi J., Bíró T., Kolossváry G., Kozák P., Kóthay L., Lovas A., Ligetvári F., Rákosi J., Bodnár G., Ijjas I., Ungvári G., Márfa L. (2015). Javaslat a belvízmentesítés hatékonyságának javítására. *Vízügyi Tudományos Tanács Belvízvédelmi Munkacsoportjának véleményes javaslata.* 33. p.

Várallyay Gy., Murányi A., Zilahy P., Dezsényi Z. (1981). A belvízképzésre ható talajtani tényezők Magyarországon síkvidéki területein. *VITUKI Közlemények* 35. 12-14.

A SZERZŐ



BÍRÓ TIBOR a Debreceni Agrártudományi Egyetemen végzett 1994-ben okleveles agrármérnökként. PhD értekezését síkvidéki vízrendezés témakörében 1998-ban védte meg. Oktatói-kutatói pályáját a Debreceni Egyetem Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszékén kezdte. 2009-ben a Károly Róbert F. iskolán folytatta munkáját, ahol kutatási rektorhelyettesként többek között az intézmény távérzékelési tevékenységét is koordinálta. 2014-től a Szent István Egyetem Víz- és Környezetgazdálkodási Intézetének (Szarvasi Campus) igazgatója. Kvassay és Bolyai János ösztöndíjas. Publikációinak száma közel 200.

Kihívások az aszálykutató területén

Tamás János

Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi- és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, 4032 Debrecen Böszörményi út 138. (E-mail cím: tamas@agr.unideb.hu)

Kivonat

Az aszály természetes jelenség. Az aszály különösen akkor súlyos, ha hatása több éven keresztül tart. Az elmúlt évtized európai aszályjelenségeinek területi és időbeli eloszlását megfigyelve hazánkat valamennyi nagy európai aszályesemény érintette. Magyarországnak körülbelül 90%-a van kitéve az aszály kockázatának, elsősorban tipikusan az Alföld térsége. Az aszályjelenséget, amelyet vízhiányként értelmezünk, az emberi tevékenység és a nem fenntartható vízgazdálkodás jelentős mértékben súlyosbítja.

Jelen írás keretében ismertetem az aszályjelenségek, a mérés-adatgyűjtés, a monitoring, az értékelés, az öntözéstechnológia és az aszálykezelés témaköreit. Először kitérek az aszályval kapcsolatos legfontosabb fogalmakra, az aszályformákra, különös tekintettel a mezőgazdasági aszályra, majd ennek a mezőgazdasági termelésre gyakorolt hatására (szántóföldi növénytermesztés, állattenyésztés, természetvédelem esetében). Foglalkozok az aszály mérésével, az adatgyűjtéssel, a monitoringgal kapcsolatos ismeretekkel, valamint a térinformatika és távérzékelés ebben betöltött szerepével. A távérzékelés kapcsán fontos lehetőségek, hogy időszoros vizsgálatokat végezhetünk, és ugyanakkor bizonyos nagy spektrális felbontás mellett már lehetőségünk van légi vagy földközeli anyagvizsgálatokra is. Végezetül pedig összefoglalom az öntözéstervezés hazai kérdéseit. Egy öntözéstervezési rendszerben a megfelelő öntözéstámogatást a talaj - növény - mikroklíma alrendszerek együttes elemzésével tudjuk biztosítani. Összegzésként javaslatokat teszek az aszálykezelés hazai gyakorlatára.

Kulcsszavak

aszály, mezőgazdaság, aszálymodellezés, aszály monitoring

Challenges in drought research

Abstract

Drought is a natural phenomenon and it is particularly severe when it lasts for years. Regarding spatial and temporal distribution of drought in Europe, all major European droughts impacted on our country in the last decade. Hungary has about 90% exposed to the risk of drought, especially typical in the Great Hungarian Plain region. Because of human activity and unsustainable water management, the drought phenomenon can significantly increase, which we can interpret as a water scarcity. This paper evaluated the context of drought phenomena, measurement data acquisition, monitoring, evaluation, irrigation technology and drought management. First of all, I presented the key concepts related to drought, such as drought forms, particularly in the agricultural drought and its impact on agricultural production (crop production, animal husbandry, nature conservation). Then described drought measurement, data collection, monitoring and the role of GIS and remote sensing technologies in drought management. In connection with the remote sensing technologies it is important that time-series analysis can be carried out at the same time and under certain high spectral resolution is now possible different material investigations. Finally, the questions of national irrigation planning was also concerned. In an irrigation system planning to support appropriate watering of the soil - plant - micro-climate subsystems we can provide through the combination of these elements. In conclusion, I made suggestions to the national drought management practices.

Keywords

drought, agriculture, drought modelling, drought monitoring

BEVEZETÉS

Az aszály hétköznapi értelemben általánosan ismert, azonban korántsem egyszeres, hanem komplex fogalom. Ezért fontos tisztázni, hogy azt milyen értelemben kívánjuk használni. Alapvetően tartós csapadékhiányt, és emellett kialakult magas hőmérséklet együttesét jelenti.

Az aszály (drought) használata gyakran keveredik a szárazságéval (dry). Az aszály időben átmeneti jellegű, míg a szárazság tartós. A vízhiányt (water scarcity), amely az emberi tevékenységől származó túlzott vízfelhasználás eredménye, szintén eltérően kell értelmeznünk, amikor az aszály kezelésére (drought management) felkészülünk. Ez utóbbi magába foglalja az aszály monitoringját, aszálykárok mérséklését és csökkentését.

Diszciplínánként is jelentős eltéréseket tapasztalhatunk az aszály fogalmi rendszerére vonatkozóan. *Wilhite és Glantz (1985)* aszálydefiníciókkal foglalkozó írásában több, mint 150 definíciót említ, amelynek száma az eltelt időben tovább növekedett. A definíciók különböző aszályjelenségeket írnak le, amelyek főbb csoportjai a következők: meteorológiai, hidrológiai, mezőgazdasági, gazdasági, társadalmi.

Meteorológiai aszály alatt a tartósság és/vagy intenzitás szempontjából átlaghoz viszonyítva hosszúidejű, esetenként többéves csapadékhiány elfordulását értjük. Hidrológiai aszály a felszíni és felszínalatti vízkészletek hiányát jelenti a vízfolyások hozamának, a hó mennyiségének, és a tavak, tározók, valamint felszín alatti vízadók szintjének szempontjából. Mezőgazdasági aszályról akkor beszélünk, ha egy adott növény igényeihez képest, az

adott id szak párologtató fejlettségi szintjéhez viszonyítva annyira elégtelen a talaj vízszolgáltató képessége, hogy az visszafordíthatatlan károsodást okoz, amely az elvárt terményhozam csökkenésével és a minőségnek jelentős romlásával jár együtt. Gazdasági aszály akkor fordul el, amikor veszélybe kerül térben és id ben a termelés mennyiségi vízellátása, komoly energetikai és szállítási problémák keletkeznek, amely végül a gazdaság piaci zavaraihoz vezet. Társadalmi aszály a fizikai vízhiány révén már meghatározó hatással van az egészségre, jólétre, életminőségre. A tartósan csökkenő vízellátás politikai viharokat, zavargásokat kelthet, az érintett régiók elnéptelenedését, az ott lakók elvándorlását okozhatja. Az alábbiakban elsősorban a mezőgazdasági aszályllyal kívánok foglalkozni, azonban a fogalom komplexitását tekintve érintem a többi aszályjelenséget is.

AZ ASZÁLY TÉRBELI ÉS ID BELI KITERJEDÉSE

Az aszály természetes jelenség. A magyar történelemben mindig el fordultak súlyos aszályok, melyek számtalan esetben tragikus következményekkel jártak. A természeti katasztrófák közül világszerte az aszály érinti a legtöbb embert és szedi a legtöbb áldozatát. A klímaváltozás különösen felerősíti ezt a kockázatot. Hazánkban átlagosan 10 évben 1-3-4 aszályosnak tekinthető, de ezek el fordulási gyakorisága az elmúlt id szakban nőtt és különösen a gördülő aszály jelenségek lettek kritikusak, mikor az egymás utáni aszályos évek többszörösség fokozza az el z évek káros hatásait (Pálfai 1992). Az átlagos éves vízhiány hazánkban a vízmérleg számítások alapján 200-250 mm körül mozog (Somlyódy 2011).

Az aszályllyal kapcsolatos vizsgálatok egyik fő bizonytalansági forrása annak térbeli, id beli és intenzitásbeli lehatárolása. A Kárpát-medence id járását, így az aszály megjelenését is a nagytérségi folyamatok alapvetően meghatározzák. Az aszály nemcsak a Mediterrán térségben, a Balkán félszigeten léphet fel, hanem Európa északi területein is (Szalai, 2009). Hazánkban számolni kell azzal, hogy a több évig tartó, szélsőségesen száraz id járási periódusok rendszeresebben fordulnak el. Gyakrabban kell számolni a nyár elején tapasztalható Medárd-id szak lerövidülésével, vagy elmaradásával. A megfigyelések alapján a Földközi tenger medencéjében kialakuló mediterrán ciklonok gyakoriságának csökkenése is várható, amely nyáron ugyancsak hozzájárul az aszály kialakulásához. Szélsőségesen viszont ezek a ciklonok jelentős csapadékot képesek szállítani (Horányi és társai 2011).

A regionális éghajlati modellek alapján 2071-2100-ra a Kárpát-medence jelentős térségeire is jellemző lesz a szemiárid jelleg, melynek következtében az aszály gyakorisága és kiterjedése is növekszik (Bartholy és társai 2007). Az aszályos periódusokat ugyanakkor nagy intenzitású csapadékos id szakok szakíthatják meg. Így érthető, hogy az aszály és árvíz visszatérési gyakorisága a jövőben egyre szorosabb pozitív korrelációt mutat a világ számos pontján. Az aszálykárok megelőzésének egy fontos lépése, hogy egyre pontosabban feltárjuk a lokális és a globális hidrológiai folyamatok kapcsolatrendszerét (Lehner és társai 2006). Az aszály id ben elhúzódó folyamat, így globális aszályjelenségek vagy ahhoz vezető meteorológiai folyamatok kés-

leltetve jelentkeznek, ezáltal a prognózisok alapján a felkészülésre kapott id tartalékokat a jövőben jobban kellene kihasználnunk.

A meteorológiai aszály kapcsán vita folyik arról, hogy mikor kezdődik egy aszály, azaz milyen hosszú az az id szak, amely már tartósan szárazságot okoz a területen. Természetesen ezek megítélése más meteorológiai elemek esetében is erősen helyfüggő, hiszen a régiók hidrosztatikai mérvadó gyakorisági értékei eltérőek (Szépszó 2012).

Az aszály kialakulásában meghatározó szerepe van a csapadéknak. A csapadék hazánkban a legnagyobb változékonyságot mutató éghajlati elem, ugyanakkor az aszálygyakoriság területileg kis változékonyságot mutat. Ez alapján az ország csapadékosabb, nyugati területeit éppúgy érintheti aszály, mint a szárazabb keleti megyéket. A nyugati és az északkeleti országrészben, decemberben, januárban és februárban fokozottabban kell számolni a téli aszály kialakulásával. A tavaszi aszály a keleti megyékben, míg a nyári és őszi aszály az ország középső területein gyakoribb. Az aszály az ország területének 90%-át érinti, de súlyosságát tekintve a Nagy Alföld kiterjedése a legnagyobb (Pálfai és társai 1999).

AZ ASZÁLY MÉRÉSE, MEGFIGYELÉSE

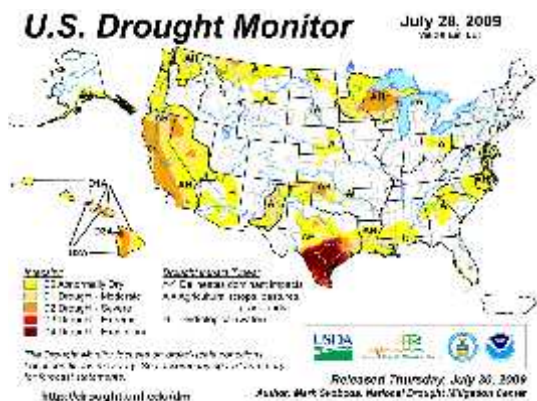
A fentiekben látható, hogy az aszály mérési gyakorlatok korántsem egységesek, és ez el revesíti a nyert adatok interpretációs bizonytalanságát, a különböző adatok összehasonlíthatóságának és különösen átszámíthatóságának hazai és nemzetközi korlátait. A nagyon kiterjedt aszálymérési módszerek közül a gyakrabban alkalmazottakra térünk ki.

A meteorológiai aszály mérése során jelentős bizonytalanságot okoz, hogy a mérést milyen értéknél indítjuk, milyen hosszú id szakot mérünk éven belül vagy több éven keresztül, milyen gyakoriak a mintavételi id szakok és ezek értékeit hogyan halmozzuk. Az id soros adatokban mérőállomásonként és különböző id szakokban nagyon sok heterogenitás (törés, hiány, extrémítás) fordul el, ami az adatok használatát megnehezíti. Az OMSZ kutatói az ingyenes MASH homogenitást vizsgáló statisztikai programot hatékonyan használták a Kárpát-medencére kiterjedő meteorológiai CarpatClim projektben a csapadék és a hőmérséklet id sorainak vizsgálatára (Lakatos és társai 2013).

A mért nyers adatok információ tartalmát könnyebb megérteni, ha különböző származtatott indexeket képeznek belőlük. Az aszálymegfigyelési központok ezeket az indexeket már automatikusan számítják, és digitális térképeken, interneten teszik elérhetővé.

Kontinentális szinten mára minden földrészre vonatkozóan üzemel monitoring rendszer. Az egyik jelentős aszályra vonatkozó hidrológiai probléma, hogy az adatok homogenitása, kompatibilitása és a mérési módszertan korántsem mondható egységesnek, és ez a hatások összehasonlíthatósága területén számos hátrányos következménnyel jár. Ugyanakkor ezek mellett szól, hogy bizonyos aszályjelenségek a felhasználási cél szempontjából speciálisabb indexekkel pontosabban leírható-

ak. Esetenként a jobb adathozzáférés miatt indokolt olyan indexek alkalmazása, amelyekhez részletesebb adatbázis is rendelkezésre áll. Napjainkban különösen a távérzékelési szenzorok spektrális és tér/időbeli felbontásának gyors javulása, a nagyfokú automatizálási lehetőségek eredményezhetik újabb indexek bevezetését.



1. ábra. Amerikai aszálymonitoring
Figure 1. U.S Drought Monitor

Az USA-ban működő aszálymonitoring rendszer, az interneten, térinformatikai térképeken teszi közzé az aszály mérésével kapcsolatos aktuális és archivált 6-7 különböző aszály indikátort. A monitoringot a Mezőgazdasági Minisztérium (USDA) a távérzékelési adatok elemzési adatai és a terepi adatok alapján tartja fenn (1. ábra) (United States Drought Monitor 2016).

Az EU, az elmúlt évtized tapasztalatai alapján szintén elhatározta, hogy EU szintű indikátorokat dolgoztak ki mind a vízhiány, mind az aszály jellemzésére. Döntés született arról, hogy kockázati térképeket kell készíteni, és ki kell alakítani a korai riasztási rendszert. Itt célként fogalmazódott meg, hogy korlátozott számú, de összehasonlítható indikátor kerüljön kialakításra. Jelenleg a következő indikátorok tesztelése folyik mintavízgyjtől:

- Meteorológiai aszály (SPI – standardizált csapadék index);
- Mezőgazdasági aszály (fAPAR – a növényzet által abszorbeált napenergia);
- Talajnedvességi Index;
- Hidrológiai aszály (SRI – standardizált lefolyás index, amely adott hidrológiai valószínűségekre vonatkoztatva 1-3-12-18 hónapos időszakokra számolja a halmozott vízhiányt, adott folyó, adott vízgyjtől jén);
- Felszínalatti vízszintváltozás;
- WEI+ (Water Exploitation Index – vízkitermelési index).

Ennek eredményeképpen az Európai Aszályközpont (European Drought Observatory – EDO 2016) az aszályllyal kapcsolatban olyan, eddig hazánkban el nem érhető adatokat tesz közzé, amelyek a gyakorlat számára már a közeljövőben rendkívül fontosak lehetnek.

Csapadékokra vonatkozóan jelenleg a Standard Csapadékindex 1-3-6-8-12 hónapos időszakokra vonatkozóan érhető el. Az egyhavi SPI a leg rövidtávú körülményeket tükröz, és alkalmazása szorosan összefügg a talajnedvességgel. A 3 havi SPI a csapadék évszakos becslését

adja, jellemzően a terméshozammal és a kisebb folyók áramlási viszonyaival kapcsolatos. A 6 és 9 havi SPI középtávú trendeket jelez a csapadék eloszlásában, míg a 12 havi SPI a hosszú távú csapadékeloszlást tükrözi, általában nagyobb vízfolyások, vízgyjtől és akár a felszín alatti vizek szintjéhez kötve. A nemzetközi standard éghajlati referencia-időszak még mindig az 1961-1990-es periódus, gyakorlati okok miatt inkább az 1971 utáni adatokat használják (WMO 2012).

Talajnedvességgel kapcsolatos EDO adatszolgáltatások a következők: napi talajnedvesség, talajnedvesség anomáliák, talajnedvesség anomáliák elrejelzése, valamint elrejelzési trendek. A növényi vegetációs állapottal kapcsolatos adatszolgáltatások: NDVI 10-napos kompozit, fAPAR10-napos kompozit és fAPAR anomáliák 10 napos kompozitjai.

A szolgáltatásokat folyamatosan bővítik, ma már elérhető NUT1 statisztikai körzetenként 5X 5 km-es gridre bontott aktuális talaj pH értéksorok és számos elemző eszköz is vegetációváltozásra vonatkozóan. Nagy nyelven a szolgáltatásnak hogy az archív adatsorok is elérhetőek.

A Magyarországon gyakorlatban használt Pálfai-féle aszályindex alapképletében (PAI₀) az áprilistől augusztusig mért léghőmérséklet átlagát (°C) osztjuk el az októbertől szeptemberig tartó időszak súlyozott csapadékösszegeinek összegével (mm) (Pálfai 1990). A nemzetközi alkalmazhatóság érdekében a Délkelet-Európai Aszálykezelési Központ - DMCSEE projekt keretében a korrekciós tényező bevonásával módosított Pálfai aszályindex (PaDI) módszert dolgoztak ki hazai kutatók. Az alap aszályindex értékének számítási képlete:

$$PaDI_0 = \frac{\left[\sum_{i=apr}^{aug} T_i \right] / 5 * 100}{c + \sum_{i=okt}^{sept} (P_i * w_i)}$$

- ahol: PaDI₀ – a Pálfai Drought Index alapértéke [°C/100 mm],
- T_i – havi középhőmérséklet áprilistől augusztusig [°C],
- P_i – havi csapadékösszeg októbertől szeptemberig [mm],
- w_i – súlyozó tényező,
- c – állandó érték (10 mm).

A módosított Pálfai aszályindex (PaDI) számítása:

$$PaDI = PaDI_0 * k_1 * k_2 * k_3$$

- ahol: PaDI – a Pálfai Drought Index [°C/100 mm],
- k₁ – hőmérsékleti korrekciós tényező,
- k₂ – csapadék-korrekciós tényező,
- k₃ – a megjelölt 36 hónap csapadékviszonyait jellemző korrekciós tényező.

A korrekciós tényezők közül a hőmérsékleti tényező (k_1) a tárgyévi és a sokévi nyári középhőmérséklet viszonyát, a csapadék tényező (k_2) a tárgyévi legszárazabb nyári hónap csapadéknak a megfelelő sokévi átlaghoz való viszonyát, míg a k_3 tényező a megelőző három év csapadékviszonyainak hatását fejezi ki (Kozák és társai 2012). A hétfokozatú skálán PaDI, °C/100 mm <4 aszálymentes, míg >30 extrém erősségű aszályt jelez, amely erős korrelációt mutatott az SPI értékeivel. Jelenleg az OVF aszálymonitoring csoportja dolgozik egy hazai mezőgazdasági aszályindex létrehozásán, amely várhatóan a talaj és növényaszály együttes értékelésére lesz alkalmas a tesztelési időszak után (URL1).

A hidrológiai aszály kialakulása némi késéssel követi a meteorológiai aszályt. Ennek mértékében jelentős szerepe van a lefolyási és a párolgási viszonyoknak. Mindkettőt jelentősen befolyásolja a földhasználat módja mellett a domborzat és a talaj adottsága. Az egyik legnagyobb változékonyságot a talajtulajdonságok területi mintázata okozza, mivel a talaj hazánk legnagyobb kapacitású – potenciális – természetes víztározója. A talaj felső egy méteres rétege potenciálisan mintegy 45 km³ víz befogadására és 25-35 km³ víz raktározására képes. Ennek mintegy 55-60%-a a növény számára nem hozzáférhető „holtvíz”, míg 40-45%-a „hasznosítható víz”. A lehulló csapadék hasznosulását alapvetően befolyásolja, hogy abból ténylegesen mennyi szivárog be a talajba. Az akadálytalan beszivárgást sík területen a következő tényezők nehezítik: a talaj tározóterének telítettségi mértéke, a felszín fagyott volta, lassú víznyelési rétegek (Várallyay 2010).

A talaj vízháztartása nemcsak a növény vízellátásának lehet segítsége szabja meg, hanem befolyásolja a talaj anyag- és energiaforgalmának, ökológiai tulajdonságainak (levegőforgalom, biológiai tevékenység, tápanyag- és szennyezőanyag-forgalom) egyéb elemeit is. Schofield (1935) vezette be a vízpotenciál (pF) fogalmát, ami alapján a talaj nedvességtartalmát értékelhetjük. A háromfázisú talaj kapilláris vezetőképessége nem egy számmal, hanem egy pF függvénnyel jellemezhető. A pF görbéről közvetlenül leolvasható, hogy egy adott nedvességtartalom mellett a talaj pórustere milyen mértékben telített vízzel. Összességében egy növénytermesztés számára a pF 0-4,2 tartomány az érdekes. Ezen belül is a hasznosítható (diszponibilis) vízkészlet (DV) az a vízmennyiség, amelyet a növények a szabadföldi vízkapacitásig telített talajból felvehetnek, hasznosíthatnak (pF 2-2,2). A növényfajtától függően a szántóföldi növények általában tartós hervadásnak indulnak, ha az aktuális nedvességekészlet pF 4,2 erővel kötött. Ezt fel nem vehető holtvíztartalommént (HV) értelmezzük. Talajaszályveszélye akkor fordul el, ha a vízkészlet tartósan a DV érték 50% alá esik. A pF mérőképességek és általában a vízgazdálkodáshoz kapcsolódó talajfizikai szolgáltatások (vezetőképesség, szemcseállóság stb.) kiépítése a jelenleginél sokkal jobban indokolt lenne. Ezek megoldást jelenthetnének az okszerű vízgazdálkodás legfőbb hiányosságainak pótlására is. Ma már kaphatók azok a talajnedvességet térfigyeltető szálalékban mérhető távjeladó újabb eszközök, melyek az időigényes gravimetriát kiválthatják. A TDR (Time

Domain Reflectometry) mellett az olcsóbb FDR (Frequency Domain Reflectometry) is alkalmas valós idejű mérési adatszolgáltatásra.

A talajok szívóereje a fizikai - kémiai tulajdonságok mellett erősen függ a különböző porozitástól, amely a mikro-mezo-makro pórusterek relatív arányával jellemezhető. Ideális, ha ezek 1:1:1 arányban fordulnak el. A talajok aktuális porozitását vízmegtartó/leadó meglevőképességeit módosítja a talajművelés (elsősorban a lazítás) módja, amely egy olyan országban mint Magyarország, ahol a szántók a terület közel felét teszik ki, nagyon fontos szabályzó erő (Gyuricza és társai 2015).

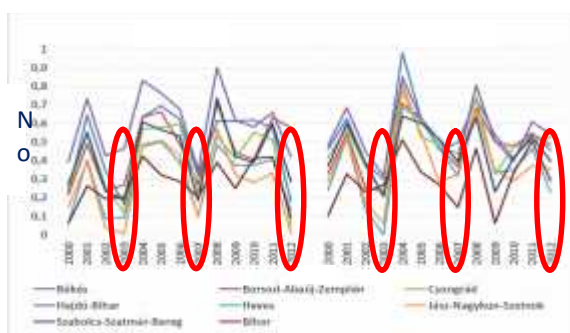
Az egyre gyakoribb nagytelítettségű csapadékok erőzítő rombolását megsokszorozza a helytelenül alkalmazott sekély talajművelés, ahol az elporosodott felső réteg alatt tömörítővelletti réteg alakul ki. Itt a leiszapolódott talajfelszín zsugorodása után fokozott aszálykárok fordulnak el. A ma sokszor alkalmazott és olcsósága miatt népszerű öntöződobos-vízágú vízpótlások is főleg kötött réti talajokon hasonló talajleromlást okoznak, amely megfelelő cseppképzés mellett elkerülhető lenne. Itt kell megemlíteni az öntözővíz minőségével kapcsolatosan a víz magas sótartalmát, mint egyik rendkívül fontos problémát. A magas sótartalmú vizek veszélye a másodlagos szikesedési jelenség kapcsán nagy gazdaságokban ismert, azonban az elterjedt illegális kutak tulajdonosai ezzel nem számolnak. Gyakori hiba az is, hogy a nyílt üzemi csatornákkal szikfokot vágnak keresztül, amelynek az eredménye nagy területek lassú szikesedése. Hasonló veszélyeket rejt a most induló belső víztározók létesítése is, ha a környéken mélyben sós talajok találhatók.

Sajnos a jelentős hazai és határon túli talajfizikai, valamint vízgazdálkodással kapcsolatos kutatások (Nagy és társai 2013) a gyakorlatban csak katasztrófák kialakulásánál kapnak igazán figyelmet. Az ilyen aszályhelyzetek kialakulása más katasztrófáknál lassúbb, kevésbé látványos, viszont hatásában tartósabb, a károkozásában pedig nagyságrendekkel kiemelkedőbb.

A vízgyűjtőn a természetes (elfolyás, párolgás) és a mesterséges (belvízvédelem) vízelvezetést követő csapadékszegény nyári időszakban, a talajban tárolt csekély vízmennyiség csak rövid ideig képes a növényzet vízigényét kielégíteni, ezáltal a tavasszal belvizes vagy túlnedvesedett területek tekintélyes részén komoly aszálykárok jelentkeznek – akár ugyanabban az évben is. A tényleges károk kialakulásában fontos szerepe van a földhasználat módjának. A vízgazdálkodás szempontjából, a mezőgazdaság, mint a legnagyobb földhasználó, nagyon változatos hatást tud okozni. Ez esetben már egy kisebb tudományos elrelépés is jelentősnek számítana. A probléma a hidrológiai léptékváltásból származik, azaz míg egyed szintjén a párolgási viszonyok (stómaellenállás, gázcsere) viszonylag jól mérhetőek, állományban és vízgyűjtő szintjén a rendkívüli változékonyság jelentős bizonytalanságot okoz. A földhasználat nem csak a párolgási viszonyokra hat. A birtokszerkezet, azaz a használt táblák nagysága és alakja is jelentősen befolyásolja a lefolyási összegyűlekezési viszonyokat, a vízkormányzási lehetőségeket. A folyamatos tulajdonosváltás rövid távú érde-

keltsége nem teszi érdekeltté a földhasználót a hosszú idő alatt megteremtett vízgazdálkodási létesítmények kiépítésében és fenntartásában. A most indított zöldítési támogatások pl. nem tesznek különbséget abban, hogy egy fásor telepítését a vízfolyással párhuzamosan a közvetlen befolyást gátolva vagy mer legesen a ráfolyást gyorsítva kellene elvégezni. Az egyik tulajdonos a felesleges vizet gyorsan megszabadulna (esetenként a szomszédjára vezetve azt), míg a másik a területe kiszáradása miatt panaszkodik. A vízgazdálkodási érdekeknek felül kellene írni esetenként a tulajdonhoz kapcsolódó érdekeket.

Így érthető, hogy a referencia kísérleti vízgyűjtőknek ma is nagy jelentősége lenne, ahol ezeket a hidrológiai hatásokat elzetesen fel lehetne mérni. Ez azonban a VITUKI megszűnésével továbbra is hiányzik. Ezen vízgyűjtők a vízmérleg egyéb elemeinek, így a lefolyási viszonyoknak az értékelésében is nélkülözhetetlen adatokat szolgáltatathatnának. A vízgyűjtőmodellezés nagyot fejlődött az elmúlt években, azonban pont az eredmények validálásában a terepi méréseket nem lehet eltekinteni. Kutatási szempontból ezért fontos lenne egy, a lehető legtöbb irányból vizsgált és értékelte koordinált hidrológiai referencia vízgyűjtő kutatás beindítása, amely választ adhatna a várható kockázatok irányára és nagyságára.



2. ábra. Tiszántúli terméshozam ingadozása (Pirossal jelölve az aszályos éveket)

Figure 2. Yield fluctuation in the Trans-Tisza region. (Red signs indicate drought years)

A mezgazdasági aszály elleni védekezés növénytermesztési sikerét jelzi, hogy bár az éves csapadék mennyisége drasztikusan nem csökkent az elmúlt években, az elért magas mezgazdasági hozamok növekedése jelentős, és ez a növekedés az összetett alap és alkalmazott K+F eredményének tekinthető. Nem szabad ezek közül egy területet sem misztifikálni vagy alábecsülni, mivel a növénytermesztés vízgazdálkodási kiszolgáltatottsága jelentősen megnehezíti. Az 50-es években 91 mm/év csapadék jutott átlagosan a kukoricára, addig a megnövekedett hozamok miatt napjainkban csak 34 mm/év. Ha figyelembe vesszük, hogy ez a tenyésztésben egyre hektikusabban érkezik, a kockázat jelentősége még nagyobb. Fontos az aszály hatás súlyossága szempontjából, hogy az milyen fejlettségi és egészségi állapotban éri az adott növényt. Meghatározóak azok a termesztési, technológiai beavatkozások, amelyek felkészítik vagy gyengítik a folyamatokat. Ugyanazonban a tápanyagellátottság, amely optimális volt egy jó vízellátottsági évben, súlyos károkat okozhat a megnövekedett és aktív pá-

rolgófelület révén egy aszályos évben. Doorenbos és Kassam (1979) tette közé azt a ma már általánosnak tekintett megállapítást, hogy a termés nagyságát alapvetően az elpárologtatható víz mennyisége határozza meg. Az öntözési modellekben a világon legelterjedtebben a Penman-Monteith féle összefüggést használják a potenciális referencia párolgási értékek kiszámítására. A módszer energetikai konzisztenciája tette népszerűvé, és a felszín energiaegyenlegének ismeretén alapszik (Ács és társai 2007).

A referencia párolgási értékektől, ahol a víz nem limitáló tényező, a növény tényleges párolgása mindig kisebb. Ezeket a változó növényi tulajdonságokat és állapotokat egy növényi együttható változása írja le a fenológiai során (Kc). Magyarországon a tényleges értékeket többek között Antal (1968) próbálta közelíteni. Ez a paraméter az öntözéstervezési munkák egyik legtöbb bizonytalansággal tervezhető részét képezi, talán emiatt a gyakorlatban még mindig a robusztus megközelítéseket alkalmazzák (Doorenbos és Pruitt 1977), ahol 3-4 becsült referencia értékkel közelítik a fenológiai idő sor növényi vízigényének dinamikus változását. Jelentős áttörés várható ezen a területen a multimodális spektrális adatok alkalmazásával, ahol 10-15 mérési ponton lehet kalibrálást végezni egy természetes ciklus alatt.

A kiváló aszálytűrő fajták csak abban az esetben képesek a víz stresszt kompenzálni, ha a tápanyag gazdálkodás, növényvédelem, talajművelés, gépüzemeltetés, betakarítás utáni technológiák egységes, adott agroökológiai helyszínre együttesen optimalizáltak. Különösen akkor, ha figyelembe vesszük, hogy öntözés az összes szántó terület mindössze 2%-án lehetséges. A magyar vetésszerkezet számos ok miatt nagyon leegyszerősített. A kukorica és a búza, a két legfontosabb növényünk a szántóföldi területen. Közelít leg 5 millió hektárból ezek közel 1-1 millió hektárt folyamatosan elfoglalnak.

A Tiszántúli területen végzett vizsgálatom alapján az aszály következtében 2-3 évenként olyan drasztikus terméshozam ingadozás fordul el, amely 3-4-szerese a jó terméshozamoknak (2. ábra). Az ilyen terméshozam ingadozással az árualapok mennyisége és minősége hiányában gyakorlatilag a nemzetközi mezgazdasági piacokról kiszorul a magyar mezgazdaság, és az ebből élő vidék eltartó képessége is romlik. A vízgazdálkodásnak, ezen belül az öntözésnek az egyik fő célja nem a termés növelése, hanem a termés stabilizálása, és ennek a hektikus változásnak a kisimítása.

A klímaváltozási adaptációs feladat számtalan kihívást fog a mezgazdaságnak okozni, mindezt úgy, hogy az aszály kárelhárítása irányából a megelőzés irányába kell gyorsabban elmozdulni. Ezért nehezen fogadható el, hogy a talajjavítás szerepe, amely nem öntözött területeken a talaj vízmegtartó-képességét és drén viszonyait képes javítani, miért nem kap súlyának megfelelő szerepet. Ráadásul az új hiperspektrális és lézeres 3D felmérési módszerek, valamint anyagtechnológiák már hazánkban is feltárták a lehetséges K+F irányokat (Riczu és társai 2016, Tamás és társai 2015).

Az egymásnak is gyakran ellentmondó, gyorsan változó természeti környezetben egyre értékesebbek, azok a gyors döntési információk, amelyek segítik a terület helyzet elemzésében. Napjaink egyik legnagyobb paradigmaváltása a precíziós mezőgazdaság. A legkorszerűbb GPS navigáció és helyfüggő termesztéstechnológia alapján, akár négyzetméterre lebontva, éppen a hiányzó tér/idő optimalizálhatósági elnyit képes kihasználni, ahol valós idejű szenzorok nagyfokú automatizálás mellett a terjedő autonóm gépkapcsolásokkal robotizálva végzik a termesztési feladataikat. Ezekben a rendszerekben a szenzorok kapacitásai és képességei hatványozottan nőnek, ahol a gép-gép közötti kommunikáció távfelügyeleti rendszereket tesz lehetővé és ahol a vízkészlet minden formájának energia hatékony megterzése komoly K+F munkát igényel. A mezőgazdasági nyitott rendszerek óriási mennyiségű adatot állítanak elő, amelynek elemzésére napjainkban a 'big data' rendszerek új és hatékonyabb módszereket ígérnek.

A védett természeti területek, az erdők és az aszály kapcsolata is egy nagyon fontos kutatási terület, ráadásul a hatások területenként sokban eltérőek. Itt elsősorban a vizes élőhelyek, a szikes tavak, mocsarak, lápok sérülékenyek. Napjainkban megfigyelhetjük például a homoki és szikes legelőknek a fokozatos kiszáradása. Talajvízszint csökkenés jelentős környezetökológiai hatással bír az erdőterületek állományára és az ökoszisztéma átalakulását is okozhatja. A szárazabb feltételeket kevésbé elviselő szonon fajok kiszorítása szintén jelentős kockázat, mivel ezek helyét új invazív fajok vehetik át. A kiszáradt helyeken a defláció és a megnövekedett erdőtüzek gyakorisága is megnövekszik. A klímaváltozás már elrevetíti, hogy a közvetlen és közvetett vízgazdálkodási feltételek tovább szigorodnak és eddig ismert jelenségek megváltoznak. A régi kártevők új túlélési stratégiákat fejlesztenek ki, így például korábbi és intenzívebb lesz a gradációjuk, megváltozhatnak a gyomok összetétele.

A mezőgazdasági aszály megoldását sokszor tévesen az öntözésre szokták kitérteni azok, akik nem ismerik annak korlátait. Csakis ott szabad öntözni, ahol az ökonómiailag és ökológiailag indokolt és megtérül, ahol a megfelelő talajminőség a rendelkezésünkre áll. Elmúlt évben az Agrárkamara végzett az OVF-el együtt egy öntözési igényfelmérést. Az összes mezőgazdasági szántó területnek mindössze 1 %-át öntözik ténylegesen, de ugyanakkor 5700 termelő jelezte, hogy a jövőben öntözni szeretne. Tanulságos, amikor összevetjük a kifejezetten öntözésre alkalmas, jó minőségű talajoknak a térbeli mintázatát azzal, hogy hol vannak azok az öntözendő kultúrák, amelyeket feltétlenül öntözni kell. A Duna-Tisza közén vagy Északkelet Magyarországon ezek nem fedik egymást. A következő néhány évben egy 500 milliárdos beruházási forrás fölött döntünk, melyből 1450 milliárd a felszíni vizek elérhetőségét, 50 milliárd pedig gyakorlatilag az öntözési célokat szolgálná. Fontos megvizsgálnunk, hol van az a földhasználat, hol van az a birtokszerkezet és hol áll a megfelelő rendelkezésre, ahol a felesleges döntések alapján – mert az öntözés több évtizedre meghatározza az ország termelői képességét – ezek az investíciók valóban hosszútávon megtérülnek.

Az öntözés-technológiai fejlesztésekre most nyílik jelentős fejlesztési lehetőség. A frekvenciaváltós szivattyúk, egyedi szórófej szabályozás és cseppképzés mellett a vezérlés automatizálási lehetőségek még sok tartalékot biztosítanak a fejlesztőknek. Ugyanakkor nem szabad megfeledkezni arról, hogy továbbra is a megművelt területek több mint 97%-án az egyre kevésbé kiszámítható csapadéeloszlás mellett kell az aszályproblémák kezelését megoldani.

A technológia mellett ezért is értékelődik fel a közeljövőben az azt üzemeltetni képes vízgazdálkodási humánforrás, amely ma jelentősen fragmentált. Az agrár felsőoktatás többszöri átszervezésével, a források csökkenésével, a vízgazdálkodás önálló kutatóhelyei több helyen szinte teljesen megszűntek, az oktatók jelentős hányada nyugdíjba vonult. Ezáltal mezőgazdasági vízgazdálkodási szaktanácsadásról lényegében már nem beszélhetünk, a szakmaiság szintje is jelentősen csökkent. A képzés újjászervezése mellett, ezért is fontos lenne azoknak a rendszereknek az elterjesztése, amelyek regionális mérések, öntözési tartamkísérletek alapján vízgazdálkodási információval látnák el a vízfelhasználót.

A távérzékelte MODIS adatok alapján készített NDVI mutatók számos fejlesztési lehetőséget biztosítanak a nagy változékonyságot mutató vizsgálati területek fotoszintetikus kapacitásainak vizsgálatában, ugyanis a területek évről-évre különböznek egymástól, köszönhetően a különböző termesztési intenzitásnak, vetésváltásnak, agrotechnikának és a természeti hatásoknak, így az aszálynak is (Tamás és Németh 2005). Ma használt számítógépes öntözéstervezési rendszerben a megfelelő öntözéstámogatást a talaj - növény - mikroklíma alrendszerek együttes elemzése révén tudjuk biztosítani. Ez teszi lehetővé, hogy szimulációs vizsgálatokban különböző víz és energiatakarékos öntözési szenáriókra optimalizáljuk az eltérő öntözéstechnológiákat.

Alapvetően két vizsgálati célt lehet elkülöníteni. Az egyik, amikor a vízkészlet nem limitált és az optimális növényi vízigényt kívánja az öntözés kiszolgálni, a másik, amikor vízhiányos öntözést valósítunk meg. A gyakorlatban ez utóbbi a gyakoribb, mivel ha víz nem is limitált, de a technológiai kapacitások, egy öntözési csúcsidőszakban már igen.

Az üzemeltetési öntözési rendszer megbízhatósága erősen függ az alapadatok minőségétől. Itt nagy jelentősége van a távérzékelte adatoknak, amelyek nagy területre gyors adatszolgáltatást biztosítanak. A Debreceni Egyetem, Víz és Környezetgazdálkodási Intézete irányításával készült egy ilyen Közép-Európára kiterjedő aszály-elrejelzési rendszer, amely meteorológiai adatokat, biomasza idősorokat, talaj adatokat és nagy felbontású MODIS mezőholdas idősorokat használ fel. Ebben a matematikailag jól leírható és méretezhető rendszerben elvégezhető a kritikus referencia görbék és regionális terméstartadatok megfeleltetése. A döntéstámogatáshoz megfigyelési, a korai riasztási, a riasztási, a vészhelyzetnek vagy a katasztrófa helyzetnek megfelelő értékek leválogathatóak. Az egyes szintek 10 %-os relatív terméskiesést jelentenek. Az aszály érintett területen belül elre megjósolható

az, hogy mekkora termés kieséssel kell számolni kukorica és búza esetében. Egy normál évben az Alföld egyes területein, mintegy 7-8%-ban fordul el jelent sen aszály sújtotta terület, amely a földhasználat újragondolását is segíti (Tamás és társai 2015).

ÖSSZEFOGLALÁS

Összefoglalásként megállapítom, hogy az aszálykárok megelőzésének és csökkentésének számos kutatási feladata van. A különböző aszályjelenség mérésére számos indexet fejlesztettek ki, amelyek közötti koherencia megteremtése fontos feladat. Azok az indexek perspektivikusak, amelyek nagy területre, nagy idő- és térbeli felbontás mellett automatizált interpretációt tesznek lehetővé. Ezeknek ma azok a mőholdas spektrális mérések tesznek eleget, amelyeket a regionális vagy kontinentális aszályközpontokban is használnak. Ebben az esetben is a földi referenciamérések alapján lehet csökkenteni a mérési bizonytalanságot. A hidrológia modellezésben nagy tartalom van, azonban egy integrált vízgyűjtő-kutatási program jelent sen inspirálná a kutatásokat. A földhasználati és birtokrendezési problémák jelent sen fejlesztési gátat jelentenek. A precíziós vízgazdálkodás területén várhatóan az IT a közeljövőben robbanásszerű változásokat fog okozni az intelligens szenzorok, robotizálás és mesterséges intelligencia elterjedésével. Az öntözéstechnológia fejlődése a víz és energiatakarékos megoldások irányába fog elmozdulni, azonban ez a mezőgazdasági területek kis részét fogja csak érinteni. A komplex mezőgazdasági ismeretek szerepe a klímaadaptációs feladatok megoldásában felértékelődik, ehhez viszont humán erőforrás fejlesztését is fel kell gyorsítani. Ellenkező esetben a mai beruházások hatékony üzemeltetése nem lesz megoldható. Az aszály problémák integrált kezelése további kutatást és az elért eredmények hatékony összegzését, rendszerezését igényli: az elrejelzés, az ökológia, a mezőgazdasági és agrotechnológia, a gazdasági döntéstámogatás és a társadalom kutatás területén.

IRODALOM

Antal, E. (1968). Az öntözés elrejelzése meteorológiai adatok alapján. Kandidátusi értekezés.

Ács, F.-Breuer, H.-Szász, G. (2007). A tényleges párolgás és a talaj vízkészlet becslése tenyésztési szakban. *Agrokémia és Talajtan* 56 (2007) 2. 216-236.

Bartholy, J., Pongrácz, R., Gelybó, Gy. (2007). Regional climate change expected in Hungary for 2071-2100. *Applied Ecology and Environmental Research*, 5: 1-17.

Doorenbos, J., Kassam, A., H. (1979). Yield response to water. FAO Irrig. and Drain. Paper No. 33. 193.

Doorenbos, J., Pruitt, W. H. (1977). Crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

European Drought Observatory. <http://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1000>

Gyuricza, C., Smutný, V., Percze, A., Pósa, B., Birkás,

M. (2015). Soil condition threats in two seasons of extreme weather conditions. *Plant, Soil and Environment*, 61(4), 151-157. DOI: 10.17221/855/2014-PSE

Horányi A., Bartholy J., Krüzselyi I., Pieczka L Pongrácz R., Szabó P., Szépszó G., Torma, Cs. (2011). A hazai regionális klíma modellek eredményeinek együttes kiértékelése. 36. Budapest. Meteorológiai Tudományos Napok, beszámoló kötet.

Kozák P., Pálfai I., Herceg Á. (2012). Délkelet-Európai Aszálykezelési Központ – DMCSEE projekt. OMSZ kiadvány. Budapest.

Lakatos, M., Szentimrey, M., Bihari, Z., Szalai, S. (2013). Creation of a homogenized climate database for the Carpathian region by applying the MASH procedure and the preliminary analysis of the data. Id. járás. OMSZ. 117:1, 143-158

Lehner, B., Böll, P., Alcamo, J., Henrichs, T., Kaspar, F. (2006). Estimating the impact of global change on flood and drought risks in Europe: A continental, integrated analysis. *Climatic Change* 75: 273-299 DOI: 10.1007/s10584-006-6338-4

Pálfai I. (1992). Aszályok a Tisza-völgyben. In: Fejér L., Kaján I. szerk. Méréslegén a Tisza-szabályozás. MHT – OVF. Budapest, 33 – 40.

Pálfai, I., Boga, T. L., Sebesvári, J. (1999). Adatok a magyarországi aszályokról 1931-1988. Éghajlati és Agrometeorológiai Tanulmányok. 7. OMSZ. Budapest. 67-76.

Nagy, W., Milics, G., Smuk, N., Kovács, J., Balla, I., Jolánkai, M., Deákvári, J., Szalay, K., Fenyvesi, L., Štekauerová, W., Wilhelm, Z., Rajkai, K., Németh, T., Neményi, M. (2013). Continuous field soil moisture content mapping by means of apparent electrical conductivity (ECa) measurement. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. 61:(4) pp. 305-312.

Riczu, P., Nagy, I., Tamás, J. (2016). Airborne LIDAR point cloud based agricultural and pond culture modellin. In: Proc. WCCA-EFITA 2016. ICT for Future Agriculture.. (Zazueta, F. ed.) South-Korea, University of Suncheon 1-6.

Schofield, R., K. (1935): The pF of the water in soil. Trans. Int. Cong. Soil Sci. 3rd. 2:37-48.

Somlyódy, L. (szerk.) (2011). Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok. MTA. Budapest. 336.

Szalai S. (2009). Drought tendencies in Hungary and its impacts on the agricultural production. *Cereal research Communications*. 37: pp. 501-504.

Szépszó, G. (2012). A Magyarországon várható éghajlatváltozás becslése. *Természet Világa*. 143:12. 547-550.

Tamás, J., Nagy, A., Fehér, J. (2015). Agricultural biomass monitoring on watersheds based on remote sensed data. *Water Science and Technology*. IWA Publ. DOI: 10.2166/wst.2015.423

Tamás J., Németh T. (szerk.) (2005). Agrárkörnyezetvédelmi indikátorok elmélete és gyakorlati alkalmazásai. Kiadó Debreceni Egyetem, Debrecen, p. 138.

Tamás, J., Riczu, P., Nagy, A., Lehoczky, É. (2015). Evaluation of surface runoff conditions by high resolution terrestrial laser scanner in an intensive apple orchard In: Proc. Soil Water Assessment Tool - SWAT Conference: Hydrology, (Srinivasan, R. ed.) Italy, Sardinia 1-5.

United States Drought Monitor (2016). <http://droughtmonitor.unl.edu/Home.aspx>

URL1: Az aszálykezelés módszertana, MHT ülés 2016. el. adás anyag ea. Fiala, K. http://vpf.vizugy.hu/reg/ovf/doc/Az_aszalykezeles_modszertana_Fiala.pdf

Várallyay, Gy. (2010). Talajdegradációs folyamatok és szélsőséges vízháztartási helyzetek a környezeti állapot meghatározó tényezői. *KLÍMA-21 Füzetek*. 62: 4-28

Wilhite, D. A., Glantz, H. M. (1985). Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. *Water International*. 10:3. 111-120.

WMO (2012). Standardized Precipitation Index User Guide. WMO-No. 1090. Switzerland, 16.p.

A SZERZŐ



PROF. TAMÁS JÁNOS a Debreceni Egyetem, Víz-és Környezetgazdálkodási Intézetének igazgatója; agrármérnök, agrókémiai-, vízgazdálkodási és térinformatikai szakmérnök; 2007-ben kapott MTA Doktora címet. Elismerései: Az év publikációjá díj, Környezetért díj, Sajtó Elemér vízgazdálkodásért díj, Hatvani professzori kutatási díj, Lovagkereszt, Publikációinak száma 478, tankönyvek száma:16, Több szakkönyvet jegyzett a precíziós mezőgazdaság, vízgazdálkodás területén. Sz. kebb szakterülete a talaj és környezet állapotának modellezése térinformatikai és távérzékelési eszközökkel.

Ivóvízbázisok klíma-sérülékenysége

Rotárné Szalkai Ágnes*, Homolya Emese**, Selmeczi Pál**

* Vízföldtani F osztály, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.
(szalkai.agnes@mfgi.hu)

** Nemzeti Alkalmazkodási Központ, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.
(homolya.emese@mfgi.hu, selmeczi.pal@mfgi.hu)

Kivonat

A szélsőséges időjárási viszonyok gyakoribb megjelenése, illetve a jövőben várható további változások szükségessé teszik, hogy a magyarországi ivóvízbázisok biztonsága érdekében meghatározzuk azok klíma-sérülékenységét. A NATÉR projekt keretében az ivóvízbázisok klíma-sérülékenységének jellemzési módszere, illetve olyan térinformatikai elemeket tartalmazó adatrendszer felépítésére került sor, amely segíti az alkalmazkodási képesség fokozását, illetve a kedvezőtlen hatások csökkentését.

Kulcsszavak:

klímaváltozás, ivóvízbázis, klíma-érzékenység, alkalmazkodás, klíma-sérülékenység

Climate vulnerability of drinking water protection areas

Abstract

The increase in the occurrence of extreme weather conditions, such as further expected changes in the climate, brought forth the necessity of analyses on the climate vulnerability of Hungarian drinking water supplies. Our work in the frames of the NAGiS project involved the development of a methodology for the evaluation of the impact of climate change on drinking water supplies, in addition to the construction of a data system, containing GIS elements that foster adaptive capacity and the efforts to decrease unfavourable effects.

Keywords

climate change, drinking water, climate sensitivity, adaptation, climate vulnerability

BEVEZETÉS

Magyarország ivóvízkészletének 95%-a felszín alatti vizekből származik, ezért a felszín alatti vizek jelentősége az ivóvízellátásban kiemelkedő. Az első sorban öntözővíz szempontjából fontos talajvizeken kívül a síkvidékek alatt húzódó üledékes mélymedencék jelentős rétegvíz készlete egyúttal legnagyobb ivóvízkészletünk is. Középhegységeink karsztvizei szintén a felszín alatti vizek fontos részét képezik, egyes régiókban pedig az ivóvizek fő forrását jelentik. Mind a jelenlegi, mind a távlati ivóvízellátás szempontjából hazánkban a felszíni és felszín alatti vizek határeseteként jelentkező partiszórétegek rendszere kiemelt szerepet töltenek be.

A szélsőséges időjárási viszonyok a múltban számos esetben okoztak problémát az ivóvízellátásban. Nyári száraz időszakokban a csökkent vízkészletek és az egyidejűleg jelentkező magasabb vízigény hatására egyes területeken vízhiány alakult ki, amely gyakran vízkorlátozásokhoz vezetett. Más esetben a csapadékos időjárás hatására kialakult árvizek, illetve karsztársvizek miatt a fertőzésveszély elkerülése érdekében kellett egy-egy vízbázist időszakosan kikapcsolni a vízellátásból.

Az éghajlati viszonyok tartós megváltozása, valamint a szélsőséges időjárás a felszín alatti vizekre általában nem olyan közvetlen és nagymértékű, mint a felszíni vizek esetében, illetve gyakran csak a többéves hatások eredményei figyelhetők meg. Ezek a változások azonban, kevés kivételtől eltekintve, hosszú ideig érvényesülnek, és a kedvezőtlen hatás megszüntével pedig csak nagyon lassú folyamatok révén állítható vissza az eredeti állapot.

A szélsőséges időjárási viszonyok gyakoribb megjelenéséből, illetve a jövőben várható további változásokból adódóan szükségessé vált a klímaváltozás ivóvízbázisokra gyakorolt hatásának részletes vizsgálata. A Víz Keretirányelv (2000/60/EK) által előírt, hétévente felülvizsgálandó vízgyűjtő-gazdálkodási tervek részét képezi a változó klimatikus viszonyok figyelembevétele, azonban a részletes vizsgálatok, illetve az intézkedéseket megalapozó célirányos adatrendszerek eddig nem álltak rendelkezésre.

A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR) projekt keretében a várható klímaváltozás ivóvízbázisokat leginkább érintő éghajlati elemeinek, valamint az ivóvízbázisok sérülékenységét nagymértékben meghatározó földtani közeg, azon belül a vízföldtani sajátosságok vizsgálatára került sor (Rotárné és társai 2015). Az ivóvízbázisokra gyakorolt hatás, illetve ennek csökkentése és kiküszöbölése társadalmi-gazdasági következményeket vonhat maga után. Vizsgálatainkat ezért kiegészítettük a megváltozó körülményekhez történő alkalmazkodási lehetőségek jellemzésével. Munkánk során kialakítottuk az ivóvízbázisok klíma-sérülékenységének jellemzési módszerét, illetve olyan térinformatikai elemeket tartalmazó adatrendszer felépítésére került sor, amely segíti az alkalmazkodási képesség fokozását, illetve a kedvezőtlen hatások csökkentését.

ADATOK ÉS MÓDSZEREK

Vízbázisnak nevezzük a vízkivételi mérték által igénybe vett, vagy arra kijelölt területet, illetve a felszín alatti térrészt és az onnan emberi fogyasztásra, illetve hasznosí-

tásra kitermelhet vízkészletet a meglévő, vagy a tervezett vízbeszerzés létesítményekkel együtt (www.ovf.hu/hu/vizrajzi-fogalomtar-alapjan).

Fenti meghatározás szerinti vízbázisok klíma-sérülékenységének jellemzéséhez a CLAVIER nemzetközi klímakutatási projektben (Jacob és társai 2008) kidolgozott CIVAS modellt (Climate Impact and Vulnerability Assessment Scheme) alkalmaztuk (Pálvölgyi és Hunyady, 2008). A CIVAS modell alapján az éghajlatváltozás ivóvízbázisokra gyakorolt hatásait a kitettség, érzékenység, várható hatás, adaptivitás, sérülékenység összefüggés rendszerében vizsgáltuk, ezáltal a várható környezeti változásokon túl figyelembe vettük a közvetetten eredményezett társadalmi, gazdasági folyamatokat is. A klímaváltozás felszín alatti vizekre gyakorolt hatásának vizsgálatakor az antropogén hatások számbavétele azért fontos, mert azok a klímaváltozás hatásaival együttesen, egymást felerősítve érvényesülnek. Kiemelt szerepe van ezek közül a felszín alatti vízkivételeknek. Az ivóvízbázisok esetében a CIVAS modellt ezért kiegészítettük a felszín alatti víztestek víztermelés általi igénybevételének vizsgálatával. A nem-klimatikus emberi hatások vizsgálatánál eltekintettünk a vízminőségi változások elemzését annak komplex jellege miatt, amely meghaladta a NATÉR projekt kereteit.

A kitettség a klimatikus viszonyokat, illetve ezek várható jövőbeli alakulását foglalja magában. A vízbázisok kitettségét megfelelően reprezentáló klíma-indikátorok vizsgálatával jellemeztük, figyelembe véve a partisz-részek kitettségének eltérő jellegét.

A különböző földtani környezeteket reprezentáló hidrológiai rendszerekben a klímaváltozás eltérő folyamatokat eredményez, így a vízbázisok klíma-érzékenysége elsősorban a geológiai, hidrogeológiai adottságok függvénye. Az érzékenység vizsgálatát a vízbázisok típusai és az érintett hidrológiai rendszer jellege alapján meghatározott érzékenységi kategóriákba sorolással végeztük.

A felszín alatti térrész víztermelések általi igénybevételét vízszint-megfigyelő kutak idősorainak elemzése és a felszín alatti vizek áramlási rendszerének modellezése alapján határoztuk meg.

Az alkalmazkodóképesség a helyi társadalmi-gazdasági válaszokat fejezi ki a klímaváltozásra, illetve kedvezőtlen hatásának enyhítésére. Ivóvízbázisok esetében a társadalmi, gazdasági tényezőkön kívül fontos szerepet kapnak a természeti tényezők, amelyek a megváltozott körülmények között az ivóvíz szolgáltatás biztonságát, illetve változatlan szintű biztosítását teszik lehetővé. Mivel ezek a tényezők nehezen számszerűsíthetők, itt is a kategorizálás módszerét alkalmaztuk.

Az ivóvízbázisok sérülékenységének jellemzésére olyan komplex mutatót határoztunk meg, amely integrálja a kitettséget (azaz egy adott helyen az éghajlat várható megváltozását), az éghajlati érzékenységet (azaz egy adott helyen a természeti környezet éghajlatváltozás által érintett fizikai jellemzőit), valamint az alkalmazkodóképességet (azaz a társadalom és a gazdaság kedvezőtlen változásokat enyhítő erejét).

Az ivóvízbázisok klíma-sérülékenységi módszertanának kidolgozása során elvégzett elemzéseket két különböző léptékben végeztük. A kitettséget, klíma-érzékenységet, illetve a vízemelések általi igénybevételt az egész ország területére kiterjedően vizsgáltuk. Az alkalmazkodóképesség vizsgálatához, illetve az alkalmazkodási indikátorok meghatározásához közvetlenül az ivóvízbázisok üzemeltetőitől származó információra volt szükségünk. A jelenleg akkreditált 34 regionális vízmű mindegyikével nem volt lehetőségetünk a projekt keretében részletes konzultációt folytatni, ezért egy kiválasztott mintaterületen, a Duna-Menti Regionális Vízmű Rt. ködési területén, kialakítottuk az alkalmazkodási és sérülékenységi vizsgálatok részletes módszertanát. Ennek kialakítása során figyelembe vettük, hogy a továbbiakban más üzemeltető területein is alkalmazható, ezáltal az egész országra kiterjeszhető legyen.

A klíma-sérülékenységi vizsgálatokhoz országos adatbázisokat használtunk. A kitettség jellemzésére a klimatológiai mérésekből szabályos rácsra interpolált adatokat tartalmazó CarpatClim-Hu (Szalai és társai 2013), illetve az ALADIN-Climate és a RegCM klíma-modellek (Szépszó és társai 2015) szimulációiból származó adatsorok álltak rendelkezésünkre. A klíma-projekciók mindkét modell esetén az A1B klíma-forgatókönyv alapján készültek. A különböző adatbázisok rácshálózata átfed, a rácsfelbontás minden esetben 10 km. A CarpatClim-Hu az 1961–2010 időszakot fedi le, a klíma-modellek adatai három klímaablakra állnak rendelkezésre, az 1961–1990, a 2021–2050, valamint a 2071–2100 időszakokra.

A vízbázisok klíma-érzékenységi jellemzése az Országos Vízügyi Főigazgatóság üzemeltetett ivóvízbázis-adatbázisa alapján történt. A víztermelések általi igénybevételhez a folyamatban lévő Vízügyi Gazdálkodási Terv munkálatai keretében fejlesztett felszín alatti áramlási modellt alkalmaztuk, illetve a vízügyi törzshálózati megfigyelő kutak és az MFGI vízföldtani észlelő hálózatának adatsorait elemeztük.

Az alkalmazkodási indikátorok jellemzésére KSH statisztikai adatok, valamint együttműködésben készített adatok alapján került sor.

A VÍZBÁZISOK KITETTSÉGE

A felszín feletti zajló légköri folyamatok többnyire csak közvetett hatással vannak a felszín alatt elhelyezkedő vízbázisokra, a klímaváltozás ezért a felszín alatti vizek készletváltozásában, illetve a felszín alatti áramlási rendszerek paramétereinek változásában, mint következmény lép fel. A légkör és a felszín alatti vizek közötti kapcsolat a beszívargás és a megcsapolás – az evapotranszpirációval együtt – folyamataiban nyilvánul meg. Az ivóvízbázisok klímaváltozásnak való kitettségét ennek megfelelően azoknak a meteorológiai elemeknek a változékonysága és várható jövőbeli alakulása jelenti, amelyek ezeket a folyamatokat döntően meghatározzák. Ilyen tényezők a csapadék változékonysága, valamint a csapadékhullást megelőző időszakban az adott talajzónából

történ párolgás, illetve párologtatás, mely utóbbi nagyrészt a hőmérsékletváltozás függvénye.

A felszín alatti ivóvízbázisok sajátos formáját képezik a partisz rés rendszerek, amelyek kiterjedését elsősorban nem a helyi meteorológiai viszonyok, hanem az utánpótlás szempontjából érintett folyó vízgyűjtő területén tapasztalható éghajlatváltozás befolyásolja. Ezen vízbázisok kiterjedését a felszíni vízfolyások vízjárásában bekövetkező változások jellemzésével adtuk meg.

A kiterjedés meghatározása céljából olyan éghajlati indikátorokat alkalmaztunk, amelyek jól jellemzik a vizsgált területnek a talajvíz utánpótlás szempontjából releváns jelenlegi, valamint a jövőben várható éghajlati jellegzetességét és annak változékonyságát. Elemzésünk során négyféle indikátorral dolgoztunk, melyeket a vizsgálat célja, valamint a szükséges háttéradatbázis elérhetősége alapján választottunk ki.

A vizsgált éghajlati indikátorok

Az ariditási index a csapadék és a potenciális evapotranszspiráció, vagyis az elpárologtatható vízmennyiség hányadosaként adható meg, ahol a potenciális evapotranszspirációt Thornthwaite módszerével számítottuk ki (Thornthwaite 1948, Ács és társai 2013). Ha egy adott területre jellemző ariditási index értéke egynél nagyobb, ott a lehulló csapadék mennyisége jellemzően meghaladja azt a vízmennyiséget, amit a felszín elpárologtatni képes, így csapadéktöbblet, egynél kisebb szám esetén csapadékhiány alakul ki.

Egy-egy év aszályának erősségét jelzi a Pálfi-féle aszályindex (PAI) (Pálfi 1990), melynek értéke a terméshozamok változásával szoros összefüggést mutat. A DMCSEE projekt (Bihari és társai 2012) keretében került kidolgozásra a módosított Pálfi-féle aszályindex (Pálfi Drought Index, PaDI), amely elvében megegyezik a PAI alkalmazhatóságával, viszont szerényebb adatigény és számítása is egyszerűbb (Bihari és társai 2012). Három év csapadék adatainak felhasználásával, a nyári hónapok hőmérsékleti és csapadék jellemzőivel súlyozva egy olyan mérőszámot ad, mely alkalmas egy adott év aszályosságának leírására.

A felszín alatti térbe beszivárgó vizek mennyiségét jelentősen befolyásolja a csapadék éven belüli eloszlása. Az alacsonyabb hőmérséklettel járó gyengébb párolgás következtében a beszivárgás az év hővösebb hónapjaiban jelentősebb, így a téli hidrológiai félév csapadékösszege nagymértékben meghatározza az éves beszivárgás értékét (Kessler 1954). Ennek vizsgálatára, hogy hogyan alakulnak az egymást követő hidrológiai félévek csapadékvizszonyai, bevezettünk egy olyan mutatót, mely a téli és a nyári hidrológiai félévek csapadékösszegeinek arányát adja meg. A hányadosból egy dimenzió nélküli arányszámot kapunk, amely kifejezi az egymást követő hidrológiai félévek csapadékösszegeinek egymáshoz képesti viszonyát. Ha az így kapott arányszám egynél kisebb, az adott év nyári félévének csapadékösszege meghaladja a rákövetkező téli félév csapadékösszegét, ellenkező esetben a téli félévhez kapcsolódik a több csapadék. Minél nagyobb a csapadékarány abszolút értékben vett eltérése

egy 1, annál nagyobb a különbség az egyes hidrológiai félévek csapadékösszegei között.

Negyedik lépésben, a vízellátottság elemzése céljából, meghatároztuk a vizsgált területek klimatikus vízmérleget és azok jövőbeli alakulását. Elemzésünkben a klimatikus vízmérleg (1. ábra) az évi csapadékösszeg és az évi összes potenciális evapotranszspiráció különbségeként áll el, ahol a potenciális evapotranszspirációt az ariditási index esetéhez hasonlóan Thornthwaite módszere alapján számítottuk ki (Ács és társai 2013). Pozitív eljel vízmérleg mellett csapadéktöbblet, ellenkező esetben jobbra a csapadék hiánya jellemzi a vizsgált területet.

A referencia id szak klímája

A CarpatClim-Hu adatok alapján az 1961–1990 időszakban az Alföld bizonyult a szárazságra leginkább hajlamos területnek, a domb- és hegyvidéki régiókban, ahol a csapadék rendszerint meghaladja a síkvidéki területekre jellemző összegeket, az indexek értéke a skála humidabb vége felé tolódik el. Jól kivehető az eredményekben az aszályindexek domborzatfüggése. Az ország egészéhez képest kiemelkedően magas a területként rajzolódó magasabb hegységek vonulatai, északon a Zempléni-, a Visegrádi-hegység, a Mátra, a Bükk, a Börzsöny és a Budai hegyek, nyugaton a Bakony környéke, a Dunántúli-dombság és a Mecsek.

A téli és nyári félévi csapadékösszegek arányát vizsgálva azt láttuk, hogy az esetek többségében a nyári félévre jellemző a csapadék nagyobb mennyisége, elvéve találunk olyan területeket – a vizsgált időszakban a főváros körzetében – ahol az arány fordított. Az eredmények alapján az egymást követő hidrológiai félévek csapadékösszegei a közép-országban térnek el a legkevésbé egymástól, a nyugati, valamint az északkéleti régiók felé haladva a nyári félévek csapadéka egyre inkább meghaladja a téli félévét.

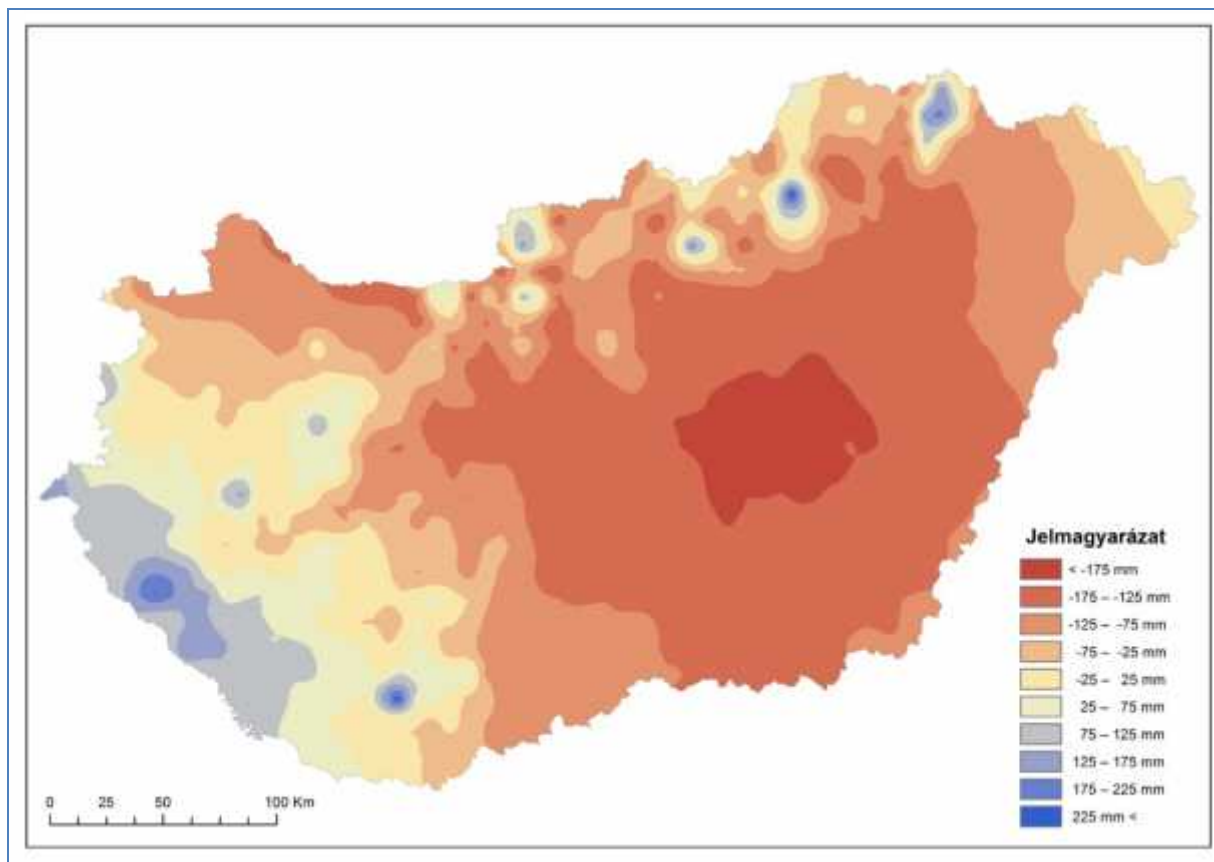
Az alacsonyabban fekvő területek nagyobb mértékű aszályveszélyeztetettségét a vízmérleg számításból kapott eredmények is megerősítik (1. ábra). Az ország legnagyobb részén az éves vízmérleg negatív, vagyis az elpárologtatható víz mennyisége meghaladja a lehulló csapadékét. A legjelentősebb vízhiány az Alföld középső területeit érinti. A tengerszint feletti magasság emelkedésével a vízmérleg egyre inkább pozitív értékek felé tolódik el, a hegyvidékes régiókban, illetve a Dunántúl délnyugati részén a csapadék többlet a 200 mm-t is meghaladhatja.

A klíma várható jövőbeli alakulása

A felszín alatti vizek utánpótlódása szempontjából releváns éghajlati jellemzők várható jövőbeli alakulásának becslése a rendelkezésre álló klímamodell adatok elemzésével történt, melynek során a vizsgált indikátorok változásának mértékét és irányát határoztuk meg a közelebbi, 2021–2050-es és a századvégi, 2071–2100-as klímaablakokra, a referencia id szakhoz képest. A klímamodellek adatainak elemzése során fontos szem előtt tartani, hogy a projekciók minden esetben magukban foglalnak bizonyos fokú bizonytalanságot, melyből kiadódóan a különféle modellek eredményeiben sok esetben eltérések, olykor

ellentmondások tapasztalhatók (Szépszó és társai 2015). A bizonytalanságok a modellekben alkalmazott közelítések, számítási módszerek, parametrizációk különbözőségére vezethetők vissza. A két klímamodell egységesen Magyar-

ország éghajlatának általános, az idő elrehaladtával egyre jelentősebb szárazabbá válását vetíti előre a jövőre, a változások mértékéről és területi eloszlásáról azonban – különbözőségük miatt – eltérő képet adnak.



1. ábra. Az átlagos éves klimatikus vízmérleg területi eloszlása az 1961–1990 referencia időszakban a CarpatClim-Hu adatbázis alapján

Figure 1. Spatial distribution of the annual mean climatic water balance in the reference period based on CarpatClim-Hu data

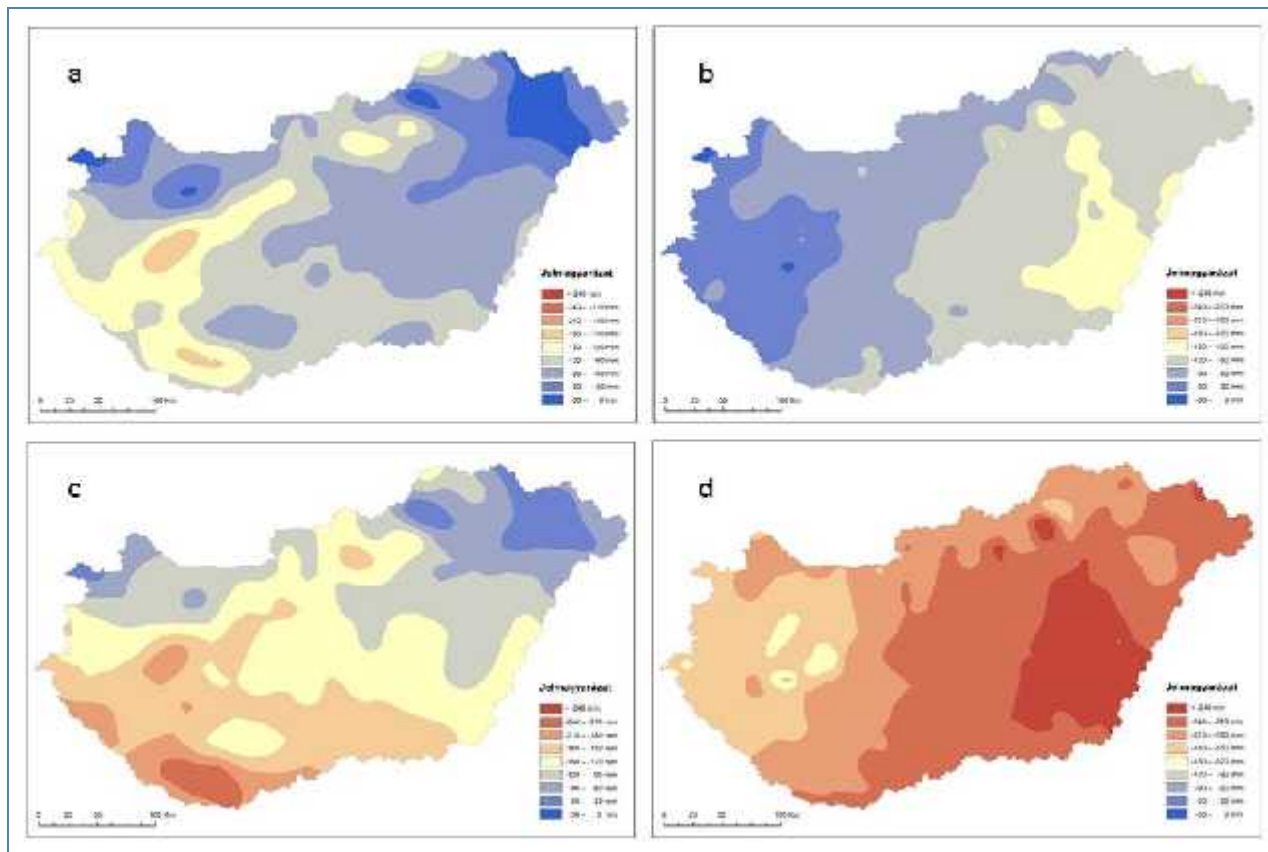
Az ariditási index alapján az ALADIN az ország nyugati részeitől a keleti területek felé haladva egyre nagyobb mértékű szárazodást vetíti előre, a RegCM az ország közép, valamint a nyugati, délnyugati részeire feltételez intenzívebb aszályosodást. A legnagyobb változás az ország magasabban fekvő területeit, köztük az északi hegysegeket, a Bakony és a Mecsek vonulatait érinti.

A módosított Pálfai-féle aszályindex jövőbeli alakulására az ALADIN és a RegCM többnyire egységes becslést ad, mely szerint a szárazság erősödése leginkább a közép és a déli országrészekben valószínű, az északi, északnyugati, a RegCM szerint az északkeleti területek is kevésbé érintettek. A RegCM eredményei alapján a 2021–2050-es időszakra a PaDI helyenként – leginkább északkeleten – akár csökkenhet is, a század végére azonban mindkét modell a szárazság egyértelmű erősödését vetíti előre Magyarországon teljes területére.

A téli és a nyári hidrológiai félévek csapadékarányának alakulására a 2021–2050-es időszakra a két modell eredményei eltérő képet adnak. Az ALADIN kismértékű, az ország nagy részén negatív, a déli és a keleti régiókban pozitív irányú változást becsül. A RegCM az arányszám csökkenését vetíti előre az ország teljes területére, ahol

erőteljesebb változás leginkább a keleti területeket érinti. A század végére a csapadékarány értékének nagytérű növekedése várható mindkét projekciót alapul véve, ami a téli félév csapadékösszegének növekedését, illetve a nyári csapadék csökkenését jelenti. A legerőteljesebb pozitív irányú változás az ALADIN adatok alapján délen, délkeleten, a RegCM szerint a Közép-Dunántúli és az északi régió egyes térségeiben valószínű. Összességében elmondható, hogy a klímamodellekkel végzett szimulációk a hidrológiai félévek csapadékösszegeinek a téli félév felé történő eltolódására utalnak az ország nagy területén, amely tendencia a nyári félévek szárazabbá válását hozza magával.

A referencia időszakra jellemző átlagos klimatikus vízmérleg várható jövőbeli változásának területi eloszlása a 2. ábrán látható. A két különböző klíma projekció egységesen a vízmérleg negatív irányú eltolódását vetíti előre az ország egészére. A vízellátottság legnagyobb mértékű csökkenését az ALADIN az Alföld keleti részére, a RegCM ezzel szemben délnyugatra helyezi. A legkevésbé érintettek a szimulációk alapján a nyugati, északi, északnyugati területek. A szárazodás az idővel egyre intenzívebben jelentkezik, a század végére a vízmérlegben bekövetkező negatív irányú változás helyenként akár a 200 mm-t is meghaladhatja.



2. ábra. A klimatikus vízmérleg várható változása a 2021–2050 (a, b), valamint a 2071–2100 (c, d) id szakokra a RegCM (a, c), illetve az ALADIN-Climate (b, d) adatok alapján

Figure 2. Spatial distribution of the changes in the climatic water balance for the 2021–2050 (a, b) and the 2071–2100 (c, d) periods on the basis of RegCM (a, c) and ALADIN-Climate (b, d) data

VÍZBÁZISOK KLÍMA-ÉRZÉKENYSÉGE A DMRV M KÖDÉSI TERÜLETÉN

A Dunakanyar térségében elhelyezked mintaterület dönt en hegyvidéki jelleg . A térség földtani felépítéséb l adódóan a vízbázisok koncentráltan helyezkednek el. A vízbeszerzés szempontjából kevésbé jelent s, vulkáni eredet képz dmények elterjedési területén csak kevés vízbázis létesült. A távlati vízellátásra is lehet séget biztosító, nagy volumen , víztermelésre alkalmas partisz rés rendszerek a Duna mentén húzódnak.

Az országos lépték jellemzéshez hasonlóan, a vízbázisok pontszer megjelenítésével elkészített, a vízbázisok klímaérzékenysége és a klíma érzékenység mértéke tematikájú kategorizáláson és ezek térképi ábrázolásán túl a kiválasztott mintaterületen — a sérülékenység vizsgálatának megalapozása céljából — a vízbázisok klímaérzékenységi kategóriáit településekhez rendeltük.

A hozzárendelést a vízbázis által közvetlen módon ellátott települések alapján végeztük. Meg kell jegyezni azonban, hogy a Duna Menti Regionális Vízm Zrt. (DMRV) rendelkezik olyan technikai megoldással, amely vészhelyzet esetén vízkormányzással bármely regionális ellátó területre l, az üzemeltetési területen belül, egy másik térség vízellátását biztosítani tudja. Mivel egy-egy település közvetlen vízellátása gyakran nem egy vízbázisról történik, a klíma-érzékenységi besorolást a legkevésbé érzékeny vízbázis alapján határoztuk meg (3. ábra).

FELSZÍN ALATTI IVÓVÍZADÓK JELENLEGI IGÉNYBEVÉTELE

A felszín alatti vizekben az emberi tevékenységb l és a klímaváltozásból származó hatások összegezve, egymást jelent sen feler sítvé jelentkeznek. A klímaváltozás hatásainak vizsgálata során ezért a több évtizedes víztermelések által jelentkez igénybevételek figyelembevétele elengedhetetlen. Magyarországon az 50-es évek óta emelkedett meg jelent sen a felszín alatti vizek els sorban ivóvíz célú termelése. A Föld egyes térségeiben, így hazánk egyes területein is számos víztartó rétegben figyelhetünk meg a víztermelések által eredményezett, tartós vízszintcsökkenést.

Emelked h mérséklet esetén jelent sen megn het a lakossági ivóvízigény, illetve az öntözésre használt víz mennyisége. A megnövekedett víztermelés további vízszintcsökkenést eredményezhet, illetve egyes térségekben elérheti annak korlátait. A víztermelések következtében napjainkig jelentkez vízszint-csökkenés vizsgálatát a felszín alatti vízszint-megfigyel kutak mérési adatainak értékelésével, valamint a felszín alatti vízáramlási rendszer modell szimulációs eredményeinek értelmezésével végeztük.

Az ország területén 844 megfigyel kút vízszintváltozását értékeltük. Elvégeztük valamennyi kút adatsorának trendvizsgálatát, majd vizuális értékeléssel ellen rítettük, hogy az automatizált módszerrel meghatározott trendek az egész adatsorra jellemz k-e, illetve az adatsor nem

tartalmaz-e az értékelést befolyásoló hibákat. A vizsgálatban a vízügyi törzshálózat kútjainak mérési adatait 1991–2014 közötti id szakra, az MFGI megfigyel kútjainak adatait a mérés kezdetét l az 1970–2015 id szakra vettük figyelembe. Az id sorok vizsgálata során meghatároztuk, hogy az adatsorra illeszhet -e trend, vagy egymást követ , változó trendek jellemz k. Az adatokra illeszhet trend meredekségét számítottuk a teljes id -szakra, illetve az utolsó nyolc évre.



3. ábra. Települések ivóvízellátásának klíma-érzékenysége a legkevésbé érzékeny közvetlenül ellátó vízbázistípus alapján, a DMRV (Duna Menti Regionális Vízm) m kódési területén
Figure 3. Drinking water protected area climate-sensitivity of the settlements based on the least sensitive direct water supply type, within the operational area of the DMRV (Danube Waterworks Company)

A megfigyel kutak vízszintváltozásának értékelésén alapuló vizsgálatot pontosítottuk, illetve kiegészítettük a 2015. évi Vízügyi és Vízellátási Terv keretében az MFGI szakemberei által az országos vízmérleg aktualizálásához, a sekély porózus, porózus és porózus termál víztestek között átadódó vízkészletek meghatározására fejlesztett áramlási modell eredményeivel.

A porózus medence területre a korábbi években az MFGI végzett modell-fejlesztéseket, főleg a hévíz- és geotermikus energia-gazdálkodási feladatokhoz. Ezek keretében az „XL-Pannon modell” elnevezésű modell változat (VITUKI-MÁFI-AQUAPROFIT 2005) továbbfejlesztése bizonyult a vízmérleg számításához célravezetőnek, a sekély porózus részek geometriájának, hidraulikai paramétereinek és beszivárgási peremfeltételeinek frissítésével, újraalkotásával. A modellszámítás idben átlagos, vagyis idben változatlanként értelmezett, permanens helyzetet vizsgál. Külön szimulációk készültek a víztermelések nélkül, illetve a víztermelések (az ivóvíz célú vízkivételek mellett tartalmazza a mez gazdasági, ipari és termálvíz kivételeket is) figyelembe vételével. A modell és a trendvizsgálat eredményeiből meghatározásra került a víztermelés hatására kialakult depresszió mértéke.

A megfigyel kutak id sorának vizsgálata, illetve a porózus víztestekre elvégzett vízmérleg szimulációk eredményeinek együttes értékelése alapján a víztestek víztermelések általi igénybevételét a 4. ábra mutatja be. Általánosságban megállapíthatjuk, hogy a víztermelések által eredményezett depressziós hatás elsősorban az Alföld középső területén jelentkezik regionális vízszintcsökkenéssel, amelynek mértéke a mélységgel párhuzamosan nő. A 90-es évek közepére több térségben megtorpant a vízszintek további csökkenése, illetve azóta nem figyelhető meg jelentős változás.

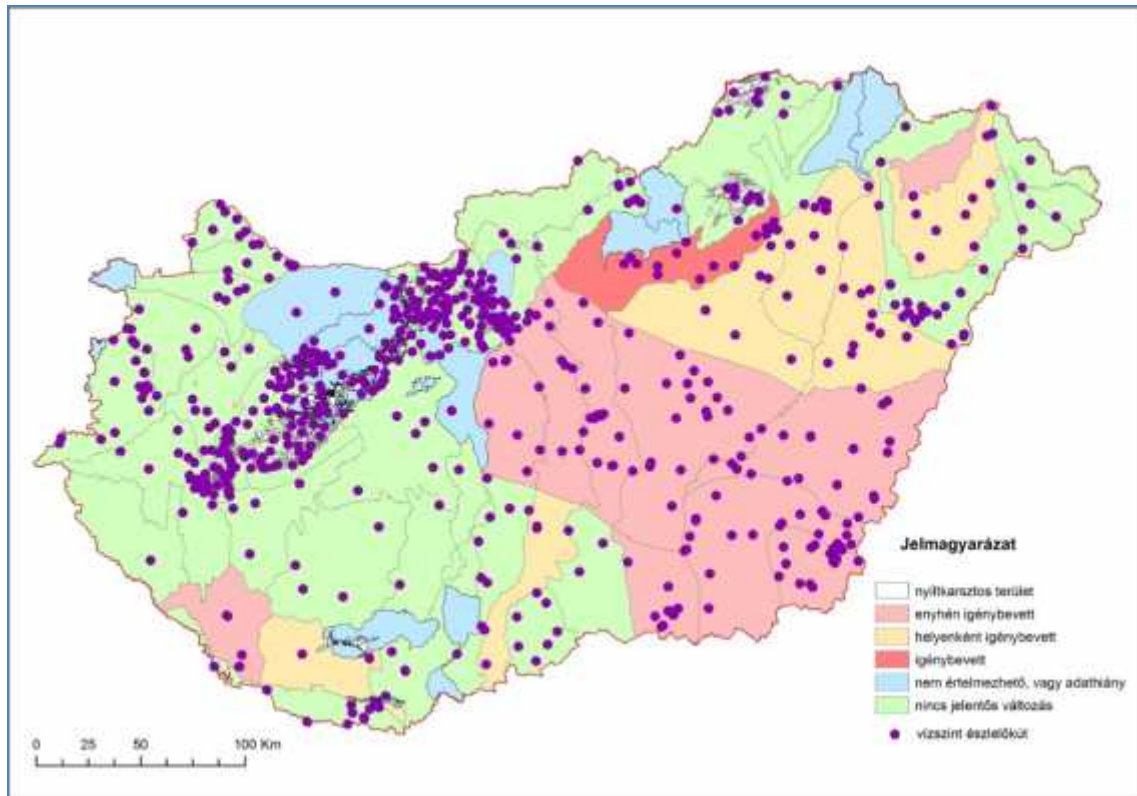
A jelenlegi vízszintek azonban ezeken a helyeken napjainkig is az eredeti vízszintnél több méterrel alacsonyabbak.

A TELEPÜLÉSEK ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSAIVAL SZEMBENI ALKALMAZKODÓKÉPESÉGE AZ IVÓVÍZELLÁTÁS TERÜLETÉN

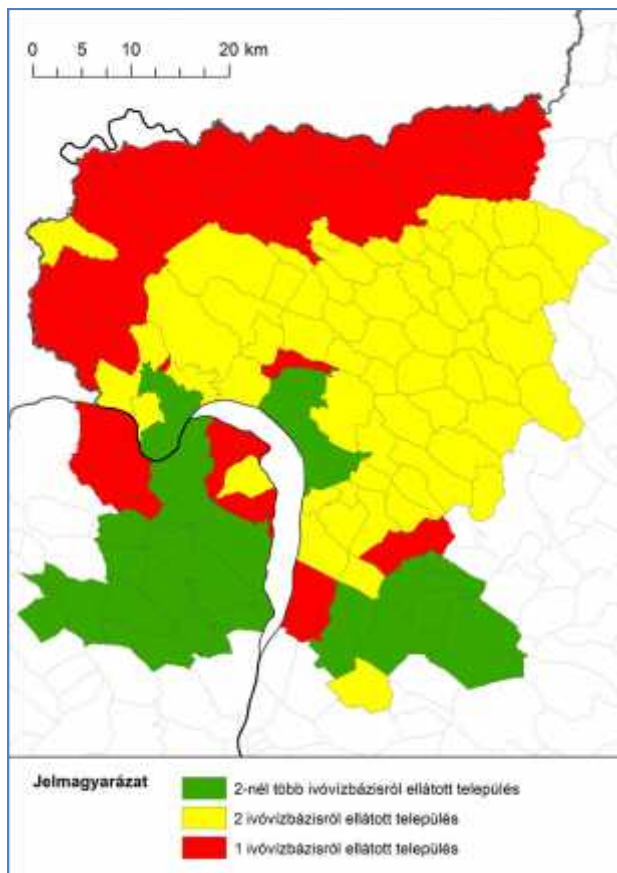
A települések ivóvízellátásának éghajlatváltozással szembeni sérülékenység-vizsgálatához a kitérttség és az érzékenység mellett meg kell határoznunk a települések éghajlatváltozás hatásával szembeni alkalmazkodóképességét. E téren az ivóvízellátási infrastruktúra állapota és fejlesztési lehetőségei, valamint a lakosság vízigénye a legfőbb hatótényezők. E vizsgálatához a KSH T-STAR és a NAV SZJA adatbázis Országos Területfejlesztési és Területrendezési Információs Rendszerben (TeIR) elérhető társadalmi-gazdasági mutatókat, valamint a DMRV által a mintaterületre vonatkozóan átadott, az ivóvízellátási infrastruktúra állapotára vonatkozó adatokat használtuk fel.

A vizsgálat első lépésében a DMRV-vel együttműködésben meghatároztuk azokat az adatköröket, amelyeket a továbbiakban használni kívánunk, illetve csoportosítottuk a felhasználandó adatok körét. E feladat fontos részét jelentette az adatsorok hibáinak kiszűrése, valamint egyes kiugró adatok ellenőrzése, korrigálása.

Fontos szempontot jelentett, hogy a vizsgálatba bevont adatok lehetőség szerint egy adott évre vonatkozzanak, ez azonban csak részben teljesíthető. Az infrastruktúra állapotára vonatkozó adatok naprakészek, tehát a jelen állapotra vonatkoznak, a társadalmi-gazdasági viszonyokat leíró mutatók azonban egységesen csak a 2013-as évre és az azt megelőző évekre állnak rendelkezésünkre.



4. ábra. Víztermelés hatására bekövetkező vízszintcsökkenés mértéke a porózus víztestekben
 Figure 4. Groundwater level decline caused by water production in the porous groundwater bodies



5. ábra. A települések ivóvízbázis-ellátottsága a mintaterületen, 2015 (Adatok forrása: DMRV Zrt.)
 Figure 5. Number of drinking water protected areas supplying settlements in the operational area of DMRV (Danube Waterworks Company), 2015 (Source of data: DMRV)

Míndezeket figyelembe véve az alábbi fajlagos mutatókat használtuk fel az alkalmazkodóképesség meghatározásához:

- 1) Az alkalmazkodóképesség infrastrukturális tényezői:
 - a) Egy adott települést közvetlenül ellátó ivóvízbázisok száma
 - b) Az ivóvízbázis b víthet sége (kategória)
 - c) Az ivóvízellátás kapacitásának növelhet sége (kategória)
- 2) Az alkalmazkodóképesség társadalmi-gazdasági hatótényez i:
 - a) Egy lakosra jutó ivóvízfogyasztás, 2013 (m^3/f)
 - b) Egy lakosra jutó összes belföldi jövedelem, 2013 (Ft/f /év)

Míndezeket figyelembe véve az alábbi fajlagos mutatókat használtuk fel az alkalmazkodóképesség meghatározásához:

- 3) Az alkalmazkodóképesség infrastrukturális tényezői:
 - a) Egy adott települést közvetlenül ellátó ivóvízbázisok száma
 - b) Az ivóvízbázis b víthet sége (kategória)
 - c) Az ivóvízellátás kapacitásának növelhet sége (kategória)
- 4) Az alkalmazkodóképesség társadalmi-gazdasági hatótényez i:
 - a) Egy lakosra jutó ivóvízfogyasztás, 2013 (m^3/f)
 - b) Egy lakosra jutó összes belföldi jövedelem, 2013 (Ft/f /év)

A vizsgálat további lépései során kategóriaértékeket rendeltünk az egyes mutatókhoz, majd a kategóriaértékek összegzésével meghatároztuk az egyes települések alkalmazkodóképességének mértékét.

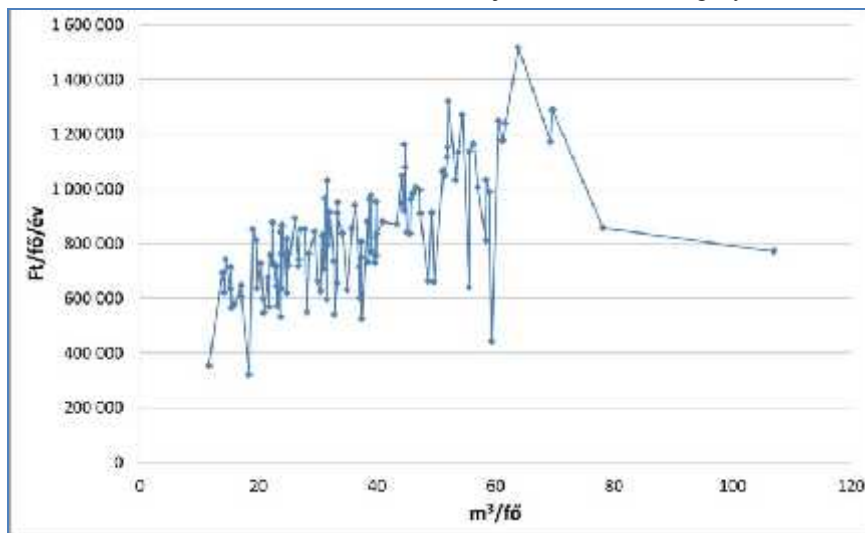
Az alkalmazkodóképesség infrastrukturális tényezői

Az ivóvízellátás területén az alkalmazkodóképesség mértékét alapvetően meghatározza, hogy egy települést hány ivóvízbázisról látja el a szolgáltató, illetve a települési ivóvízellátás infrastruktúrája hogyan fejleszthető. A DMRV-t 1 kapott adatok alapján meghatároztuk, hogy egy adott települést hány m köd ivóvízbázis látja el. Megvizsgáltuk továbbá, hogy az adott ivóvízbázisok b vítheték-e, vagy növelhet-e a településen az ivóvízellátási infrastruktúra kapacitása. Fontos hangsúlyozni ugyanakkor, hogy a kiépített vezetékhalozatnak köszönhetően, megfelelő vízkormányzással a szolgáltató minden esetben tudja biztosítani a települések ivóvízellátását.

Az alkalmazkodóképesség szempontjából az ivóvízbázis-ellátottságot akkor tekintettük a legkedvezőtle-

nebbnek, ha egy települést csupán egy ivóvízbázisról látják el, míg a legkedvezőbb helyzetet az jelenti, ha 2-nél is több ivóvízbázisról szolgáltatnak az adott településen. E tekintetben jelentős eltérések tapasztalhatók (5. ábra), az Ipoly-mente településeiben jellemzően csupán egy ivóvízbázis látja el a településeket, ugyanakkor Budapest térségében a települések zömét több forrásból látja el a szolgáltató.

Az ivóvízbázisok fejlesztésének tekintetében lényegesen egységesebb képet láthatunk. A DMRV által átadott információk alapján a mintaterület településeinek zömében van olyan vízbázis, amelynél mind a b vítésre, mind pedig a kapacitás növelésére nyílik lehetőség. Nagyobb, összefüggő terület, ahol problémák jelentkeznek, az Ipoly-mente déli részén, valamint a Dunakanyarban található. A vízbázisok b víthetősége azt jelenti, hogy az adott vízbázis területén új kút létesíthető, míg a kapacitás növelése a meglévő termelői kapacitások növelését, a meglévő kút kiváltását, felújítását jelenti. A vízbázisok fejlesztését leginkább a beépítettség, vagy a vízbázis szennyezettsége gátolhatja, ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy mind a b vítés, mind a kapacitásfejlesztés jelentős ráfordítást igényel.



6. ábra. A lakosság jövedelmi helyzete és az ivóvízfogyasztás közötti összefüggés az egy lakosra jutó összes belföldi jövedelem (Ft/fő/év, 2013) és az egy lakosra jutó ivóvízfogyasztás (m³/fő, 2013) alapján

Figure 6. Public income and water consumption relationship based on all domestic income per inhabitant (HUF/per capita/year, 2013) and water consumption per inhabitant (m³/per capita, 2013)

Az alkalmazkodóképesség társadalmi-gazdasági hatótényezői

Az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodás vizsgálatának alapvető célja annak meghatározása, hogy a társadalom milyen mértékben képes választ adni az éghajlatváltozásból fakadó kihívásokra. Az ivóvízellátás tekintetében a legfontosabb társadalmi-gazdasági kérdéseket a lakosság vízigénye, valamint a problémák elhárításának az egyén és a helyi közösség szintjén jelentkező képessége jelenti. A lakosság vízigénye egyértelműen meghatározható az egy lakosra jutó vízfogyasztás mutatójával, ennél bonyolultabb kérdés az elhárítás képességének vizsgálata. E kérdés vizsgálatára jól használható a lakosság jövedelmi viszonyait jellemző egy lakosra jutó összes belföldi jövedelem mutatója, ugyanis egy adott térség fejlettségét a lakosság jövedelmi helyzete alapvetően meghatározza meg (Faluvégi 2000).

A jövedelmi viszonyok vizsgálatba vonásával tehát információt kapunk a fejlettségbeli különbségekről is. Bíró Péter és Molnár László (Bíró és társai 2004) kutatása alapján pedig kijelenthető, hogy a térségek gazdasági és infrastrukturális fejlettsége között egyértelmű, szoros kapcsolat van, ezért indokolt a jövedelem vizsgálata az alkalmazkodóképesség meghatározása során.

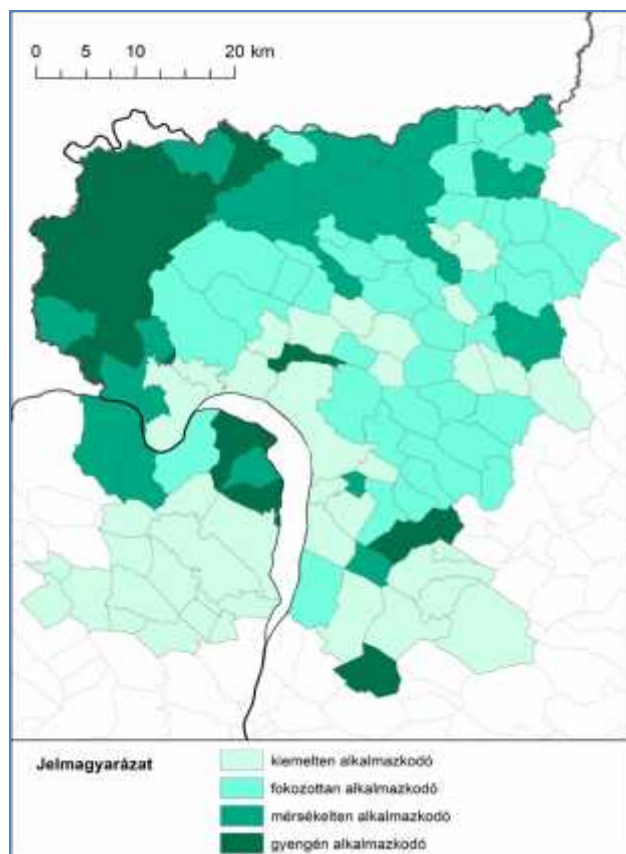
Ezt a viszonyt jól mutatja az is, hogy a lakosság jövedelmi helyzete és az ivóvízfogyasztás között is szoros kapcsolat mutatható ki (6. ábra). Egyes kiugró értékeket eltekintve egyértelmű pozitív lineáris összefüggés mutatkozik a jövedelem és vízfogyasztás között. A kiugró értékeket egyedi hatások okozzák, a legmagasabb egy főre jutó vízfogyasztással például Visegrád rendelkezett 2013-ban, ami leginkább a turizmus számlájára írható.

Az ivóvízfogyasztás és a térség jövedelmi helyzetének területi differenciáltságát tekintve egyaránt jelentős kettősség mutatkozik. A fő város agglomerációja, a Dunakanyar térsége, valamint az Alsó-Ipoly-völgy települései magasabb, míg Nógrád megye települései zömében alacsonyabb értékekkel rendelkeznek mindkét tényező esetében.

A települések alkalmazkodó-képességének meghatározása a mintaterületen

Az egyes hatótényezők részletes vizsgálata eredményeként meghatároztuk a települések éghajlatváltozással szembeni alkalmazkodóképességét az ivóvízellátás tekintetében. Ennek során egyenlő súlyban vettük figyelembe az ivóvízbázis-ellátottságot, az ivóvízellátás fejleszthetőségét, a lakosság vízigényét, valamint a lakosság jövedelmi viszonyait jellemző mutatókat.

Alkalmazkodóképesség szempontjából pozitívnak tekinthető, ha több ivóvízbázis lát el egy települést, van lehetőség a meglévő ivóvízbázis bővítésére és termelőképességének fejlesztésére, valamint alacsony a lakosság vízigénye és kedvező a jövedelmi helyzete.



7. ábra. A települések éghajlatváltozással szembeni alkalmazkodóképessége az ivóvízellátás területén

Figure 7. Climate adaptation of the settlements regarding water supply

E szempontokat figyelembe véve 4 kategóriát különítettünk el: kiemelten, fokozottan, mérsékelt és gyengén alkalmazkodó. Az alkalmazkodóképesség (7. ábra) szempontjából legkedvezőtlenebb térségnek az Alsó-Ipoly-völgy tekinthető. Ebben a térségben a vizsgált mutatók mindegyike kedvezőtlenül alakult. A települések

döntő többségét csupán egy ivóvízbázis látja el és a vízbázisok fejleszthetősége is korlátozott, emellett magasnak tekinthető az ivóvízfogyasztás ugyanakkor alacsony a lakosság jövedelmi szintje.

Alkalmazkodóképesség szempontjából kedvezőtlenül helyzetben vannak a Dunakanyar jobb parti települései is, ahol félévenként az infrastrukturális hiányosságok és – vélhetően a jelentős turizmus és a kiterjedt üdülőövezetek miatt – magas lakossági vízfogyasztás jelent problémát.

IVÓVÍZBÁZISOK SÉRÜLÉKENYSÉGE

Az ivóvízbázisok sérülékenysége a kiterjedtség, érzékenység, felszín alatti víztermelés általi igénybevétel és alkalmazkodóképesség együttes jellemzéséből vezettük le, a települések közigazgatási területére vonatkoztatva. Mivel az alkalmazkodási indikátorokat csak a DMRV területére tudtuk megadni, a sérülékenység vizsgálatát is a DMRV-működési területén végeztük el.

A sérülékenység mértékének meghatározására kategóriákat határoztunk meg, ahol a kiterjedési, érzékenységi, igénybevételi és alkalmazkodási tényezőket egyenlő súllyal, az egyes indexekből levezetett komplex indikátorokkal vettük figyelembe. Az indikátorok értékét és a sérülékenységi kategóriákat oly módon határoztuk meg, hogy alkalmazhatók legyenek az egész ország jellemzése során, így a vizsgálat az ország teljes területére azonos kategóriák alkalmazásával kiterjeszhető legyen.

Az összetett kiterjedési indikátor számításánál nem vettük figyelembe a jellemzésnél alkalmazott módosított Pálfai-féle aszályindexet, amely az aszályosságot megfelelően reprezentálja, de számításánál a nyári hónapok meteorológiai adatai nagyobb súllyal szerepelnek. A felszín alatti beszivárgásnál ezzel ellentétben a meteorológiai paraméterek téli félévi alakulása kap nagyobb jelentőséget. Ebből is látszik, hogy a csapadék éven belüli eloszlása, illetve ennek várható alakulása rendkívül fontos a vízbázisok utánpótlódása szempontjából. Ennek ellenére a klímodellek nagy bizonytalansága, illetve a két modell ellentmondó projekciója miatt (Szépszó és társai 2015) a csapadékarányokból levezetett indexet sem használtuk fel. Az összetett kiterjedési indikátort tehát a UNEP ariditási index (UNEP 1992) és a klimatikus vízmérleg értékéből számítottuk.

A vízbázisok klíma-sérülékenységét mind a két klímodellel, a projekciókban szereplő mindkét klímaablakra meghatároztuk (8–9. ábra). Az ábrák jól szemléltetik, hogy mindkét modell esetében már a 2021–2050 id szakban is jelentkeznek különböző mértékben sérülékeny területek. Az idő elhaladtával a 2071–2100 közötti időszakra fokozódik a sérülékenység mértéke.

ÖSSZEFOGLALÁS

Fenti vizsgálat eredményeként megállapíthatjuk, hogy a vízbázisok klíma kiterjedése Magyarország területén nem egységes, de európai viszonyok között relatív szűk sávban változik. A klímaváltozás hatására számolni kell a felszín alatti vizek utánpótlásának várható csökkenésével. Ezt a folyamatot valamennyire ellensúlyozza a csapadék éven belüli eloszlásának változása, azaz a téli hidrológiai

félévben lehulló csapadék mennyiségének várható növekedése.

A jelenlegi klímamodellek meglehetősen nagy bizonytalansággal jellemezhetők, ezért a további kutatások során fontos a bizonytalanság mértékének csökkentése további klíma projekciók figyelembe vételével, valamint új, nagyobb felbontású klímamodellek eredményeinek felhasználásával. A klíma-kitettségek pontosításán felül további vizsgálatok szükségesek a partisz rés rendszerek kitettségének jellemzésére.

A vízbázisok földtani, vízföldtani helyzetükből adódóan eltérő klíma-érzékenységgel rendelkeznek. A felszín alatti vizekben történő vízellátás során nagyobb figyelmet kell fordítani a kevésbé klíma-érzékeny vízbázisokra. Kiemelt fontosságúak lesznek a partisz rés rendszerek, amelyek klíma-érzékenyséjük ellenére, nagy tároló kapacitásuknak és folyamatosan megújuló készletüknek köszönhetően a távlati ivóvízellátás alapjait jelenthetik. Célszerű a fokozottan klíma-sérülékeny karsztos, illetve sekély porózus vízbázisok kiváltása nagyobb biztonságot jelentő új vízbázisok létesítésével. Amennyiben erre a földtani, vízföldtani adottságokból adódóan korlátozottak a lehetőségek, meg kell vizsgálni a tartalék vízbázisok szerepét.

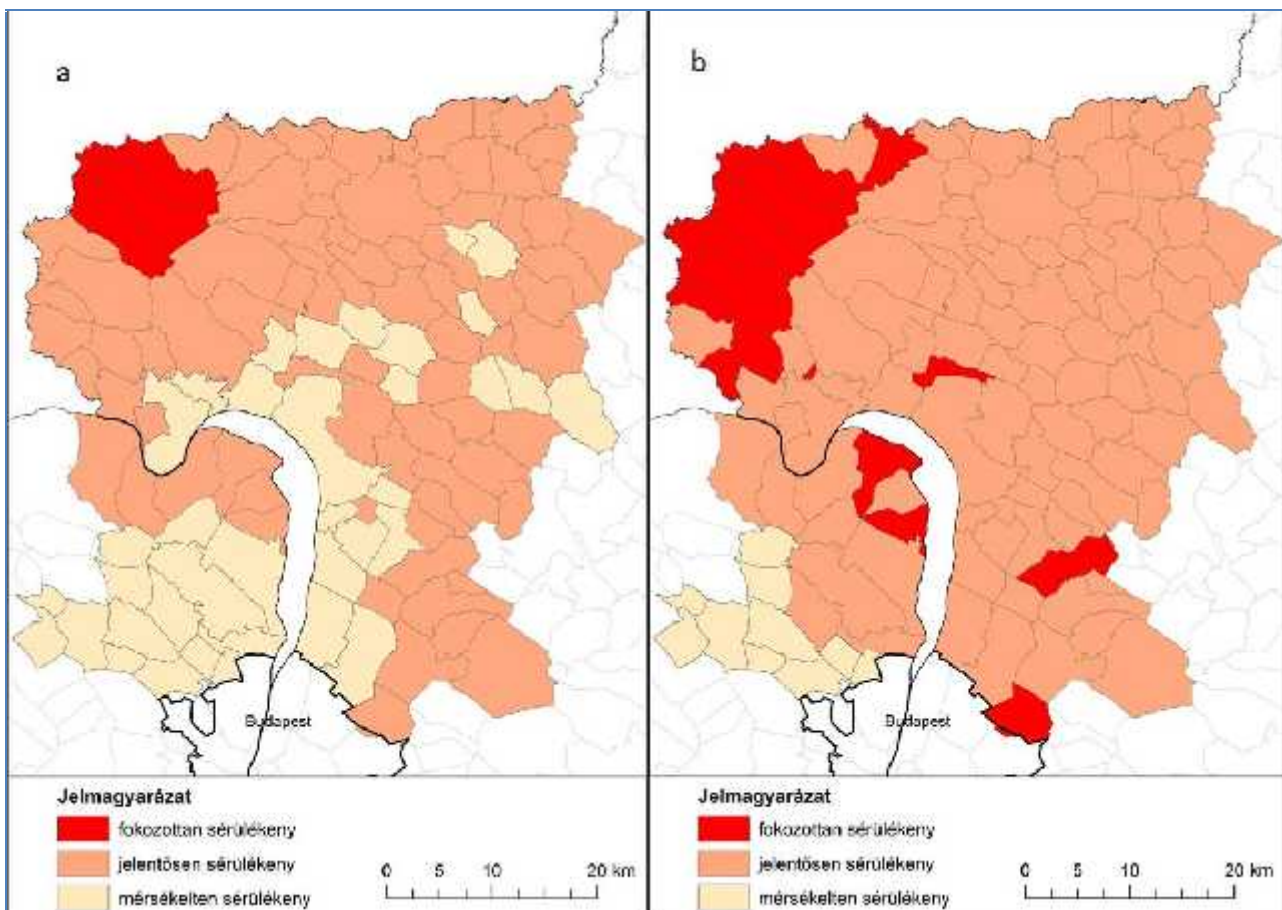
A klímaváltozás hatásainak csökkentése céljából nagyobb hangsúlyt kell fektetni az alkalmazkodásra. A vízellátás során nagyobb biztonságot jelenthetnek a regionális ellátórendszerek, ahol fontos szerepet tölthet be a már ma is sok helyen alkalmazott vízkormányzás, különböző térségek közötti vízátvétel.

A térségi fejlesztések során figyelembe kell venni a vízbázisok klíma-sérülékenységét, illetve az ezeket szintén meghatározó társadalmi, gazdasági tényezőket.

Az ivóvízellátás infrastrukturális fejlesztéseinek tervezése során figyelembe kell venni, hogy mely térségekben jelenthetnek problémát a jövőben az éghajlatváltozás hatásai, törekedni kell olyan fejlesztések végrehajtására, amelyek az alkalmazkodóképesség javításával csökkentik az egyes térségek ivóvízellátásának sérülékenységét.

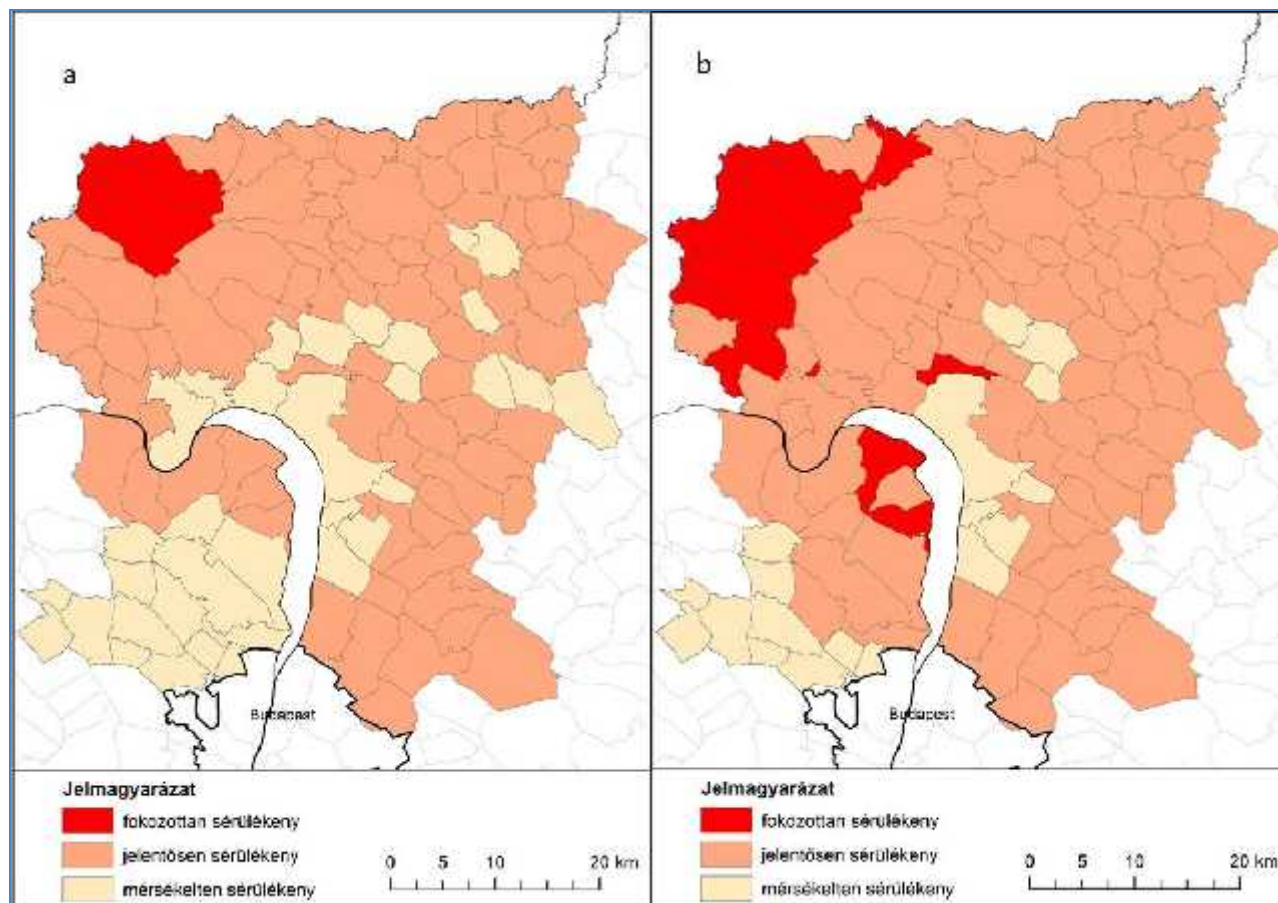
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A jelen szakmai munkaanyag Izland, Liechtenstein és Norvégia EGT-támogatásokon és a Regionális Környezetvédelmi Központ (REC) anyagi hozzájárulásán keresztül valósult meg.



8. ábra. Ivóvízbázisok klíma-sérülékenysége az ALADIN-Climate modell adatai alapján a 2021–2050 (a) és 2071–2100 (b) közötti időszakra

Figure 8. Climate-vulnerability of drinking water protected areas using the ALADIN model for the period between 2021–2050 (a) and 2071–2100 (b)



9. ábra. Ivóvízbázisok klíma-sérülékenysége a RegCM modell adatai alapján a 2021–2050 (a) és 2071–2100 (b) közötti id. szakra
 Figure 9. Climate-vulnerability of drinking water protected areas using the RegCM modell for the periods 2021–2050 (a) and 2071–2100 (b)

IRODALOMJEGYZÉK

Ács F., Breuer H. (2013). Biofizikai éghajlat-osztályozási módszerek. Eötvös Loránd Tudományegyetem. Budapest. 131 p.

Bihari Z., Gauzer B., Gnant B., Gregori G., Herceg Á., Kovács T., Kozák P., Lakatos M., Mattányi Zs., Nagy A., Németh Á., Pálfai I., Szalai S., Szentimrey T., Vincze E. (2012). Délkelet-Európai Aszálykezelési Központ DMCSEE projekt: A projekteredmények összegzése. Országos Meteorológiai Szolgálat.

Bíró P., Molnár L. (2004). A kistérségek fejlettségi szintjének és infrastruktúrájának összefüggései. *Közgazdasági Szemle* LI. évf. pp.1048–1064.

Szalai S., Auer I., Hiebl J., Milkovich J., Radim T., Stepanek P., Zahradnicek P., Bihari Z., Lakatos M., Szentimrey T., Limanowka D., Kilar P., Cheval S., Deak Gy., Mihic D., Antolovic I., Mihajlovic V., Nejedlik P., Stastny P., Mikulova K. Nabyvanets, I. Skyryk, O. Krakovskaya, S.Vogt, J., Antofie T., Spinoni J. (2013). Climate of the Greater Carpathian Region. Final Technical Report. www.carpatclim-eu.org.

Jacob D., Kotova L., Lorenz P., Moseley C., Pfeifer S. (2008). Regional climate modeling activities in relation to the CLAVIER project. *Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*, 112, 3–4, 141–153.

Faluvégi A. (2000). A magyar kistérségek fejlettségi

különbségei. – *Területi Statisztika*, 4, 319–346.

Kessler H. (1954). A beszivárgási százalék és a tartósan kitermelhető vízmennyiség megállapítása karsztvizekben. – *Vízügyi Közlemények*, 2, 179–188.

TeIR Országos Területfejlesztési és Területrendezési Információs Rendszer, Interaktív elemz alkalmazás. www.teir.hu

Pálfai, I., (1990). Description and forecasting of droughts in Hungary. Proc. of 14th Congress on Irrigation and Drainage (ICID), Rio de Janeiro, 1990, Vol. 1-C, pp.151-158.

Pálvölgyi, T., Hunyady, A. (2008). Common methodological framework of CLAVIER Impact Case Studies (in: Database on the statistical-empirical interrelations between the high resolution climate indicators and the parameters of impact issues). CLAVIER Report). www.clavier-eu.org

Rotárné Sz. Á., Tóth Gy. (2008). Klímaváltozás hatása a felszín alatti vizekre. *Víz Panoráma* 16. évf., 2, 16–20.

Szépszó G., Sábitz J., Zsebeházi G., Szabó P., Illy T., Bartholy J., Pieczka I., Pongrácz R. (2015). A klímamodellekből levezethető indikátorok alkalmazási lehetőségei. Kézirat. Országos Meteorológiai Szolgálat - Eötvös Loránd Tudományegyetem.

Thornthwaite C. W. (1948). An Approach toward a Rational Classification of Climate. *Geographical Review*, 38, 1, 55–94.

UNEP (1992). *World Atlas of Desertification*. Edward Arnold, London.

A SZERZŐK



ROTÁRNÉ SZALKAI ÁGNES. Okleveles geológusként végzett az Eötvös Lóránd Tudományegyetemen, majd környezetvédelmi szakmérnöki diplomát szerzett a Budapesti M - szaki Egyetemen. Jelenleg hidrogeológusként dolgozik a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet Vízföldtani F osztályán. F szakmai területe a vízföldtani monitoring, de számos más témájú (klímaváltozás, vízgazdálkodás, geotermikus kutatások) projektben is részt vesz.

VITUKI-MÁFI-AQUAPROFIT (2005). A fürdő - fejlesztésekkel kapcsolatban a hazai termálvízkezelés fenntartható hasznosításáról és a használt víz kezeléséről szóló hidrogeológiai kutatás. Zárójelentés. Kézirat, VITUKI, Témaszám: 721/1/6418-01.

SELMECZI PÁL. Okleveles geográfusként végzett az Eötvös Lóránd Tudományegyetemen terület- és településfejlesztés szakirányon, jelenleg a Budapesti M szaki Egyetem BME Gazdálkodás- és Szervezéstudományi Doktori Iskola hallgatója. A Magyar Földtani és Geofizikai Éghajlati Stratégiai Tervezési F osztályát vezeti. F szakmai területe az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás és területi sérülékenységvizsgálat, de számos más témájú (klímaváltozás, regionális egyenlőtlenségek, stratégiaalkotás módszertani kérdései, mitigáció) projekteken is részt vesz.

HOMOLYA EMESE. Földtudományi kutató, majd meteorológus diplomát szerzett az Eötvös Lóránd Tudományegyetemen. Elsődleges kutatási témái a légköri transzport modellezés, valamint a klimatológia területeihez kötődnek. A Magyar Földtani és Geofizikai Intézet Nemzeti Alkalmazkodási Központjában klimatológiai elemzésekkel és adatbázis-kezeléssel foglalkozik.

Karlovy Vary-i világhír gyógyforrásai (Csehország)

Dobos Irma* és Scheuer Gyula**

*Budapest, Margit krt. 44. irma.dobos@gmail.com

**Budapest, Szendrő u. 6.

Kivonat:

Ebben az anyagban Csehország számos természeti értéke közül a világhírű gyógyfürdő jének Karlovy Varynak alapját adó hévforrásainak környezeti és vízföldtani adottságait ismertetjük a szakirodalom felhasználásával. Ezen belül az első fejezetben tárgyaljuk a források felfedezésének és a fürdő létesítésének körülményeit. Bemutatjuk a forrásokra alapozott gyógyászati tevékenységet és annak fejlődési fázisait egészen napjainkig. Ez magával hozta a fürdő város dinamikus fejlődését fürdővel, hotellel, fedett és zárt sétányokkal, ivókutakkal, kihasználva a fekvésből eredő hegyes-erdős táj nyújtotta lehetőségeket is. A második fejezet a gyógyfürdő éghajlati, morfológiai és földtani viszonyaival foglalkozik. Tájékoztató jelleggel ismertetjük azt a 12 forrást, amely a gyógyászati tevékenység alapját képezi évszázadok óta. Ehhez kapcsolódva tárgyaljuk azt a hidrodinamikai rendszert és adottságait, amelyeknek köszönhető a gyógyhévforrások kialakulása. A harmadik fejezetben ismertetjük a gyógyforrások hidrogeokémiai és ezen belül a makro- és részleges nyomelem adottságokat. Alapvetően ennek köszönhető az a gyógyhatás, amely miatt évszázadok óta keresik fel a gyógyulni vágyók tömegei, és nem csatlódnak, valóban enyhülést szereznek bajaikra, vagy gyógyulva távoznak.

Kulcsszavak:

környezet, erózióbázisos vízkilépés, hévforrások, gránitos vízvezetés, makro- és nyomelemek, gyógyászati tevékenység

World Famous Medicinal Springs of Karlovy Vary, Czech Republic

Abstract

This treatise, using also technical literature sources, reviews the environmental and hydrological properties of the thermal springs in Karlovy Vary, which give the basis of the world famous watering place in the Czech Republic. In the first chapter we cover the circumstances in which the springs were discovered and the spa was set up. We show the medical treatments based on these springs, and the phases of their progress until nowadays. This brought the dynamic development of the spa including bathes, hotels, roofed and closed walkways, drinking fountains, utilizing also the hilly, woody surroundings of the site. Chapter two contains the climatic, morphologic and geologic background of the spa, then we introduce the 12 springs which have been the basis of the medical work for centuries. In this connection we also discuss the hydrodynamic system and its properties that enabled the formation of the medicinal thermal springs of the site. In Chapter three we review the hydro geochemical properties of the medical spas including the macro- and partial microelement characteristics. The curative power of the spa is basically owed to these characteristics and that's why so many people looking for healing have found remedy for their pains for centuries.

Keywords

environment, base level spring outlet, thermal spring, granitic water flow, macro- and microelements, therapeutics

BEVEZETÉS. TÖRTÉNELMI ÁTTEKINTÉS

Karlovy Vary (korábban Karlsbad) Csehország legrégebb és legnagyobb fürdő városa, amely gyógyforrásai révén méltán vált világhírűvé. A gyógyfürdő a Teplá-folyó völgyében és az Ohé-folyó összefolyásánál erdőborította hegyekkel körülölelve kb. 400 m-es tengerszint feletti magasságban helyezkedik el. A természet nyújtotta szépségével, zárt sorú épületeivel, fürdőivel, zárt és nyitott sétányaival, eredményes gyógyászati tevékenységével, az ezekhez kapcsolódó ivókútjaival valóban méltán érdemelte ki hírnevét, amelyet napjainkban is a turisták és a gyógyulni vágyók tízezrei keresik fel.

A gyógyfürdő mozgalmas történelmi múltja az 1300-as évekre nyúlik vissza, amikor IV. Károly német-római császár és cseh király vadászat közben szarvast üldözve felfedezte a Teplá-folyó medrében gejzirként magasra feltörő (6-8 m), gőzölgő forróvíz forrásokat, és a monda szerint 1350-ben elrendelte a fürdő létesítését (1. ábra). A gyógyforrások fölött fürdő létesült, és a Vary falu számos kiváltságot kapva virágzásnak indult.

A fürdő fejlődését és a feltörő gyógyvíz felhasználását a szakirodalom és az egyéb leírások több szakaszra, illet-

ve korszakra bontják. Ezek a következők:

Első korszak az 1350-1522 közötti időszakban, így az első közel 200 évben a gyógyforrások vizét csak fürdővízként hasznosították. A kiépült fürdőházakban fahordókban történt a fürdés, és akkoriban hosszú idejű tartózkodást írtak elő a betegeknek. A víz-ívőkúrás felhasználása egyáltalán nem történt. A hosszú ideig tartó fürdést akkor tartották eredményesnek a beteg szempontjából, ha a beteg felrepedezett, és ekkor a testből eltávozó váladékkal a betegség is megszűnt. Szombathy Viktor leírása szerint kellemesen telt el az idő, mert az egyik kádban férfi, míg a másikban nő ült és közben ettek, ittak, szórakoztak.

Az ilyen hosszú idejű fürdés károsan hatott a betegekre, mert az felrepedezett és fájdalmas volt. Ezt a kezelést a betegek egymás között bevezető gyógy módnak nevezték, mert a napról-napra történő fürdés hatására a felső rész fájdalmas leválását okozta. A forró fürdés utáni izzasztásos módszert is használták még. Ilyen módszerek alkalmazásával reméltek gyógyulást a betegek. Ezek a gyógyítási módszerek sokaknál segítettek, mert ebben az időszakban is a fürdő hely jelentősen fejlődött, növekedett és széleskörű ismeretség gyógyhellyé vált. Így már ezek-

ben az évszázadokban alapozódott meg a fürdő város kiemelkedő hírneve.



1. ábra. A gyógyforrások felfedezéséről készült 18. századi festmény (prospektusból másolva)

Figure 1. The discovery of mineral springs on an 18th century painting (copy from a brochure)

A szakirodalom szerint a második korszak a gyógyfürdő fejlődésében 1522-1718 közötti időszakban zajlott le. Ezekben az évszázadokban lassú fejlődéssel a fürdés mellett már megindultak az ivókúrák kezelési módok is. Kezdeményezője Vencel Payer volt, aki 1522-ben megjelent írásában legelsőként az ivókúrát javasolta a betegeknek, mint gyógyítási tényezőt. A lassan bevezetett ivókúra a 16. század végén elfogadott gyógymóddá vált és a fürdő orvosok már 4-5 hetes kúrát is javasoltak a betegeknek az egyéb kezelési módok mellett. Az 1750-es években eladottak olyan extrém esetek is, amikor 50-70 ivócsésze (kb. 2 dl) gyógyvizet itattak meg a beteggel, ha csak rövid ideig tartózkodhatott a helyszínén. Ezekben az évszázadokban az itt fakadó gyógyforrásoknak csodálatos gyógyító hatása Európa szerte ismertté vált és ebben a korban királyok, magas rangú emberek, híres emberek keresték fel és időzték itt gyógyulást várva betegségeikre. Megemlíthető, hogy Nagy Péter orosz cár is itt időzött 1711-1712 között. A hivatkozott szakirodalom szerint az 1700-as évek elején a gyógyfürdő évi forgalma meghaladta a 10 000 főt és a vendégek nemzetisége egész Európára kiterjedt.



2. ábra. A karlsbadi gyógyvíz és gyógysó hazai hirdetése 1936-ban

Figure 2. The Karlsbad medical mineral water and salt in domestic advertising in 1936

A fürdő hely fejlődésének harmadik szakasza 1718-1920 közötti időszakban következett be. Az 1700-as évek

második felében a gyógyítási módszerek jelentősen tovább fejlődtek. Ennek kiemelkedő úttörője volt David Becher, aki alapvetően módosította a karlsbadi balneológiát. Továbbá volt az is, aki a feltört forrásvizet kémiaiilag vizsgálta és meghatározta a víz összetételét. Sőt, 1764-ben előállította a karlsbadi sót a Sprudel-forrás (Vidlo) vizéből, amely az idő folyamán keresett cikk lett Európa szerte (2. ábra). Dolgozta ki, majd széles körben alkalmazták azokat az új komplex gyógyítási eljárásokat is, amelynek lényege az, hogy a fürdést és az ivókúrát együttesen kell alkalmazni, súlyt helyezve az ivókúrára és ezen belül kisebb mennyiség (2 l/nap) elfogyasztását ajánlotta. Elsőként javasolta még, és hangsúlyozta a mozgás fontosságát is, ezért sétákat írt el betegeknek. Kezdeményezte még a fedett sétányok (kolonnádok) építését, hogy rossz idő esetén is a betegek az előírt sétákat megtehessek, és ezeket úgy építették ki, hogy az ivókutak ezen belül helyezkedjenek el. Becher 1772-ben publikálta és ebben foglalta össze eddigi balneológiai eredményeit és tapasztalatait, amelyek igen jelentősnek ítélték meg a korai balneológiában. Természetesen ezekhez az új gyógymódokhoz kapcsolódó kedvező gyógyulási eredmények tovább növelték a gyógyfürdő hírnevét és a betegek számát. Ezzel összefüggésben a fellépő többlet igények kielégítése érdekében új fürdőházak, szállodák építésére került sor.

Károly Vary fejlődésében alapvető és lényegi fellendülést hoztak a 19. században bekövetkező változások a balneológiában, amelyek természetesen tovább növelték a betegek számát, és elhelyezésük érdekében nagyarányú építkezések is történtek (3. ábra). A korábbi csak fürdőre és ivókúrára szorítkozó gyógymódok század első felében jelentősen bővültek új kezelési módokkal és eszközökkel. Megindult például 1826-ban a gyógyfürdőzés, és ehhez kapcsolódva 1838-ban a szénavgázós és inhalációs kezelések, majd 1853-ban a gyógyvíz vastartalmát kihasználó kimondottan vasas fürdői gyógyítások is. További fejlődést jelentett 1860-ban a diabéteszes betegek részére épült kórház is.



3. ábra. Részletkép a városról a Teplá-folyóval
Figure 3. View of the town with the Teplá River

A 19. század második felében és a 20. század elején bekövetkezett ugrásszerű fejlődés alapvető és lényegi változásokat hozott. Ekkor érte el a fürdő város "virágkorát", mert a monarchiában divatba jött, jó beruházásnak minősült a gyógyítás, és ezért igen jelentős tőkés áramlott ide. Az akkori építkezések alapvetően meghatározói a mai városképeknek. Ezt az is elősegítette, hogy a város elérhető

sége a vasútvonal és utak építésével sokat javult. Az építkezések során számos hotel és gyógyfürdő mellett kiépültek az ivókúrához kapcsolódó fedett, nyitott és zárt ún. kolonnádok (árkádok), amelyek önmagukban is építészeti remekművek, érdekes színtoltjai a városképnek és visszaidézi az elmúlt időszaknak (4. és 5. ábra).

A modernizációval összefüggésben természetesen a balneológia és ehhez kapcsolódóan a gyógyításhoz szükséges eszközök is jelentősen fejlődtek és a nagyszámú betegellátást jelentősen el segítették. Az életstílus megváltozásával el térbe kerültek még a sporthoz kapcsolódó létesítmények kiépítése is. Tenisz, golf és egyéb sportoláshoz szükséges pályák létesültek. Ezt a virágzó fürdő-kultúrát és társadalmi életet lezárta az I. világháború és ez után új korszak kezdődött a gyógyfürdő életében. A közkedvelt fürdő helyet hazánkban is ismertették a karlsbadi gyógyvíz és gyógyvíz kiváló hatását forgalmának növelése érdekében (2. ábra).



4. ábra. Gránitsziklák a völgy peremén
Figure 4. Granite rocks at the edge of the valley



5. ábra. A Park-forrás (Sadový pramen) ivókútja a föléje emelt azonos nevű sétánnyal
Figure 5. The drinking fountain of Park-source (Sadový pramen) with the above built walkway of same name

A 20. század első felében bekövetkezett események erőteljesen hatottak a gyógyfürdő fejlődésére (világháborúk). Ezt követően kezdődött a gyógyfürdő fejlődésének

újabb, negyedik, eseményekben gazdag korszaka, amely napjainkban is jelentős és dinamikus megújulást eredményezett. Az államosítás nyomán a páciensek ügyfélkörében lényegi változások következtek be. Jelentős földtani és vízföldtani vizsgálatok és ehhez kapcsolódó kutatások indultak meg 1979-ben, amelyek alapvetően gazdagították a korábbi ilyen irányú ismereteket, és erről Vylita számolt be 1985-ben megjelent közleményében. Részletes geofizikai, földtani-vízföldtani vizsgálatok történtek a gyógyforrások védelme érdekében. E vizsgálatok alapján a Nemzeti Geológiai Szolgálat fúrásos kutatásokat javasolt 1979-ben. A megindult fúrásos kutatások a V idő (Sprudel)-forrásnál nagyon eredményesek voltak, mert ferde fúrásokkal harántolták a gránitban kialakult vízszállító nyitott repedést 88 és 44 m-es mélységben (HJ-24, HJ-25). Így a geológiai és hidrogeológiai tapasztalatok és eredmények jelentősen bővülésével, új tudományos ismeretek segítségével fejlődött a források hathatós védelme is (6. ábra). A vizek gyógyerejét kihasználó gyógyászati tevékenység és eszköztár jelentősen bővült, főleg a gyomor, bél, epe, máj és autoimmun betegségek gyógyítása terén.



6. ábra. A Park-forrás ivókútja
Figure 6. The drinking fountain of Park-spring

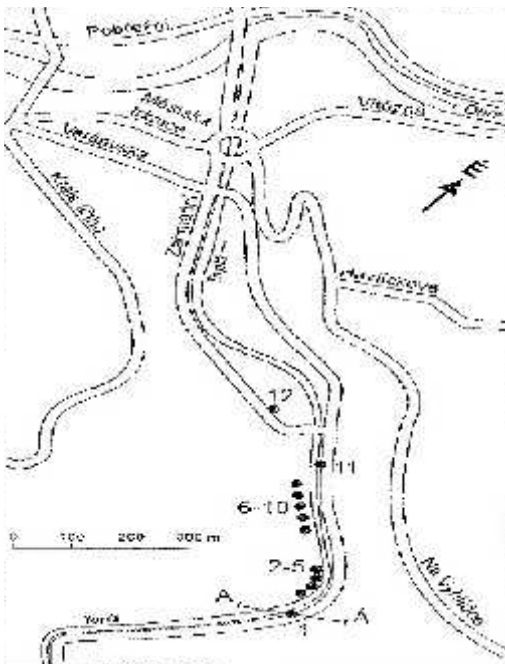
A kulturális életben is változások következtek be zenekonzertek és filmfesztiválok megrendezésével, amelyek el segítették a gyógyfürdő további nemzetközi megismerését is.

Az 1990-ben bekövetkezett rendszerváltás alapvető változásokat és szemléletmódosulást eredményezett. A privatizációval és az európai uniós pénzekből a gyógyfürdő fokozatosan visszanyerte régi fényét és hírnevét mind gyógyászati, mind turisztikai szempontból. Ma már ismét régi világhírnevét visszanyerve nem csak a gyógyulni, hanem az üdülni, pihenni vágyók is nagy számban keresik fel, mert ma már az ezt biztosító infrastruktúra kiépült. Ez természetesen vonatkozik a legkorszerűbb balneológiai terápiák és eszköztárának bevezetésére, kiépítésére is, így a különböző hidroterápiás kezelésekre, a gyógymasszázsokra, pneumpunktúrára, elektro-, lézer-, magneto-, és oxigénterápiákra és iszappakolásra is.

KÖRNYEZETI ADOTTSÁGOK ÉS A HÉVÍZRENDSZER ADOTTSÁGAI

Helyi és éghajlati viszonyok

Karlovy Vary világhírű fürdő hely Csehország északnyugati részén helyezkedik el erdővel borított hegyvidéki területen, ahol mélyen bevágódott völgyek alakultak ki és ezek közül a Teplá (Meleg)-folyó keskeny völgyéhez kapcsolódik, amelyben a forróvíz gyógyforrások törnek fel. A városon keresztül folyik még az Ohé-folyó is, amely a Teplá-folyó befogadója egyben. Az ismert kárpát-szerinti fürdő hely tengerszint feletti magassága 400 m. A Teplá-folyó a fürdő helyen belül nagyrészt kiépült szabályozott függőleges falazott mederben folyik, amelyet helyenként kisebb szakaszokon befedtek. A patak felett átívelő hidak száma meghaladja a tízet. A város épületei és építményei (fedett sétányok) egyrészt a keskeny völgyben, másrészt a meredek völgyoldalakra települve nagyrészt zárt sorú beépítéssel történtek. A kiszélesített völgyszakaszokban parkok, sportpályák (tenisz, labdarúgó stb.) létesültek. A völgyoldalakban pedig rendezett és gondozott sétautak biztosítják az üdülni és gyógyulni vágyók mozgás igényét.



7. ábra. Karlovy Vary forrásterületének helyszínrajza a jelentősebb források helyeinek feltüntetésével (Forrás: Freytag és Berndt 2014) (1. Felső- forrás (Vidlo-forrás); 2. IV. Károly-forrás; 3-4. Alsó- és Felső- források; 5. Piaci-forrás; 6. Malom-forrás; 7. Nymfa-forrás; 8. Vencel herceg-forrás; 9. Libuše-forrás; 10. Szikla-forrás; 11. Szabadság-forrás; 12. Park-forrás, az A-A szelvényben)

Figure 7. Layout of Karlovy Vary source area indicating the locations of the major sources (Source: Freytag and Berndt 2014) (1. Spout-up Source (Vidlo Source); 2. Karl IV Source; 3-4. Lower and Upper Sources; 5. Market Place Source; 6. Mill Source; 7. Nymph Source; 8. Prince Vencel Source; 9. Libuše Source; 10. Rock Source; 11. Freedom Source; 12. Park Source in A-A cross-section)

Karlovy Vary éghajlatilag a nedves, kontinentális klímátartományba tartozik mérsékelt hideg telekkel és hős nyárral (Péczy 1984). Az évi középhőmérséklet $6,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ körüli, amelyen belül a leghidegebb hónap a január $3,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, míg a nyári csúcspont júliusban van $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal. A gyógyhely környezetében az évi csapadék mennyisége kb.

700 mm/év. A csapadékjárás évi menetében a nyári hónapok a legcsapadékosabbak, amelyen belül a csúcspont júliusban jelentkezik 82 mm -rel. A csapadék-minimum a téli hónapokban jelentkezik, ezen belül a legkevesebb március hónapra esik 44 mm -rel. A napfényes órák száma 1800 óra/év körül ingadozik.

Természetesen a gyógyhely klimatikus viszonyait hegységi területekre jellemző helyi mikroklimatikus feltételek is befolyásolják. Megjegyezzük, hogy az elmúlt évszázadok során igen szélsőséges adottságok is jelentkeztek mind hőmérsékletben (rendkívül hideg telek), mind pedig csapadékban, amikor hatalmas árvizek alakultak ki a völgyben.

Földtani viszonyok

Csehországon belül a Karlovy Vary környezete a Cseh-masszívumhoz tartozóan a kőzetekből felépül és ezek képezik részben a felszínen, részben pedig a kisebb-nagyobb medencékben a földtani alapot. Karlovy Vary környezetében keleten a Doupovské hory hegyes vidék helyezkedik el, amely túlnyomó részben neogén bazaltos vulkanizmusból származó láva és szórt anyagból áll. A neogén vulkáni hegység csúcspont-magassága meghaladja a 900 m -t. A gyógyforrások környezetében és attól délre hegyes-völgyes, erdős területen jelentős területi elterjedésben permokarbon időszerű gránit magmás kőzetek vannak a felszínen (Vylita 1985, Cháb és társai 2007).

A fürdő várostól északra és délnyugatra kialakult paleogén és neogén medencékben üledékes kőzetek halmozódtak fel. Az üledékképződés az eocénben indult meg homok, kavics, agyag kifejlődésben. Ez az üledékképződés áthúzódott az oligocénbe is. A neogénben is folytatódott a medencék feltöltése homok, kavics, agyag mellett a meleg, csapadékos klíma hatására a dús növényzet jelentős elterjedésben és vastagságban kialakult lignit telepekkel, melyeket már évszázadok óta fejtenek.

A német határ felé alakult ki a medencét lezárva északkelet-délnyugati irányban a Cseh Érchegység (Krušné hory), amely felépült kristályos palából, gneiszből és gránitból áll. A kiemelkedett hegység magassága meghaladja egyes helyeken az ezer métert, legmagasabb csúcsa a Klinovec 1244 m .

A mai földtani adottságok kialakításában és a felszíni kőzetek elterjedésében alapvető szerepet játszottak a tektonikai mozgások. A paleozoos időszerű kőzetek variszki hegységmaradványok, amelyek a harmadidőszakhoz kapcsolódó tektonikai folyamatok révén emelkedtek ki. De harmadidőszaki mozgások során a túlzott riftinges folyamatokhoz kapcsolódóan a paleogén és a neogén medencék és a neogénben lezajló alkáli bazaltos vulkanizmus is kialakult. A hegységi részekben, így a gyógyfürdő területén is ÉNy-DK-i és erre merőleges ÉK-DNy-i vet irányokat mutattak ki, amelyek jelentős szerepet játszanak a térség hidrogeológiájában.

Az északnyugat-délkeleti törések a Teplá-folyó mentén helyezkednek el. Ezeket áramlik fel a gránitból a széthúzó mozgások révén kialakult mélyreható nyitott törések helyén nagy mélységben az értékes gyógyvíz. Ezt a vízvezető törést északról az Ohé-folyó vonalában ki-

alakult északkelet-délnyugati zárt törés zárja le. Így megállapítható, hogy a források keletkezésében alapvető és meghatározó szerepet játszanak a térségben lejátszódó szerkezeti mozgások. Ezekhez a kizetkekhez kapcsolódnak a Teplá-folyó mentén a gránitban olyan nagy mélységre lehatoló nyitott törések, amelyek folyamatosan biztosítják a hévízfeláramlást és így el segítették egy olyan repedezett hidrodinamikai rendszer kialakulását, amelynek a megcsapoló része a Teplá-folyóban mutatható ki.

Több közlemény említi és földtani térkép feltünteti, hogy a feltörő gyógyforrásokból a fürdő területén helyenként jelentős vastagságban és elterjedésben édesvízi mészkő képződött (Kovanda 1971, Vylita 1985, Augustin és társai 2010), illetve képződik ma is borsók szerű kifejlésben az ivókutak környezetében (8. ábra). A német nyelvű prospektusban a mészkiválásokat - miután ezek napjainkban a felszínre (Sprudel, illetve V idlo) feltörésének környezetében a folyómederben és azt kísérve rakódtak le - helyi Sprudelplatte elnevezésként írják le. A cseh irodalom pedig aragonit felhalmozódásként közli. Kovanda (1971) könyvében részletesen leírja hol képződött aragonitos kiválás a fürdő területén. Így közli, hogy a Teplá-folyó medrében a felszökő forrásnál, amely kb. 6-8 m vastagságú aragoniton keresztül tör fel. Még a jobb parton is képződött, így például a legszebb kifejlés és a Mária Magdaléna templom alatt és a színháznál fordul el. Kovanda könyvében két képet is közöl ezekről az el fordulásokról, ahol a vízzel együtt feltörő gáz miatt úgynevezett mészbuborékok halmaza képződött, bemutatva ezzel az itt el forduló travertínó el fordulásokat változatos és érdekes kifejlését. A kiadványok megemlítik még, hogy a gyógyvizekben a mésztartalmuk miatt a vezetékben, az ivókutaknál, a fürdő medencék és a fürdő kádak falán intenzív a vízkiválás. A gyógyvíz erőt teljes mészkő képződés hajlamát kihasználva szuvenírként árusítják a megkövesedett rózsákat és egyéb tárgyakat, amelyeket a gyógyvízbe tartva 2-3 nap alatt mészkőreg von be, létrehozva ezeket mint helyi nevezetességet és érdekességet.



8. ábra. Ivókút meszes-vasas kiválásokkal

Figure 8. Drinking fountain with ferruginous calcareous precipitation

A források ismertetése és vízföldtani adottságai

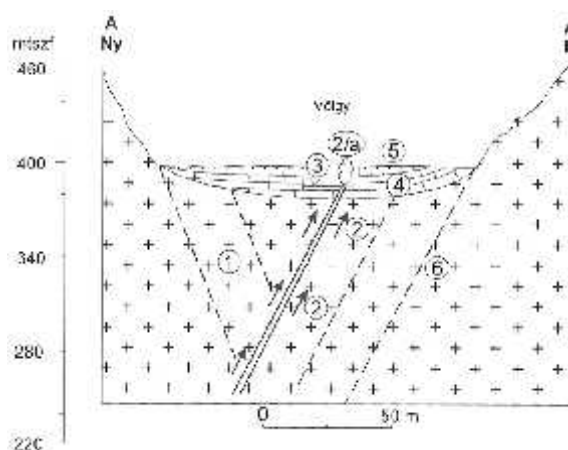
A fürdő területén nyilvántartott 83 feltörő hévíz forrásból (Szombathy 1973) a hasznosított 20 körül van. A cseh szakirodalom és a fürdő helyről közölt térképeken csak 15, illetve 12 forrás helye és neve szerepel. A jelen ismertetéshez mellékelt 7. ábrán 12 forrás helyét és nevét

tüntették fel, amelyet a Karlovy Vary 1:12 000 méretarányú várostérképről vettünk át (Freytag és Berndt 2014). A tájékoztató ismerteti 12 forrás vízföldtani jellegzetességeit, hasznosításukat és történetüket, hőmérsékletüket, hőzámukat, CO₂ gáztartalmukat és a források egyéb helyi érdekességeiket (Augustin és társai 2010). Vylita (1985) szerint a forrásokot vízhozamuk és hőmérsékletük alapján osztályozzák és tipizálják még felhasználási (ivókúra, fürdés) lehetőségeik szerint is.

A szakirodalom szerint a legnagyobb hozamú gyógyforrás a 2000 l/min vízáadó képességű V idlo (Sprudel), illetve a Felsőzök-forrás, amely gránitrepedésből áramlik fel és kb. 6-8 m vastagságú édesvízi mészkő felhalmozódáson keresztül áramolva a Teplá-folyó medrében 6-12 m magasságra felszökve lép a felszínre. Ezt fedették fel 1350 körül, és erre alapozódva fejlődött ki kezdetben a gyógyhely fürdő kultúrája. A gyógyforrás 73,4 °C-os és CO₂ tartalma 400 mg/l. A forrás vízföldtani adottságait a 9. ábrán közöljük, és ehhez kapcsolódik egy 18. századi metszet (10. ábra), amely szemléletesen mutatja be a forrás feltörését a Teplá-folyóban, a gyógyvíz akkori cölöpös foglaltását és gyógyászati felhasználását.

E forrásokat Vylita (1985) leírása szerint 1981-1982 között ferde fúrásokkal foglalták. Ezt megelőzően a Nemzeti Geológiai Szolgálat kiterjedt geológiai és geofizikai vizsgálatokat végzett. Így ma már a telepített kutak víze a gránit repedésből 144-88 m közötti mélységből tör fel. A feltörő víz fölé korszerű zárt épületet emeltek (Sprudelkolonnade), ahol ezen belül részben a forrásvíz gejzirként 10-12 m-re szökik fel, a másik épületrészen pedig 5 ivókút áll a gyógyulni vágyók rendelkezésére (11. ábra).

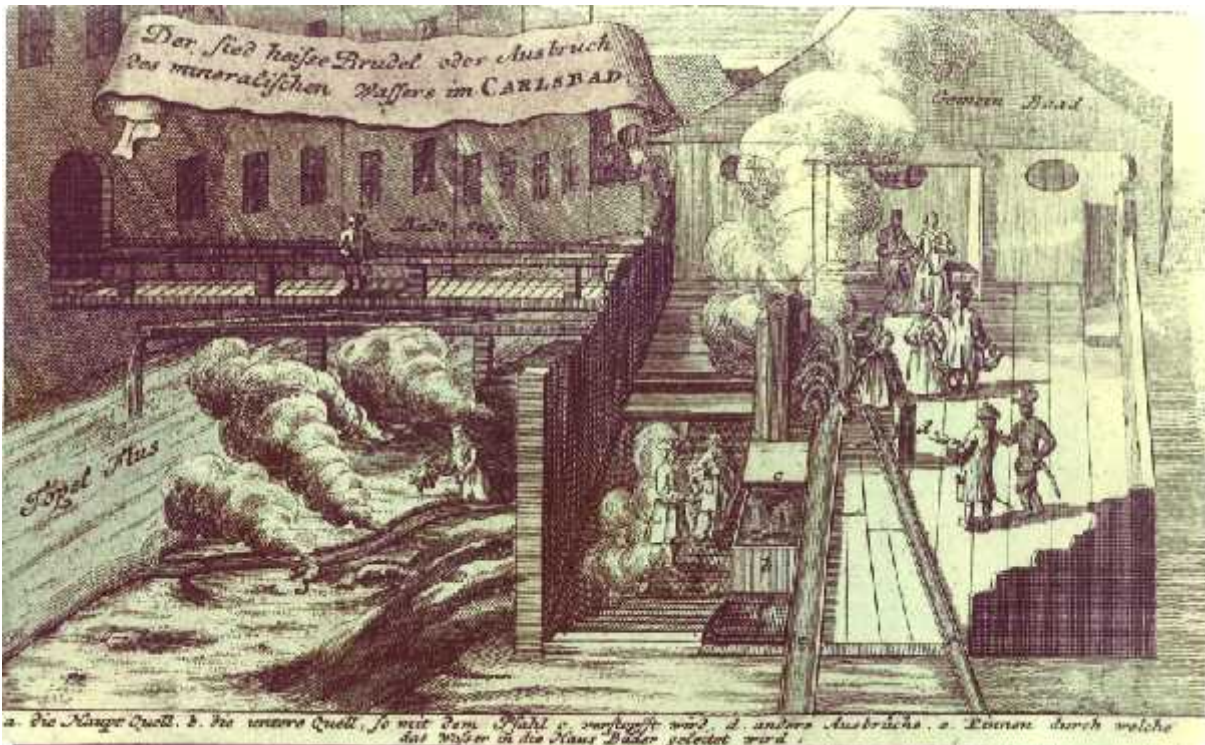
Ez a gyógyforrás helyileg a forráskilépési adottságokon belül déli irányból a völgyben a legelső és egyben a legnagyobb vízhozamú és hőmérsékletű.



9. ábra. A Felsőzök-forrás (V idlo (Sprudel)) vízföldtani szelvénye Vylita (1985) nyomán módosítva

1. Gránit. 2. Vízvezető nyitott törés hévízfeláramlással. 2/a. Terep fölé felszökő forrásvíz a Teplá-folyó medrében. 3. Teplá-folyó rendezett mederrel. 4. Travertínó. 5. Feltöltés. 6. Vetők.

Figure 9. Hydrogeological section of the Spout-up Source (V idlo (Sprudel)) modified according to Vylita (1985). (Note: 1. Granite. 2. Drainage open fracture with thermal water upflow. 2/a. Above ground level spouting-up source water in the Teplá River bed. 3. Teplá River with regulated bed. 4. Travertine. 5. Backfilling. 6. Faults.



10. ábra. Korabeli metszet (18. század) a Teplá-folyó medrében feltörő gőz forró ásványvíz forrásról, cölöpös foglалásáról és fürdőbe történő vízelvezetéssel

Figure 10. Contemporary (18th century) engraving about the steaming hot mineral water erupting source in the Teplá River bed, pile source captation and water drainage into the public bath

Megjegyezzük még, hogy a gyógyvíz állítja el a nevezetes és keresett karlsbadi fürdő sóját is, amelyet először Becher D. állított elő még 1764-ben. Így a karlsbadi fürdő só több mint 250 éves múltra tekint vissza.



11. ábra. A Felső-kút -forrás (V idlo pramen) kitörés közben
Figure 11. Spout-up Source (V idlo Source) during eruption

Észak felé helyezkedik el a Sprudel-forrástól nem messze a négy forrásból álló forráscsoport, amelyet a 7. ábrán 2-5 jelzéssel tüntettünk fel. Ezek a Teplá-folyó baloldali partja mentén és a völgy oldalában lépnek a felszínre. Ezek a források északi irányba haladva a követ-

keznek: az első a IV. Károly-forrás (2. számú), amely a cseh királyról és német császárról kapta nevét, aki felfedezte a forrásokat és parancsára létesült a gyógyfürdő. A forrás hőmérséklete $64,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, vízhozama $4,2\text{ l/min}$, CO_2 tartalma 450 mg/l , és vizét ivókúrára használják. Az új vizsgálatok és fúrások foglалások eredményei alapján ma már a gyógyvíz $10,5\text{ m}$ mélységből származik.

A következő 3. számú forrás az Alsó-Kastélykút, amely a fürdő hely történelmi centrumában tör fel. Hőmérséklete $55,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, vízhozama $1,4\text{ l/min}$, CO_2 tartalma 600 mg/l . Az első írásos feljegyzés a forrásról 1769-ből származik. E forrásnál Becher D. végezte el az első kémiai vizsgálatokat még 1784-ben és ivókúrára javasolta hasznosítását. A forrás foglалása is megtörtént és megállapították, hogy az ásványvíz egy széles gránitpedésből áramlik a felszínre. Érdekes jelenségként említik még meg, hogy 1809-ben a V idlo-forrás nagy kitörése során elapadt, majd később ismét megjelent. E részen 1911-ben fedett sétányt építettek, és ide vezették vizét. Így ma már ivókútként hasznosítják.

A következő 4. számú forrás a Felső-Kastélykút, amely a Teplá-folyó völgye felett kb. 10 m -rel magasabban fakad. A forrás hőmérséklete $55,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, vízhozama $1,5\text{ l/min}$, CO_2 tartalma 600 mg/l . Följe 1912-ben pavilont emeltek és vizét ivókúra céljára hasznosítják.

E csoport legészakibb forrása az 5. számú Píactéri kút. Hőmérséklete $65,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, vízhozama $5,5\text{ l/min}$ és CO_2 tartalma 600 mg/l . A monda szerint a forrásnál gyógyította lábait IV. Károly. A régi feljegyzések szerint ezen a helyen épült ki a legelső fürdő ház is. Vizét bevezetve a közeli fedett sétányba ivókúrára használják.

A következ forrás csoport a 6 forrásból álló és az észak-déli irányú Malomkút sétány oszlopsora mentén helyezkedik el, ivókutakként kialakítva. A forrás csoport legdélibb ivókútja a 6. számú Malomkút, amelynek vize 56,6 °C-os, vízhozama 3,2 l/min és CO₂ tartalma 600 mg/l. Nevét az egykor itt állt malom után kapta.

A forrás vizét fürd ben hasznosították a korábbi évszázadokban. A nyolcvanas években végzett vízföldtani vizsgálatok kimutatták, hogy a gyógyvíz gránitrepedés l tör el 70 °C-os h mérséklettel. A forrás elszennyez dése miatt ma már fürd kútból, 24 m mélység b származó vizét ivókútként hasznosítják.

A félig nyitott Malomkút sétány oszlopsorán belül még további három forrás vizének hasznosítását oldották meg korszer kialakítású ivókutakkal. Ez a sétány 1872-1881 között épült Josef Zitek cseh építész tervei alapján.

A 7. számú Nymfa-forrás h mérséklete 60,2 °C, vízhozama 3,7 l/min, CO₂ tartalma pedig 600 mg/l. Ez olyan forrás volt, amely a 18-19. században ivókúra szempontjából a figyelem központjában állt. A forrást 1984-ben egy 7,8 m-es fúrással foglalták. Jelenleg is ebb l származik a gyógyvíz (*Augustin és társai 2010*).

A 8. számú Vencel herceg-forrás h mérséklete 65,6 °C, vízhozama 3,7-4,8 l/min között ingadozik és CO₂ tartalma 500 mg/l. A forrást 1784-ben fedezték fel, és kezdetben hozama jelent sen meghaladta a maít, mert nagy nyomással 4,75 m-re tört fel. Kés bb a lecsökkent nyomás után vezették be a sétányba és nyerte el a mai korszer ivókutas kialakítást. A forrás gránit repedés b l tör fel és itt is 9,8 m mély fúrásból kapja vizét.

A 9. számú Libuše-forrás h mérséklete 63 °C, vízhozama 3,2 l/min és CO₂ tartalma 550 mg/l. Ez a negyedik forrása az oszlopsoros, félig fedett sétánynak. Eredetileg, miután a Teplá-folyóban tört fel, föléje egy fából készült sétányt alakítottak ki még 1792-ben. Azóta környezetében lényeges változások következtek be bontással és megújuló építkezésekkel. A forrást 1980-ban egy 17,6 m-es fúrással foglalták és a gyógyvíz a feltárt gránit repedés b l származik.

A 10. számú Szikla-forrás, amely az oszlopos sétánynál sziklafalból lép a felszínre és a lefolyó gyógyvízb l vasas édesvízi mészk képz dik. A forrás vize 46,9 °C-os, vízhozama 1,3 l/min és CO₂ tartalma 650 mg/l. A víz a Teplá-folyóban tört fel, ott 1984-ben újrafoglalták és alakították ki a mai állapotot.

A 11. számú Szabadság-forrást a III. számú fürd épület alapozása során tárták fel még 1865-ben, amikor gránit repedés b l forró víz tört fel. A víz h mérséklete 62,2 °C-os, vízhozama 6,4 l/min és szabad szénsav tartalma 550 mg/l. A forrás vizét kezdetben fürdésre, majd ivókúrára használták. Eredetileg a forrást Ferenc Józsefnek nevezték. Mai nevét 1945-ben kapta.

A 12. számú Park-forrás a Dvorzsák park déli peremén kiépített fedett Parksétányban fakad és ivókúttá képezték ki. A forrás h mérséklete 41,6 °C, vízhozama 1,9 l/min és CO₂ tartalma 750 mg/l, és nagy szénsav tartalma miatt a legkedveltebb az ivókutak közül. Ez a forrás a hidrodinamikai hévízrendszer legészakibb tagja

és kapcsolódik az északnyugat-délkeleti irányú Teplá-i gránitban kialakult nyitott törés-rendszerhez, amelyet lezár a közeli nem vízvezet Oh e-i törés északkelet-délnyugati irányával. Ezt a forrást is alapozás során tárták fel 1851-1852-ben, amikor gránit repedés b l vízbetörést kaptak. Az épület alól, ahol fakad, napjainkban rozsdamentes acélc s vel vezetik ki az ivókúthoz.

A Karlovy Vary-i gyógyvizek hidrodinamikai rendszere a rendelkezésre álló csehországi és csehszlovákiai szakirodalomra támaszkodva az alábbiakban foglalható össze: a források a helyi erózióbázison törnek fel a Teplá-folyó medrében és annak közelében a bal parton, permokarbon id szaki biotitgránitot átjárt nyitott jó vízvezet vet k mentén. A vízvezet vet k a völgy mentén azzal megegyez en északnyugat-délkeleti irányú és a vízfeltörések hossza, amely biztosítja a kiáramlást a rendszer b l kb. 900 m. Tehát megközelít en ilyen hosszúságú szakaszon a Teplá-folyó völgyéhez kapcsolódva alakultak ki olyan kedvez forrás-kilépési feltételek, amelyek biztosítják a hasadékos hévízrendszer megcsapolását. Ezen a vonalon belül a legkedvez bb feláramlási adottságok annak legdélibb szakaszán a Felsőök -forrás (V idlo, Sprudel) Teplá-folyó meder alatti részén alakult ki, mert itt 2000 l/min vízhozamot állapítottak meg. A víz természetes úton, gránit aljzatokon kivált édesvízi mészkövön keresztül áramlott fel (*Vylita 1985*).

A gyógyforrások folyamatosan megújuló vízkészletét a környéken kialakult vízgy jt területén beszivárgó csapadékvíz biztosítja. Ehhez kapcsolódóan még olyan lefelé irányuló áramlási pályák is létrejöttek, amelyek lehet vé teszik a beszivárgó víz nagy mélységre történ bejutását, ahol az ásványosodási adottságok kialakulnak, mert a h mérséklet és a CO₂ gáz felvétele biztosított. Ezt a mélységet 2000 m-ben adja meg a már hivatkozott szakirodalom, és a rendszer ezen a szakaszán történik a megújuló h és gáz felvétel és az ásványosodás, amelyet összefüggésbe hoznak a közeli neogén alkáli bazaltos vulkánosság posztvulkáni hidrotermás tevékenységével. Vagyis a Karlovy Vary-i gyógyvizek hidrodinamikai rendszere genetikailag az egykori bazalt vulkánosság napjainkban is aktív hidrotermás tevékenysége.

A rendszer vízkészletének feláramlása, áramlási pályáinak kialakulása a térségben a neogénben és a negyedid szakban lezajló lemezmozgásokkal összefügg en f leg a riftesedéses tektonikai folyamatoknak köszönhet .

MAKRO- ÉS NYOMELEM VIZSGÁLATOK

A rendelkezésre álló szakirodalom alapján közöljük és ismertetjük a Karlovy Vary-i gyógyfürd k hidrogeokémiai összetételét (*Franko és társai 1985, Vylita 1985, Augustin és társai 2010*). A hidrogeokémiai vizsgálati eredményeket az 1. táblázatban közöljük.

A tanulmányozott gyógyvíz fizikai és makroösszetev i

A szakirodalomban a legnagyobb hozamú (2000 l/min) gyógyforrás a Teplá-folyó medrében feltör V idlo (Sprudel) összetételét ismertetik. Ez a gyógyforrás 72,3 °C-os, pH-ja 6,96, az összes anyag tartalma 6483 mg/l. A CO₂ tartalom pedig 412 mg/l.

1. táblázat. A Felsőok -forrás (V idlo) makro- és részleges nyomelem vizsgálatok eredményei
Table 1. Results of macro and partial trace element investigations of Spout-up Source (V idlo Source)

ország	Csehország			
hely	Karlovy Vary (Karlsbad), Felsőok -forrás (V idlo)			
°C	72,3	nyomelemek µg/l		
pH	6,96	Li	2840	
össz. old. anyag	6483,7 mg/l	Rb	774	
	mg/l	eé. %	Cs	146
Na	1728	85,5	B	560
K	95,0	2,7	Sr	785
Mg	39,4	3,7	Ba	31,6
Ca	130,7	7,4	Cu	5,35
Cl	608,8	19,7	Zn	27,4
SO ₄	1651,8	39,4	W	12,8
HCO ₃	2159,4	40,5	I	24,8
CO ₂	412 mg/l			
SiO ₂	72,6 mg/l			
vizsgálat id pontja	1983. április 21.		2015. május	
vizsgálta	Konopa ova Lab. Sturebni N.GE		Bálint Analitikai Kft.	
vízadó k zet	permokarbon gránit			
víz típus	hidrotermális rés- és hasadékvíz, szénsavas Na-hidrogénkarbonátos, szulfátos, kloridos gyógyvíz jelent s mikroelem tartalommal			

A makroelemek mennyisége és eloszlása a következő :
A kationoknál kiugró mennyiségben jelentkezik a nátrium 1728 mg/l-rel, amely 85,5 eé %-ot képvisel a vízben. Káliumot 95 mg/l-t tartalmaz 2,7 eé %-kal. A vízben a földfémek közül a Ca 130,7 mg/l-t ér el 7,4 eé %-kal és ehhez társul a magnézium 9,4 mg/l-rel és 3,7 eé %-kal. Ezekből az eredményekből megállapítható, hogy a gyógyvízben a kationok közül a nátrium a domináns, amelyhez még a jelent s kálium is társul. Így az alkáliák uralkodnak a vízben 88,2 egyenérték százalékkal, míg a földfémek alárendelten, mert csak 11,1 egyenértéket képviselnek.

2. táblázat A Felsőok forrás vizéb l el állított 10 dekás (100 g) tasakban lév gyógyvíz összetétele

Table 2. Composition of medicinal salt in a 10 dkg (100 g) bag produced from the water of Spout-up Source

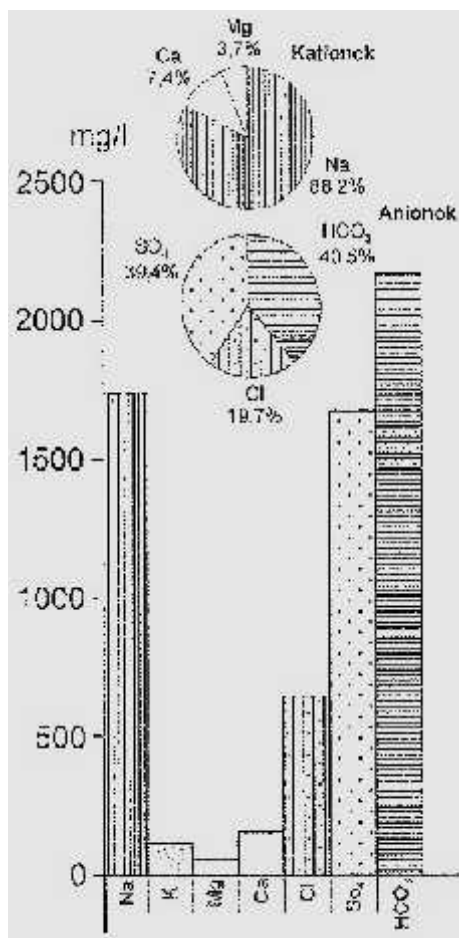
Kationok:	Gramm	Szulfát SO ₄ ²⁻	30,26
Nátrium Na ⁺	30,94	Bikarbonát HCO ₃ ⁻	24,40
Kálium K ⁺	1,596	Karbonát CO ₃ ²⁻	1,515
Anionok:		Víz H ₂ O	0,2566
Klorid Cl ⁻	11,001		99,9686
A gyógyvízben lév nyomelemek: Li ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Fe ³⁺ , J, B ₂ O ₃ , SiO ₂			

Az anionoknál a vizsgálatok alapján már mind mennyiségileg, mind eloszlási szempontból változatos összetétel mutatkozik. A legnagyobb mennyiséggel jelentkezik a vízben a hidrogén-karbonát (HCO₃) 2159,4 mg/l-rel és 40,9 eé %-kal. Ezt alig kisebb mennyiséggel

és egyenérték %-kal a szulfát követi 1651,8 mg/l-rel és 39,4 eé %-kal. Színesíti az anionok mennyiségét még a klór is 608,8 mg/l-rel és 19,7 eé %-kal. A fenti értékek alapján megállapítható, hogy a világhír Karlovy Vary-i gyógyvíz nátrium-hidrogén-karbonátos gyógyvíz, amelyhez jelent s szulfát és klorid is társul. A víz kezdeti dinamikus vízképzést okoz a vezetékekben, az ivókutaknál, a kádak és a medencék falán. Így a Felsőok -forrás vizéb l még gyógyvíz is állítanak, melynek összetételét a csomagoláson közlik (2. táblázat).

A fentiekben tárgyalt makroösszetevők mennyiségi és eloszlási adottságait az 12. ábrán közöljük, amelyen látható a gyógyvízben kimutatott oldott makroelemek között kialakult mennyiségi viszonyok. Ebből levonható az a következtetés, hogy a gyógyvíz folyamatosan megújuló vízkészletén belül (2000 l) az áramlási pályák mentén, amelyek a gránitos kzetben alakultak ki jelent s CO₂ gáz hatására gejzír szer en lép a felszínre a Teplá-folyó medrében és a felszőkés környezetében jelent s mészkiválás történt. A beoldódás szempontjából a kationok közül dönt szerepet az alkáliák játszanak, de a földfémek esetében a kalcium is meghatározó jelent ség a vízképzés adottsága miatt. Az anionok eloszlási viszonyai meghatározó jelent ség a gyógyvíz összetétel szempontjából az áramlási pályák menti kedvező beoldódásból adódóan, amely a hidrogén-karbonát mellett folyamatosan biztosítja a magas szulfát tartalmat is, és amelyhez még jelent s klorid is járul. A víz magas hőmérséklete (72-73 °C) összefüggésben van azzal, hogy

a folyamatosan megújuló h készlet nagy mélységből származtatható és a h eredete a térség fiatal vulkanizmusával hozható genetikai kapcsolatba.



12. ábra. A Karlovy Vary-i gyógyvíz makroelem összetétele grafikusán és egyenérték %-osan kördiagramban Vylita (1985) nyomán

Figure 12. Graphical presentation of the macro element composition of Karlovy Vary medicinal water and their equivalent % after Vylita (1985)

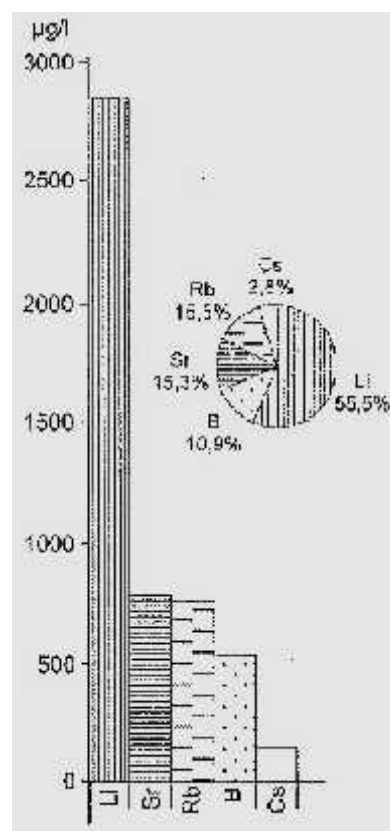
Mikroelem vizsgálatok

A gyógyvíz mikroelemekben is gazdag. Vylita (1985) vegyvizsgálatai táblázatában mindössze három nyomelem vizsgálati eredményét közli, ez a bór, a lítium és a fluor.

Hazai vonatkozásban az elmúlt években a magyarországi hévizek mikroelem adottságainak megismerése érdekében jelentős kutatások történtek. A nyomelem vizsgálatok kiterjedtek a repedezett és a porózus hévíztartók vizsgálatára egyaránt. E kutatások keretében országos áttekintésben több száz vizsgálat történt. De vizsgálatainkat kiterjesztettük még külföldi elfordulásokra is. Így vízmintavétel történt Európában olasz, görög, spanyol, izlandi hévízből; Afrikában Algírból, Marokkóból, Egyiptomból, Dzsibutiból, Etiópiából; Ázsiában Kínából és ezen belül Tibetből és Jünnan tartományból; az amerikai kontinensen többek között Mexikóból és Peruból.

A hazai nyomelemadottságokkal történő összehasonlítás céljából vízmintát vettünk a fenti forrásból (Vidlyi-pramen). A laboratóriumi vizsgálatokat a Bálint Analitikai Kft. végezte 2015 májusában és 10 nyomelemet mu-

tattott ki. A vizsgálati adatokból az alábbiak állapíthatók meg:



13. ábra. A forró gyógyvíz domináns nyomelemeinek mennyiségi összetétele grafikusán és százalékos eloszlásuk kördiagramban
Figure 13. The quantitative composition of the dominant trace elements of the hot medicinal water and their percentile distribution in a pie chart

A vízben domináns nyomelem a lítium 2840 µg/l-rel. Ehhez kapcsolódik még az alkáliak közül relatíve nagy értékkel a rubídium (774 µg/l) és a cézium (146 µg/l). A földfémek közül domináns a stroncium (785 µg/l), amelyhez társul még a bárium 31,6 µg/l-rel. A fémek közül a bór kapcsolódik még a domináns elemek sorába. Míg a vizsgált nehézfémek közül a réz 5,35 µg/l-rel, a wolfram 12,8 µg/l-rel és a cink 27,4 µg/l-rel vannak képviselve a vízben. A halogének közül csak a jódot vizsgáltuk és mennyiségét 24,8 µg/l-ben állapították meg.

A fenti adatokból megállapítható, hogy az alkáliak dominanciája érvényesül a forrásokban, a nagy lítiumtartalom feldúsulása miatt pedig a gyógyvíz gazdag ebben a nyomelemben. Részlegesen értékelve a nyomelem adottságokat megállapítható, hogy a mikroelemek alapvetően hozzájárulnak és fokozzák a gyógyvíz biológiai hatásfokát. Vízföldtani szempontból a vízkörforgalmi pályán belül a vizsgált 10 nyomelemnél a lítiumnak, a rubídiumnak, a céziumnak, a stronciumnak és a bórnak a legkedvezőbbek a beoldódási feltételei. A domináns nyomelemek mennyiségi és eloszlási adottságait grafikus feldolgozásban a 13. ábrán közöljük.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Hálás köszönetünket fejezzük ki Pentelényi Gábornak az anyaghoz mellékelt ábrák elkészítéséért, továbbá azokért

a földtani és vízföldtani térképekért, amelyek e közlemény összeállításában alapvető szerepet játszottak. Lengyel Ilonának az anyag kéziratának szakszerű gépeléséért, és ezzel kapcsolatos értékes tanácsaiért mondunk köszönetet.

IRODALOMJEGYZÉK

Agustin, M. és társai (2010). Karlsbad ein weltbekanntes Kurort. – Karlovy Vary. Verlag: Promenada, 3-35.

Cháb, J. és társai (2007). Geological Map of the Czech Republic. Scale 1:500.000. – Czech Geological Survey. Prague.

Édeskuty L. (1936). Hazai és külföldi ásványvizek ismertetése. – Édeskuty L. Ásványvízkereskedelmi Rt. 16 p.

Franko, O., Kolárová, M. (1985). Mapa minerálních vod SSR M=1:500.000. – Bratislava – Praha

Franko O., Kolárová M., Mateovi L. (1985).

Catalogue of points to the Map of mineral waters in Czechoslovakia. – Bratislava, 6/18.

Freytag & Berndt (2014). Karlovy Vary turista térkép. M=1:12.000. – Praha

Kovanda, J. (1971). Kvartérni vápence eskoslovenska (Quartärkalke der Tschechoslovakei). – *Antropozoikum* 7. 1-217.

Mahel, M., Kodim O. Malkovsky M. (1984). Tektonická mapa SSR. M=1:500.000. – Bratislava.

Péczely Gy. (1984). A Föld éghajlata. – Tankönyvkiadó, Budapest.

Szombathy V. (1973). Csehszlovákia. – Útikönyvek. Panoráma kiadás, 641-645.

Vylita, B. (1985). New tapping boreholes in Carlsbad. In: Romijn, E. and Editorial committee: Geothermics thermal-mineral waters and hydrogeologie. – Theophrastus publications S.A. Athens, 205-218.

ASZERZŐK



DOBOS IRMA dr., „euro”- és vasdiplomás geológus. 1950-ben diplomázik a Szegedi Tudomány Egyetemen és itt dolgozik 1951-ig, majd a Magyar Állami Földtani Intézetben földtani térképező, 1954-től pedig a Tokodi Mélyfúró Vállalatnál a szénkutatót vezeti, 1958-tól a Vízkutató és Fúró Vállalatnál hidrogeológiai és tudománytörténeti kutatást végez. 1966-1968 között Kubában geológus

szakértő. A Semmelweis Egyetemen 1997-től 15 évig, az ELTE-n 2005-től 2013-ig meghívott előadó.

SCHEUER GYULA: okleveles geológus, a földtani tudomány kandidátusa (1984). 1955-ben szerzett geológus oklevelet, 1964-ben egyetemi doktorátust az Eötvös Loránd Tudományegyetem Egyetem (ELTE) Természettudományi Karán. Kandidátusi értekezésének témája Budapest hévizei, illetve a Budai-hegység és a Gerecse édesvízi mészösszletei. Szakmai munkakörei: vízkutatás, hidrogeológiai vizsgálatok, mérnökgeológia, karbonátos forrásüledék.

Nemzetközi integrált vízgyjt-gazdálkodási tervezés a Tisza vízgyjt-n

Heilmann Diána*

*Duna Régió Stratégia, Vizek minősége prioritás terület, Külgazdasági és Külügyminisztérium, Budapest

**A cikk az ICPDR Tisza Csoport szakértőinek munkája alapján készült

Kivonat

A Duna Védelmi Egyezmény Nemzetközi Bizottsága (ICPDR International Commission for the Protection of the Danube River) keretében létrejött Tisza Csoport elsődleges feladata a Tisza vízgyjt szint állapotelemzése, illetve az Integrált Tisza Vízgyjt-gazdálkodási Terv elkészítése és aktualizálása. A 2011-ben elkészült első nemzetközi vízgyjt-gazdálkodási terv fontos eleme a közös intézkedési program, amely kiemelt figyelmet szentel a vízmennyiségi és vízminőségi célokat integráló intézkedések megfogalmazására, a jó vízminőség elérése érdekében. A 2011-ben az Európai Tanács által elfogadott Duna-Régió Makro Regionális Stratégia fontos célkitűzése a nemzetközi szintű Tisza együttműködés további erősítése, és a vízgyjt-gazdálkodási terv intézkedési programja végrehajtásának elősegítése, valamint 2014 óta segíti egy vízgyjt szint pályázati együttműködés megalapozását.

Kulcsszavak

Integrált Tisza Vízgyjt-gazdálkodási Terv (ITVGT), nemzetközi együttműködés, vízminőség, integrált vízgyjt-gazdálkodás

The process of Integrated River Basin Management Planning in the Tisza River Basin

D. Heilmann*

*EU Strategy for the Danube Region (EUSDR), Water Quality Priority Area, Ministry of Foreign Affairs and Trade, Budapest

**The article content is based on the expert work of the ICPDR Tisza group

Abstract

One of the main tasks of the Tisza Group (established in the frame of the International Commission for the Protection of the Danube River – ICPDR) is the development and update of the analysis report of the Tisza River Basin and the Integrated Tisza River Basin Management Plan (ITRBMP). An important element of the ITRBMP is the joint programme of measures, which emphasises water quantity and quality measures, aiming to reach good water quality status. One of the main goals of the Water Quality Priority Area of the EU Strategy for the Danube Region (endorsed by the European Council in 2011), is to facilitate the cooperation in the Tisza River Basin and the implementation of the ITRBMP. The priority area is helping to set up a project consortium towards strengthening the transboundary cooperation in the Tisza River Basin.

Keywords

Integrated Tisza River Basin Management Plan (ITRBMP), international cooperation, water quantity, integrated river basin management

BEVEZETÉS

A Tisza vízgyjt területén, Ukrajna, Románia, Magyarország, Szlovákia és Szerbia közösen néznek szembe a természeti erők okozta kihívásokkal, így az árvizekkel, aszályal, a vízszolgáltatáshoz kapcsolódó problémákkal és az ipari balesetek okozta katasztrófák következményeivel is. Ezek a problémák együttesen érintik, mind a vizek mennyiségi, mind a vízminőségi paramétereit. Ahhoz, hogy ezeknek a problémáknak a megoldásához megfelelő intézkedések születhessenek, nemzetközi együttműködésre van szükség (ICPDR/ UNDP/GEF 2011).

Az öt országot összefogó együttműködéseknek már több évtizedes múltja van és ezek közül, a vízgyjt szint, a vizek minőségének megőrzését célzó közös munka egyik fontos alappillére az 1992-ben aláírásra került, a határokkal osztott vízfolyások és nemzetközi tavak védelméről szóló Helsink-i Konvenció, mely az ENSZ Európai Gazdasági Bizottságának égisze alatt született, és amelynek előkészítésében hazánk is részt vállalt. A Helsink-i konvenció, kötelezettségként vízgyjt egyezményt ír elő azon országok számára, melyek közös vízgyjt-n fekszenek. Így számos egyezmény alapjául is szolgál,

mint például a Duna, a Rajna és a Meuse folyók esetében. A Duna esetében, jól szervezett kidolgozási folyamatot követően 1994. június 29-én Szófiában került sor a hivatalos rövid elnevezéssel a Duna Védelmi (vagy Szófiái) Egyezmény (Egyezmény a Duna védelmére és fenntartható használatára irányuló együttműködésről) aláírására. Az egyezmény aláírásának napja, azóta is minden évben megünneplésre kerül a nemzetközi Duna Nap keretében. Minden év június 29-én a Duna-menti országok színes szakmai és ismeretterjesztő programokat szerveznek minden korosztály számára, hogy felhívják a figyelmet a Duna vízgyjt értékes kulturális és természeti szépségeire, és a határon átnyúló együttműködés fontosságára, ezen értékek megőrzése érdekében.

A Duna vízgyjt területe több mint 800 000 km², és 19 országot érint, ezzel a világ legnemzetközibb folyója. Több mint 80 millió ember él a Duna vízgyjt területén, melyek közül sokan közvetlenül függnek is a folyótól, mely egyaránt szolgáltat ivóvizet, és energiaforrást, s a mezőgazdaság és közlekedés területén is kiemelkedő szerepe van. A vízgyjt ökológiai diverzitása, növény és állatvilága ugyancsak kiemelkedő érték.

A Duna vízgyjt természeti erőforrásainak nagy része ugyanakkor jelentősen veszélyeztetett vagy károsodott. Eppen ezért a vízgyjt egészségének védelme, mind hosszú távú jólétünk, mind egészségünk védelme szempontjából fontos érdekünk.

A Tisza folyó, a Duna leghosszabb mellékfolyója és legnagyobb a részvízgyjt területe is. A 966 km hosszú Tisza folyó öt országot átszelve 157 186 km² vízgyjt területet ölel fel. Változatos természeti adottságai Európa egyik legfestibb szépség vízgyjt jévé emelik. A Kárpátokból induló és sebesen lerohanó folyó széles terület el a Nagy Alföld területén, hogy aztán Vajdaságba érve Títel közelében a Dunába ömöljön. Ukrajna, Románia, Magyarország, Szlovákia és Szerbia nemcsak a vízgyjt szépségeiben osztozik. A számos természeti érték mellett a területet árvizek, aszályok sújtják illetve olyan ipari katasztrófák, melyek a vízmin séget veszélyeztetik. Ahhoz, hogy a vizek mennyiségi és a min ségi paramétereit érint problémákra egyaránt megfelel intézkedések születhessenek, a határon átnyúló együttm kódés mellett integrált vízgyjt -gazdálkodási megközelítésre / szemléletre van szükség.

A Duna Védelmi Egyezmény Nemzetközi Bizottsága (International Commission for the Protection of the Danube River - ICPDR) keretében 2004-ben, a Tisza vízgyjt országai együttm kódési szándéknyilatkozatot (*ICPDR Tisza MoU 2004*) írtak alá azzal a célkit zéssel, hogy elkészítsék az integrált Tisza vízgyjt -gazdálkodási tervet. A szándéknyilatkozat aláírásával a Tisza vízgyjt országai létrehozták az ICPDR Tisza Csoportot, mely a vízgyjt gazdálkodási terv elkészítésén túl szerepet vállal a Tisza vízgyjt jén található nemzetközi, országos, valamint regionális szervezetek és programok közötti tapasztalatcserében is. Az országok 2011-ben frissítették az egyezményt, és az ungvári Tisza-miniszteri konferencia keretében megújították az együttm kódési nyilatkozatot, és a kötelezettség vállalást meger sítették.

EGYÜTTM KÖDÉS DUNA VÍZGYJT SZINTEN

A Duna Védelmi Egyezmény végrehajtására 1998-tól állandó Nemzetközi Bizottság (International Commission for the Protection of the Danube River – ICPDR) alakult, és az Egyezmény titkársága m kódéséhez, Ausztria Kormánya Bécsben biztosított feltételeket. Magyarországon az Egyezmény a 74/2000. (V.31.) Korm. rendelettel került kihirdetésre.

A Duna Védelmi Egyezmény kiemeli a vízgazdálkodással kapcsolatos feladatok fontosságát és hangsúlyozza, hogy a Szerzd Felek törekednek a fenntartható és méltányos vízgazdálkodásra, ide értve a vízgyjt felszíni- és felszín alatti vizeinek lehetőség szerinti meg rzését, javítását és ésszer használatát. A Szerzd Felek erőfeszítéseket tesznek a vízre veszélyes anyagokkal, továbbá az árvizekkel és a jégzajlással kapcsolatos veszélyek szabályozására, valamint hozzájárulnak a Fekete-tengerbe a vízgyjt r l bekerülő szennyező anyag-terhelés csökkentéséhez. Ennek érdekében a Felek prioritásokat határoznak meg, hazai és nemzetközi szinten a Duna-medence

egészére kiterjedő összehangolják és koordinálják az intézkedéseket, melyek biztosítják a vízkészleteknek a települési, ipari és mez gazdasági célokra történő fenntartható használatát az ökoszisztémák meg rzésével és helyreállításával együtt (*Duna Védelmi Egyezmény 1994*).

A lényeges meghatározások nagy részét a Duna Egyezmény a Helsinkii Konvencióból veszi át. Külön meghatározást ad azonban a dunai állam fogalmára, amely szerint ez a fogalom azon szuverén államokat jelenti, melyek számottevő részt birtokolnak a Duna vízgyjt területéb l, mely jelen esetben a 2000 km²-t meghaladó részesedést jelenti a teljes vízgyjt területéb l.

Tervezés a Víz Keretirányelv figyelembevételével

A közösségi cselekvés kereteinek meghatározásáról a víz-politika területén című, 2000. december 22-én hatályba lépett, 2000/60/EK irányelv (a továbbiakban: Víz Keretirányelv, ill. röviden VKI), az Európai Közösség víz-politikája érvényesítésének legfontosabb eszköze. El írásai szerint az Európai Unió tagállamaiban 2015-ig jó állapotba kell hozni a felszíni és felszín alatti vizeket, és fenntarthatóvá kell tenni ezt a jó állapotot. 2015 után a tagállamok hat éves ciklusonként vizsgálják felül a végrehajtás el rehaladását és adnak számot a vízgyjt k vizeinek min ségi állapotáról. Az ICPDR különös jelentőségét az adja, hogy a vízgyjt szint koordináció mentén mind az EU mind a nem-EU tagországok együttm kódnek, hiszen a VKI szint feladatok végrehajtását az ICPDR keretében a nem-EU országok is jóváhagyták és felvállalták. A VKI hatályba lépését követően, 2000 óta, a tagországok jóváhagyásával az ICPDR hangolja össze és koordinálja a VKI által el írt feladatokat Duna vízgyjt szinten.

A VKI egységes alapokon szabályozza a felszíni, felszín alatti vizek mennyiségi és min ségi védelmét, a pontszerű és diffúz szennyezőforrásokkal szembeni fellépést, és el írja a vizek jó állapotának eléréséhez vezet intézkedések vízgyjt szint összehangolását. A VKI szerint az egész Duna medencét kell vízgyjt területnek tekinteni.

A VKI rendelkezéseit a vízgyjt -gazdálkodási tervezés eszközeivel kell végrehajtani az érdekeltek széleskörű bevonásával. Az EU tagországoknak első körben 2009-re kellett saját vízgyjt -gazdálkodási tervet (VGT) készíteniük, melyet egy 2006. december 22-ig nyilvánosságra hozott ütemtervnek és munkaprogramnak kellett megalapoznia. A VGT ütemterv és munkaprogram egyeztetése társadalmi vita keretében zajlott. A terv egyik legfontosabb része a közös intézkedési program, mely a vizek jó min sége eléréséhez szükséges intézkedéseket tartalmazza a vízgyjt szinten meghatározott jelentős vízgazdálkodási problémák – a szerves-, és tápanyag, veszélyes anyag és hidromorfológiai változások – kérdéskörében.

A VGT felülvizsgálata hat éves ciklusokban történik, így 2015-re elkészültek Duna vízgyjt szinten a vízgyjt -gazdálkodási tervek felülvizsgálatai, illetve a Duna vízgyjt szinten aktualizált VGT.

DPSIR módszer a vízgyjt -gazdálkodásban

A környezetpolitikai eszközök kialakításához, megválasztásához elengedhetetlen, hogy a probléma gyökerét, a miatta kialakuló helyzetet és a hatásokat, a következményeket is ismerjük. Világunk bonyolultsága ezeknek a folyamatoknak az átláthatóságát igencsak megnehezíti. A helyi környezeti állapot vizsgálatánál is szükség van olyan eszközre, amellyel nemcsak a folyamat egésze, hanem annak egyes részei is mélyebben tanulmányozhatók (Kerekes és társai 2015).

Erre szolgál a DPSIR-modell, amely a driving forces – pressure – state – impacts – responses angol kifejezések kezdőbetűinek összeillesztéséből született, magyarul a hatótényezők/ mozgatórugók–terhelés–állapot–hatás–válaszok szavakkal írható le, és talán a leggyakrabban használt megközelítés (Kerekes és társai 2015).

A DPSIR-modell az OECD által kifejlesztett PSR-modell (pressure–state–response) továbbfejlesztett változata, amelyet széles körben használnak olyan szempontrendszerként, amely képes a társadalom és a környezet közötti kapcsolatok leírására. Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA – European Environment Agency) is ennek segítségével tekinti át a különböző környezeti hatásokat. A hatótényezők, mozgatórugók a különböző társadalmi és gazdasági tevékenységekből indulnak (driving forces – D), amelyek terhelik a környezetet (pressures – P). Mindezek eredménye a környezetben kialakuló állapot, a környezeti változások (state – S). A környezetben kialakuló szennyező anyag-koncentrációk hatást gyakorolnak mind az élő, mind az élettelen környezetre, például az emberi egészségre, az ökoszisztémákra, az épületek állagára stb. (impacts – I). Ezen hatások mérséklése érdekében születnek a válaszok (response – R), amelyek mind a négy elemre irányulhatnak, tehát a hatásokra, az állapotra, a terhelésre és a mozgatórugókra (Kerekes és társai 2015).

A DPSIR módszer alkalmazása nagy segítség a VKI által elírt terhelések, hatások elemzéséhez és alkalmazott módszerként jelenik meg a Jelentés Vízgazdálkodási Problémák meghatározásánál, melyek azon vízgyjt szint problémákat jelölik, melyeknek kiküszöbölésére vízgyjt szint intézkedési programot fogalmaz meg a VGT.

Úton az integrált vízgyjt -gazdálkodási tervezés felé

Az ICPDR nagy hangsúlyt fektet arra, hogy a vízgyjt -gazdálkodási tervezés folyamatában minél szélesebb körben részt vegyenek az érdekelt szektorok és ezen szektorok tevékenységi körében a környezetvédelmi szempontok minél jobban érvényesüljenek Duna vízgyjt illetve a részvízgyjt k szintjén. Nyilvánvaló, hogy mindez alapos és több lépcsős egyeztetési folyamatot igényel, hiszen a sokszor eltérő érdekek közös szempont és célok felé történő terelése (jelen esetben a jó vízminőségi állapot elérése) sokszor hosszadalmas és körültekintő munkát igényel.

Példaként említve, az ICPDR keretében 2007-ben indított nemzetközi párbeszéd több éves egyeztetési

folyamatának eredményeként jött létre a Nemzetközi Száva Bizottság az ICPDR és Duna Bizottság között az ún. „Közös Nyilatkozat a Belvízi Hajózás Fejlesztésének és Környezetvédelmének az alapelveiről a Duna Vízgyjt n” címmel, melynek célja, hogy összehangolja a hajózás és környezetvédelem közötti ellentétes érdekeket és vezérelveket fogalmazzon meg a jövőbeli víziút-fejlesztési projektek tervezéséhez és megvalósításához (GWP 2015).

2016-ban pedig az agrárszektortól indul a nemzetközi párbeszéd, melynek célja ugyancsak a jövőbeli fejlesztési célok közös érdekek mellé történő rendezése.

A Tisza részvízgyjt területén az ICPDR keretében 2004 óta jelentős erőfeszítéseket tettek a vizek mennyiségi és minőségi állapotát befolyásoló intézkedések összehangolására.

NEMZETKÖZI VÍZGYJT -GAZDÁLKODÁS A TISZA VÍZGYJT N A KEZDETEKTŐL NAPJAINKIG

A nemzetközi vízgyjt -gazdálkodási tervezés a Tisza vízgyjt n az 1970-es évekre tekint vissza, amikor is 1977-ben elkészült az első teljes Tisza vízgyjt komplex vízgazdálkodási és vízvédelmi terve, 5 ország részvételével.

A Tisza és mellékfolyóinak szennyezés elleni védelméről szóló Egyezmény (továbbiakban: Tisza Egyezmény) 1991. januárban lett közzétéve, hangsúlyozva, hogy a Szerződő Felek országuk területén a saját jogi rendjüknek és más szakmai-gazdasági lehetőségeiknek megfelelően, intézkedéseket tesznek a Tisza és mellékfolyói szennyezésének megakadályozására valamint megfigyeléseket szerveznek a vizek minőségének és minőségi állapotának a Tisza és mellékfolyói határszélvényeiben észlelhető változásai - egyeztetett mutatók szerinti - értékelése céljából. Az egyezmény többek között rendelkezik még a Tiszán vagy mellékfolyóin bekövetkező rendkívüli (havaria-) szennyezés során történő tájékoztatási kötelezettségről illetve két- vagy többoldalú vízgazdálkodási, gazdasági és más szakmai-tudományos együttműködés keretében történő tapasztalatcseréről és konzultációkról. Az Egyezmény létrehozásának kezdeményezője Magyarország volt, az indítványára tartottak az öt Tisza-völgyi ország – Magyarország, Csehország, Szlovákia, Románia és Jugoszlávia – vízügyi irányító szervei együttműködési szerződést el készítő tanácskozást 1968 októberében Budapesten. Az együttműködés számára a KGST (Kölcsönös Gazdasági Segítség Tanácsa) Vízügyi Vezetők Értekezlete biztosított intézményi keretet.

A Tisza menti országok vízügyi miniszterei 2001-ben aláírták a Budapesti Nyilatkozatot, mellyel létrehozták a Tisza-medence Árvízvédelmi Fórumot, továbbá megfogalmazták a védelmi együttműködés kereteit.

Együttműködés az ICPDR keretében

A Tisza vízgyjt országai által 2004-ben aláírt együttműködési szándéknyilatkozat (ICPDR Tisza MoU 2004) célja az integrált Tisza vízgyjt -gazdálkodási terv elkészítése volt. A szándéknyilatkozat megalapozta az

ICPDR Tisza Csoportot létrehozását, melynek munkájában az érintett országok szakminisztériumai illetve azok háttérintézményeinek szakértői vesznek részt. A Tisza Csoport a vízgyjt-gazdálkodási terv elkészítésén túl szerepet vállal a Tisza vízgyjt-jében található nemzetközi, országos valamint regionális szervezetek és programok közötti tapasztalatcserében is. Az országok 2011-ben aktualizálták az egyezményt és az ungvári Tisza-miniszteri konferencia keretében megújították az együttműködési nyilatkozatot és a kötelezettségvállalást megerősítették.

Az ICPDR Tisza Csoport

Az ICPDR Tisza Csoport célja a Tisza vízgyjt-höz kapcsolódó, vízminőségi és -mennyiségi (vízgyjt-gazdálkodási) feladatok nemzetközi szinten történő koordinálása. A Tisza Csoport a munkák egyeztetését segíti elő, és lehetőséget teremt a Tisza vízgyjt-szintű nemzetközi információcserére is. A Tisza Csoport 2005 óta évi két alkalommal rendszeresen ülésezik az öt ország – Ukrajna, Románia, Magyarország, Szlovákia, Szerbia – és az Európai Bizottság részvételével. A Tisza Csoport munkájában megfigyelként civil és nemzetközi szervezetek is részt vesznek. 2005-2013 között húsz nemzetközi ICPDR Tisza Csoport megbeszélés került megszervezésre az országok és az EU részvételével, az

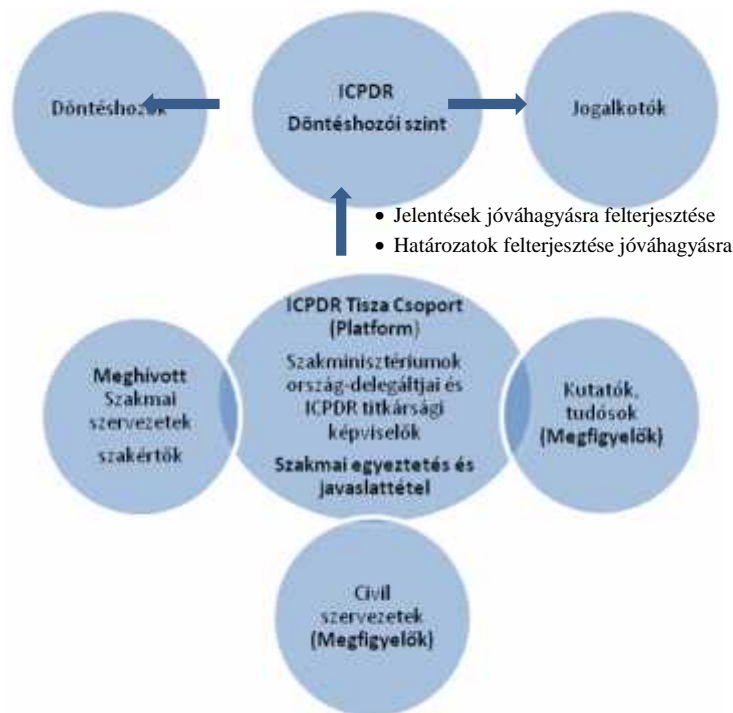
ICPDR titkárságának koordinálásával (1. ábra).

2005 és 2013 között elkészült a Tisza vízgyjt-állapotelemzése (ICPDR 2007), illetve az Integrált Tisza Vízgyjt-gazdálkodási Terv (ICPDR/UNDP/GEF 2011).

Pénzügyi alapok bevonása a munkák végrehajtásához

A Tisza Csoport munkájának pénzügyi alapjait 2013-ig az Európai Unió közvetlen nemzetközi alapja, illetve a Globális Környezeti Alap (Global Environment Facility, GEF) pályázati kerete biztosította.

Az UNDP/GEF által támogatott, a Tisza fenntartható vízgyjt-gazdálkodási tervezését célzó projekt a vizes területeknek az árvizek és aszályok káros hatásainak csökkentésében és a tápanyagterhelés mérséklésében megmutatkozó lehetséges környezeti használat szerette volna feltérképezni. „A vizes területek és árterek különféle haszonvételeinek integrálása a Tisza vízgyjt-határokon átnyúló gazdálkodásának keretei közé” vagy röviden Tisza projekt elnevezésű program célkitűzése az volt, hogy az Európai Unió és az ICPDR jogi ernyője alatt egyesítse a vízminőségi, víz mennyiségi, földhasználati és biodiverzitási célokat, illetve helyi közösségek szintjén kialakított bemutató mintaterületeken keresztül új módszereket próbáljon ki a vizes területek és árterek kezelésére (ICPDR/UNDP/GEF 2011)



1. ábra. Tisza Csoport felépítése és illeszkedése az ICPDR szervezetének struktúrájába
Figure 1. Structure of the ICPDR Tisza Group

Integrált Vízgyjt-gazdálkodás (ITVGT) a Tisza vízgyjt-n

A Tisza vízgyjtje él világszerte gazdag és számos, Európa más tájain már nem található faj él helyét biztosítja. A vízgyjt jó néhány részterülete, ideértve nemzeti parkokat és egyéb természetvédelmi oltalom alatt álló területeket is, igen fontos ökológiai kincs (ICPDR/UNDP/GEF 2011). Sajnos itt is fenyeget ve-

szélyt jelentenek a szennyezések, a folyón végzett műszaki beavatkozások és az árvizek, illetve aszályok.

A 2004-es együttműködési szándéknyilatkozat mentén a Tisza vízgyjt-országai kötelezettséget vállaltak arra, hogy elkészítik a közös integrált vízgyjt-gazdálkodási tervet, alapul véve a VKI-ban elírt szempontokat. Az Integrált Tisza Vízgyjt-gazdálkodási Terv

(ITVGT) módszertana és struktúrája a Duna vízgyjt -gazdálkodási tervre épül, de nagyobb felbontásban vizsgálja a területet. A vízmin ség általános kérdése mellett jelent s hangsúlyt kapnak a vízmennyiségi problémák is (árvíz, aszály, szárazság), illetve a bányászati tevékenységek által okozott szennyezések. Összességében az ITVGT az 1000 km²-nél nagyobb vízgyjt terület mellékvízfolyásokkal, a 10 km²-nél nagyobb terület tavakkal, valamint a vízgyjt szinten jelent s felszín alatti víztestekkel és f bb csatornákkal foglalkozik (szemben a Duna szint elemzéssel, mely 4000 km²-nél nagyobb vízgyjt terület mellékvízfolyásokkal, a 100 km²-nél nagyobb terület tavakkal, illetve a Duna vízgyjt jelent s határon átnyúló felszín alatti víztestekkel foglalkozik).

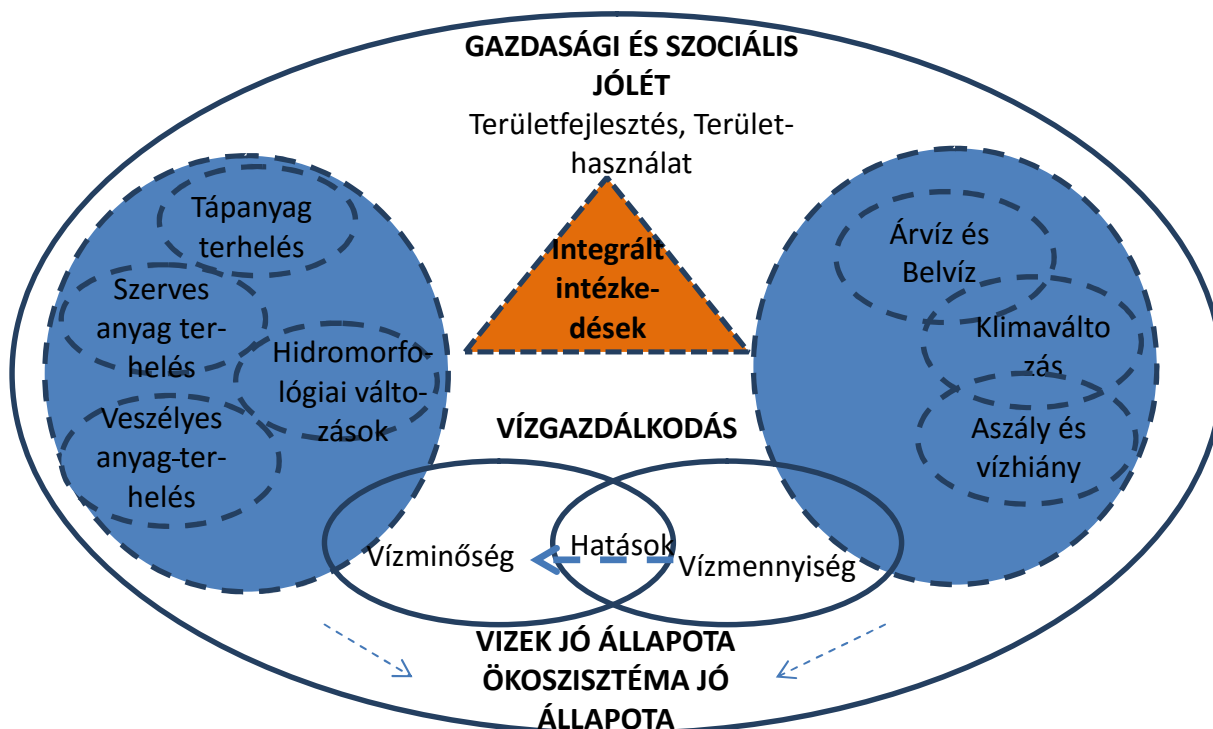
Jelent s vízgazdálkodási feladatok

Az ITVGT elkészítését megelőzte a 2008-ban jóváhagyott állapotelemzés jelentés, mely a VKI 5. cikkelye szerint részletesen bemutatja a Tisza vízgyjt területet. Az elemzés képet ad a vízgyjt t érint szennyezésekr l és elemzi víztestek szintjén azt, hogy mi a valószínűsége annak, hogy egy víztest vízmin sége nem éri el a jó állapotot 2015-ig.

Az állapotelemzést alapul véve a Tisza vízgyjt országai közösen körvonalazták azokat a jelent s vízgazdálkodási feladatokat, amelyek köré a későbbiekben az ITVGT megfogalmazza az intézkedéseket: (1)

szervesanyag terhelés; (2) tápanyagterhelés; (3) veszélyes anyagok okozta szennyezések; (4) a folyószabályozás hatásai okozta hidromorfológiai változások illetve még vonatkozó jelent s vízgazdálkodási feladatként a (5) a víz mennyiségi és min ségi kérdéseinek egységes kezelése fogalmazódott meg.

A megfelelő vízmin ség elérésében kulcsfontosságú szerepet játszik a vizek mennyiségi kezelése. Az ITVGT esetén fontos és új szempontként jelenik meg a Duna vízgyjt szint tervezéshez képest az a célkitzés, hogy a tervben olyan intézkedések körvonalazódjanak, melyek a vízmin ségi, mennyiségi, és a vízi ökoszisztéma jellemzői szempontjából egyaránt kedvez hatásúak. Az árvízvédelem vagy aszálymentesítés az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás stratégiái, illetve az olyan fejlesztési tevékenységek, mint a földhasználat fenntartható szabályozása a vízmin ségi kérdéseket is jelentősen befolyásolják. Az ITVGT az integrált vízgazdálkodási tervezés definíciójaként a Víz Világ Partnerség (Global Water Partnership, GWP) által 2000-ben megfogalmazott definíciót veszi alapul. A definíció szerint „az integrált vízgazdálkodási tervezés egy olyan folyamat, amely lehetővé teszi a víz, a terület és a kapcsolatos készletek összehangolt fejlesztését és gazdálkodását, annak érdekében, hogy az egyenjogúság szem eltt tartásával maximalizálja az ebből származó gazdasági és társadalmi jólétet, anélkül, hogy a létfontosságú ökoszisztémák fenntarthatóságát megsértenék” (GWP 2000). Az ITVGT koncepcióját a 2. ábra mutatja be.



2. ábra A vízmennyiségi és vízmin ségi vízgazdálkodási elemek közötti összefüggés az ICPDR Tisza Csoport megfogalmazásában
Figure 2. Interlinkages between the water quality and quantity related management issues identified by the ICPDR Tisza Group

A vízgyjt -gazdálkodási terv vízmennyiségi kérdésekkel kapcsolatos következtetései

A Tisza országok megfogalmazták, hogy az árvíz, belvíz, aszály, szárazság és a klímaváltozás okozta terhelések és azok ellensúlyozására tett intézkedések fontos

szerepet játszanak a vízmin ség alakulásában. A víz mennyiségi és min ségi kérdéseinek egységes kezelése tehát kiemelkedő jelentőségű a Tisza vízgyjt n. A területfejlesztés – különösen a földhasználatok – a mezőgazdaság és erdősziget intézkedéseit is figyelembe kell venni

az integrált vízgyjt-gazdálkodás során. A Tisza menti országok körvonalazták azokat az els dleges feladat csoportokat, ahol a vízmennyiségi kérdések megfelel kezelése hosszú távon a vízmin ségre is pozitívan hathat. Ezek a feladatscsoportok az alábbiak:

- Árvizek és aszályok kezelése;
- A szilárd hulladék kérdésének ügye;
- A vizes területek kezelése;
- Vízigénnyel kapcsolatos feladatok;
- Véletlen szennyezések kockázatának csökkentése;
- Az éghajlatváltozás kedvez tlen hatásainak mér-séklése.

Az ITVGT hosszú távú célkit zéseket (jöv képeket) és intézkedési elveket sorol fel a jelent s vízgazdálkodási feladatok kapcsán, majd sorra véve azokat, intézkedéseket irányoz el a jó vízmin ség elérése érdekében. A nemzetközi terv azon intézkedésekre fókuszál, melyek hatása határon átnyúló, kisebb területi egységet érint , helyi szint intézkedések nem szerepelnek a nemzetközi tervben. Az ITVGT ugyanakkor intézkedési csomagját a nemzeti szinten megfogalmazott feladatokra építi és a nemzeti vízgyjt -gazdálkodási tervekkel összehangolt, egységes irányba mutat. Nagy hangsúlyt helyez ugyancsak a nemzetközi koordináció (határon átnyúló), kommunikáció és konzultáció, ösztönz k (gazdasági ösztönz k, területhasználat kapcsán megjelen ösztönz k) intézkedésekbe történ beépítésére is.

A hosszú távú célkit zések a Tisza VGT nyomán (jöv képek és intézkedési elvek, nem teljes kör felsorolás)

Az ITVGT a jó vízmin ségi állapot elérése és fenntartása érdekében az alábbi jöv képet vázolja:

- A hidrológiai beavatkozások hatása minimalizált az ökoszisztémára nézve;
- Az árvíz és aszály, a vizek jó állapotára való negatív hatása minimalizált a megfelel területhasználat segítségével;
- Az ártér és vizes területek visszacsatolásra kerülnek, és eredeti állapotukat helyreállítják az egész Tisza vízgyjt n. A folyami rendszerek integrált funkciói lehet vé teszik az önfenntartó vízi populációk kialakulását, az árvízvédelmet és a szennyvezetés csökkentését;
- A jöv beni beruházásokat a rendelkezésre álló legjobb technológia és környezetvédelmi gyakorlatok szerint bonyolítják. A víztestekre történ hatás, vagy azok leromlása a jó állapothoz képest, illetve negatív határon átnyúló hatás teljesen elkerült, csökkentett vagy kompenzálásra kerül;
- A vízhiány, a vízi er források hatékony felhasználásával ellensúlyozott, úgy, hogy a vízigény / vízellátás, illetve a vízhez történ hozzáférés arányaiban kiegyensúlyozott és a vizekt l függ ökoszisztémák természetes fejlődésükben nem akadályozottak;
- Az árvízvédelmi intézkedések a kockázat felmérés teljes ciklusán végigvonulnak (megel zés, védekezés, kárenyhítés és helyreállítás), és egységek abban az értelemben, hogy mind az árvizek elleni védekezést, mind pedig a víztestek kell állapotát biztosítani tudják;

- A természeti jelenségeknek (árvíz, árhullámok, aszály, talajerózió) emberi életben, tulajdonban, emberi tevékenységben és vízmin ségben okozott negatív hatásai minimalizáltak;
- Az ökoszisztémák fenntarthatóságának biztosítása érdekében, a klímaváltozás és annak kedvez tlen hidrológiai hatásai (aszály, árvizek és árhullámok) megjelennek a döntéshozatal szintjén.

Az ITVGT az alábbi f bb intézkedési elveket fogalmazza meg a jó vízmin ségi állapot elérése és fenntartása érdekében:

- A további vízszolgáltatásokhoz köt d infrastruktúra (tározó, gát, stb.) negatív hatásai a vonatkozó környezeti hatásvizsgálatokban figyelembe vannak véve;
- A VKI és Árvízi Kockázat direktívák összehangolásra kerülnek;
- Az árvízvédelmi és területhasználati intézkedések egyeztetésre kerülnek a VKI célkit zésével, a jó ökológiai állapot és potenciál elérése érdekében;
- A VKI-val összhangban a vízhasználatok és víz értékét konzisztensen összegz ökológiai elemzésen alapuló vízdíjak bevezetése, a vízkészletek hatékony használata érdekében ösztönz k bevezetésével;
- Az intézkedések oly módon történ összehangolása, hogy a rendelkezésre álló vízkészletek, a vízigény és vízszolgáltatások közötti egyensúly visszaállítható legyen;
- A felszín alatti vizek jó min sége érdekét szolgáló intézkedések kerülnek bevezetésre;
- A klímaváltozás következményei összegzésre kerülnek Tisza vízgyjt szinten, és vizsgálják, hogy a meghozott intézkedéseknek milyen a hatása (például a klímaváltozás gyengíti-e vagy er síti-e egyes intézkedések hatását).

AZ ITVGT F BB EREDMÉNYEI ÉS KÖVETKEZTETÉSEI

Az ITVGT, a szervesanyag, tápanyag és veszélyes anyagok okozta szennyezések szempontjából a 2007-2010-es adatokat alapul véve megfogalmazta, hogy a Tisza vízgyjt területén a felszíni vizek min ségét els sorban a települési és ipari szennyezések, a mez gazdasági lefolyás és véletlenszer szennyezések befolyásolják. A szervesanyagszennyezés f oka a településekr l, ipari és mez gazdasági pontszer szennyez forrásokból ered , nem megfelel szennyvízkezelés vagy a szennyvízkezelés teljes hiánya. A bányászati tevékenység l származó veszélyes anyagok jelent s terhelést jelentenek a még mindig meglév elhagyott zagyatározók miatt. Nem elhanyagolható a még m köd bányák területér l érkező balesetszer szennyezések kockázata sem. Ez a kockázat lényegesen magasabb a Tisza vízgyjt területén, mint a Duna vízgyjt n.

Az ITVGT ugyancsak megállapítja, hogy a települési szennyvizek kezelésének szintje viszonylag alacsony, és az agglomerációk több mint felében nincs szennyvízgyjtés, illetve kezelés. Az intenzív mez gazdasági gyakorlat következtében a középs és alsó Tisza régiókban a talaj-

szennyezés, az erózió és a mez gazdasági lefolyás felszíni és felszín alatti szennyezéseket okoz.

A hidromorfológiai változások kapcsán a terv megállapítja, hogy a vízellátás és árvízvédekezés során történt m szakai beavatkozások a folyó és él helyfolytonosság akadályozásának f okozója. 2009-ben 199 folytonossági akadály gátolta a halak migrációját a Tisza vízgyjt n. A 19. századig a Tisza és mellékfolyói mintegy 26 000 km²-t árasztottak el rendszeresen. Mára az árterületeknek és vizes területeknek (wetland) ebb l már csak igen kis aránya maradt meg. A hidrológiai változások/módosulásokat okozó f terhelés, a -Dunához hasonlóan a tározások okozta hatás. A Tisza vízgyjt n a f terhelést a mez gazdasági, erdészeti és halászati vízhasználatok, vízkivételek képezik, míg a Duna vízgyjt n a vízenergia termelés. A Tiszán a jöv beli infrastruktúra beruházások f célja az árvízvédekezés, míg a Dunán a jöv beli beruházások f célkit zése 2009-ben a hajózás volt, és csak kisebb mértékben az árvízvédekezés.

A felszín alatti vizekkel kapcsolatban megállapítható, hogy a bányászat okozta vízbevezetések és a túlzott vízkitermelések, illetve az illegális vízkitermelés és lecsapolás jelent s és speciális probléma marad a Tisza vízgyjt n.

A víztestek állapotelemzésének eredménye az ICPDR központi adatbázisa, a DanubeGIS adatok alapján azt mutatta, hogy víztesteknek megközelít en 39%-ka érte el a jó vagy jobb ökológiai állapotot vagy potenciált 2011-ben, körülbelül 44% pedig közepes vagy rossz ökológiai állapot, illetve potenciál min sítést kapott. A vízgyjt 223 vízteste közül 107 (48%) érte el a jó kémiai állapotot, azonban 43 (19%) nem érte el a jó kémiai állapotot. 73 víztest (33%) kémiai állapotáról nem volt információ (ismeretlen). A felszín alatti víztestek esetén 85 vízgyjt szint jelent séggel bíró felszín alatti víztest közül 74 víztest esetén (87%) jó kémiai állapot lett megállapítva. 8 felszín alatti víztestnek rossz a kémiai állapota és 3 esetben (UA) nem volt rendelkezésre álló információ. A felszín alatti víztestek mennyiségi állapotelemzése vonatkozásában megállapítható, hogy a 85 felszín alatti víztestb l 63 esetben (74%) jó és 19 esetben rossz mennyiségi állapot lett megállapítva. 3 esetben (UA) nem volt rendelkezésre álló információ.

A felszíni vizek 34%-ka er sen módosítottak lett nyilvánítva a Tisza vízgyjt n és ez az arány kisebb, mint a Duna vízgyjt n (ahol ez 2009-ben 40% volt). A VKI szerinti ökológiai állapotelemzés nagy kihívás volt az EU-s országok számára is és számos információ (adat) hiánnyal és bizonytalansági tényez vel kellett számolni az értékelés során. Ez a kémiai állapotelemzés esetén is elmondható. Az ITVGT hangsúlyozza, hogy a víztestek állapotelemzése még nem került közvetlenül összekapcsolásra az intézkedésekkel és az intézkedések hatásaival. További munkálatok szükségesek ahhoz, hogy az intézkedések és az állapotelemzés közötti összefüggések minél jobban értelmezhet ek legyenek.

A vízmennyiségi kérdések megfelelő kezelésével kapcsolatban az ITVGT összegzése az alábbi fontosabb, a

víz min ségre is pozitív tényez ként ható feladatokat fogalmazza meg:

Árvizekhez és belvízhez kapcsolódó feladatok

Mind a 2008-ban megjelent Tisza állapotelemzés, mind az ITVGT 2011-es Tisza vízgyjt t jellemz fejezete rámutat arra a problémára (víztestet ér terhelés, szennyezés), hogy a Tisza vízgyjt területe a természetes körülmények között tisztító hatású árvizeknek van kitéve, és a kockázat különösen jelent s ott, ahol házakat, iparterületeket építettek az ártéren. Az árvíz számos esetben nagy tömeg hulladékot szállít magával (hullámtéri illegális hulladéklerakókat elmosva), de többször el fordult az is, hogy a jelent sen megemelkedett vízszint következtében, a hullámtéren vagy annak közvetlen közelében lév veszélyes anyaglerakó helyr l (például zagyatározók) mosódott be a szennyezés a folyóba.

Az ICPDR Tisza Csoport árvizekkel kapcsolatban megfogalmazott jöv képe olyan árvízvédelmi intézkedéseket vázol, amelyek a kockázat felmérés teljes ciklusán végigvonulnak (megel zés, védekezés, kárenyhítés és helyreállítás) és egységesek abban az értelemben, hogy mind az árvizek elleni védekezést, mind pedig a víztestek kell állapotát biztosítani tudják. Intézkedési elvként fogalmazódik meg az árvízi események, vizek jó állapotára való negatív hatásának minimalizálása a megfelelő területhasználat segítségével, valamint az ártér és vizes területek visszacsatolása a Tisza vízgyjt n, mely a folyami rendszerek integrált funkcióit lehet vé téve, el -mozdítja az önfenntartó vízi populációk kialakulását, az árvízvédelmet és a szennyezés csökkentését.

Az ITVGT kiemeli, hogy az országok hosszú távon számos árvízvédelmi célú beruházást terveznek. Ahhoz, hogy ezeknek a projekteknek a vizek min ségére gyakorolt (például hidromorfológia) hatása meghatározható legyen, ismerni kell a beruházások részleteit. Az ITVGT felhívja a figyelmet arra, hogy a tervezett beruházások környezeti hatásvizsgálata (mind árvízvédelmi mind vízszolgáltatás terén) terjedjen ki a vízmin ségi vonatkozású lehetséges következményekre is.

Az ITVGT hangsúlyozza, hogy fontos feladat a VKI és az Árvíz Direktíva jöv beli összehangolása is az intézkedések mentén.

A terv megemlíti a „teret a folyóknak elv” "fontosságát is, mely azon stratégiák egyike lehet, melynek alkalmazása mind a természetvédelem, mind az árvízvédelem szempontjából el nyös intézkedéseket eredményezhet.

Az erdészeti tevékenységek árvízvédelemre gyakorolt hatása ugyancsak nem elhanyagolandó, és ebben a vonatkozásban a Kárpátok Konvencióval történ együtm ködés el nyt jelenthet az összefüggések feltárásában.

Vizes területeket érint feladatok

A Tisza vízgyjt az árvízvédelmi és folyószabályozási munkálatok következtében vizes területeinek/él helyeinek nagy részét elvesztette. A vizes területek és árterek ugyanakkor fontos él helyet nyújtanak az él lények számára, csökkentik a tápanyagterhelést, meg-

fogják az üledékeket, segítik az árvíz elleni védekezést és pótolják a talajvíz készleteket. A vizes területekre vonatkozó jöv kép értelmében a mocsaras, nedves területeket és lápokot ismét összeköttetésbe kell hozni a folyókkal, hogy egységes m ködésük révén kialakuljon egy önfenn-tartó vízi életközösség, megvalósuljon az árvízvédelem és a szennyezések csökkenése is.

A Tisza vízgy jt (a Dunához képest) az ár- és hülámterek visszacsatolására nagy potenciális lehet séggel bír, de ehhez szükséges további intézkedések számba vétele, mint például a vizes él helyek fenntartható gazdálkodásának kidolgozása és a birtokviszonyok rendezése. Útmutató összeállítására van szükség, amely vizsgálja a területszerzéssel kapcsolatos kérdéseket és a vizes területekkel kapcsolatos költség-haszonelemzéseket. Javasolt, mintaprojektek kivitelezése is (ICPDR/UNDP/GEF 2011).

Véletlenszer szennyezések

Az árvizek következtében történ véletlen szennyezések kockázatának csökkentése fontos feladatként jelenik meg az ITVGT-ben.

A vízgy jt egészére érvényes jöv kép lényege, hogy a területen folyó tevékenységek lehet vé tegyék az árvizek és aszályok káros hatásainak (például az elszennyezött területekr l származó szennyezések vagy mez - gazdaság hatások) minél kisebbre szorítását.

Fontos, a balesetek megelőzése, és ha mégis bekövetkeznek, hatékony katasztrófa elhárítási tervek megléte szükséges. Az ICPDR keretében mind a Duna menti, mind a Tisza menti országok fontos lépéseket tettek annak érdekében, hogy létrehozzanak ilyen mechanizmusokat. Megtörtént egy baleseti vészjelz rendszer kidolgozása, amelyet használnak és folyamatosan fejlesztenek is (ICPDR/UNDP/GEF 2011).

Szilárd hulladék

A nemzeti szabályozás ellenére a szilárd hulladék kérdése továbbra is központi probléma marad, fként a Tisza fels hegyvidéki vízgy jt jén folytatott illegális személtlerakás gyakorlata miatt. A folyókat elborító m - anyag palackokból és zacskókból képz d szilárdhulladék jellemz gondja a fels Tisza vidékének. A m anyag felhalmozódása egyre növekv veszély, megfojtja az ártereket, tönkreteszi az értékes legel ket és esztétikai min ségében is rombolja a vizes él helyeket és ember lakta területeket (pl. nyaralóhelyeket).

A Tisza medencéjére a szilárd hulladékokkal kapcsolatosan kit zött cél, hogy a szilárd hulladék okozta akadályok kerüljenek eltávolításra a Tisza és mellékfolyóinak medrét l.

Az oktatás és a lakossági tájékoztatás fontos feladat a probléma kezelése és enyhítése érdekében, illetve javasolt olyan minta projektek kivitelezése is (hulladékgy jtés, feldolgozás, feldolgozott termék piackutatás), melyeknek pozitív eredményei hosszú távon felhasználhatók lennének a Fels -Tisza menti területeken is (ICPDR/UNDP/GEF 2011).

Aszály és vízhiány kérdésköréhez tartozó feladatok

A Tisza menti országok 2011-ben készített elemzése alapján a jelenlegi vízhasználatok jelent sen növekedni fognak a következ években, els sorban az öntözéshez kapcsolódó vízhasználatok tekintetében. Az is egyértelm ugyanakkor, hogy a jelenleg rendelkezésre álló információknál pontosabb felmérésére lenne szükség a vízhasználatok területi eloszlásával és a jöv beli igényekkel kapcsolatban. Az öntözés várható növekedése és a felszín alatti vizek feltételezhet csökkenése komoly probléma, de a jöv beli vízhasználatokról (stratégiák, tervek) pontosabb információkra lenne szükség a további feladatok meghatározásához.

A felszín alatti vizek modellezése a csökkenés mértékének felméréséhez (közös modell alapján) fontos feladat.

Az aszály és vízhiány kérdéskör vonatkozásában az intézkedések megfogalmazásakor általános irányelv a mez gazdasági gyakorlat alkalmazkodása, az öntözés hatékonyságának növelése, illetve az elszivárgás mértékének csökkentése. Hosszútávon ugyancsak nélkülözhetetlen megfelel gazdasági ösztönz k alkalmazása.

JÖV BELI KITEKINTÉS A DUNA RÉGIÓ STRATÉGIA SZEREPE A TISZA EGYÜTTM KÖDÉS MEGER SÍTÉSÉBEN

Az Európai Tanács által 2011-ben elfogadott Duna- Régió makroregionális stratégia keretében a vizek min sége prioritási terület (melynek koordinációját Magyarország és Szlovákia látja el) kiemelten foglalkozik a Duna rész-vízgy jt in történ együttm ködés meger sítésével. A Tisza együttm ködés és a vonatkozó vízgy jt - gazdálkodási feladatok jelent s figyelmet kapnak a prioritás terület akcióprogramjában. 2011 óta a Duna Régió Stratégia magyarországi koordinációs csoportja aktívan részt vesz a vonatkozó feladatok végrehajtásában, és fontos szerepet tölt be a közös nemzetközi feladatok el mozdításában is.

2011-ben, miniszteri szinten, a Tisza menti országok hivatalosan is meger sítették abbéli szándékukat, hogy az ICPDR Tisza Csoport munkáját tovább folytassák. A f célkit zés az ITVGT-ben megfogalmazott intézkedések végrehajtásának nyomon követése és a terv frissítése. Ugyancsak fontos célkit zés a Tisza vízgy jt re jellemz specifikus kérdések nemzetközi szint harmonizálása / egyeztetése (aszály és árvízkérdés, hulladékgazdálkodás, mez gazdaság és vízgazdálkodás integrációja, klímaváltozás hatásai).

A Tisza Csoport munkáját 2013 júniusáig az ICPDR titkársága koordinálta. 2013 júniusában az ICPDR 11. évközi ülésén Magyarország hivatalosan felajánlotta, hogy biztosítja a Tisza Csoport m ködését együttm ködve az ICPDR titkársággal. Magyarországon, a Belügyminisztérium, az Országos Vízügyi F igazgatóság, a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság, valamint a Duna Régió Stratégiáért felel s miniszteri biztos támogatásával, 2014. november 4-én ünnepélyesen átadásra került Szolonokon a Nemzeti Tisza Iroda. Az Iroda egyrészt lehet vé teszi a nemzeti szint kezdeményezések összehangolását,

és hosszú távon elmozdíthatja a vízgyjt szint nemzetközi munkák összefogását is, platformot biztosítva az érdekelt felek és résztvevő szektorok egyeztetéséhez.

A Tisza vízgyjt országai közreműködésével és a Duna Régió Stratégia magyarországi nemzeti koordinátorának vezetésével, 2015-ben létrejött egy projekt konzorcium, melynek célja egy, az ITVGT célkitűzéseivel és intézkedési programjával összehangolt pályázati anyag összeállítása volt. A projekt konzorcium, kihasználva a 2015-ben megnyíló pénzügyi alapokat, a Duna Transznacionális Program keretében pályázik, központi feladatként az ITVGT aktualizálását tűzve ki úgy, hogy az a korábbiakban megfogalmazott célkitűzések szerint a VKI és Árvíz Direktíva intézkedéseit minél jobban összehangolja.

ÖSSZEGRZÉS

Az ICPDR keretében létrejött Tisza Csoport elsődleges feladata a Tisza vízgyjt szint állapotelemzés elkészítése, illetve az ITVGT összeállítása és aktualizálása. A 2011-ben elkészült ITVGT fontos részét képezi a közös intézkedési program, mely külön fejezetben foglalkozik a vízmennyiségi és vízminőségi célokat integráló intézkedések megfogalmazásával, a jó vízminőség elérése érdekében. A víz mennyiségi és minőségi kérdéseinek egységes kezelése tehát kiemelkedő jelentőségű a Tisza vízgyjt n. A Tisza vízgyjt országainak szakértői hangsúlyozták, hogy a területfejlesztés – különösen a földhasználatok – a mezőgazdaság és erdősziget intézkedéseit is figyelembe kell venni az integrált vízgyjt-gazdálkodás során. A Tisza menti országok körvonalazták azokat az elsődleges feladatcsoportokat, ahol a vízmennyiségi kérdések megfelelő kezelése hosszú távon a vízminőségre is pozitívan hathat. Ezek a feladatcsoportok az árvizek és aszályok kezeléséhez és az éghajlatváltozás kedvezőtlen hatásainak mérsékléséhez kapcsolódnak.

A 2011-ben az Európai Tanács által elfogadott Duna Régió Makro Regionális Stratégia keretében a vízminőségi terület kiemelten foglalkozik a Tisza vízgyjt országainak együttműködésével és a vonatkozó vízgyjt-gazdálkodási feladatokkal. A Tisza vízgyjt országai közreműködésével és a Duna Régió Stratégia magyarországi nemzeti koordinátorának vezetésével, 2015-ben létrejött egy projekt konzorcium, melynek célja egy, az ITVGT célkitűzéseivel és intézkedési programjával összehangolt pályázati anyag összeállítása. A projekt konzorcium, kihasználva a 2015-ben megnyíló pénzügyi alapokat, a Duna Transznacionális Program keretében pályázik, központi feladatként az ITVGT aktualizálását tűzve ki úgy, hogy az a korábbiakban megfogalmazott

célkitűzések szerint a VKI és az Árvíz Direktíva intézkedéseit minél jobban összehangolja.

IRODALOMJEGYZÉK

GWP (2000). Global Water Partnership - Integrated Water Resources Management. Global Water Partnership Technical Advisory Committee. TAC Background Papers No. 4.

GWP (2015). Integrált vízgazdálkodás Kelet-és Közép-Európában. pp. 47.

Heilmann D. (2016). Nemzetközi integrált vízgyjt-gazdálkodási tervezés a Tisza vízgyjt n. MHT XXXIV. Országos Vándorgyűlés Debrecen 2016. július 6-8. Előadás kivonat, tervezet.

ICPDR (2007). Tisza Analysis Report. International Commission for the Protection of the Danube River.

ICPDR (2009). Danube River Basin District Management Plan. International Commission for the Protection of the Danube River. Vienna, Austria.

ICPDR (2011). Integrated Tisza River Basin Management Plan. International Commission for the Protection of the Danube River (UNDP/GEF/ICPDR, 2011) Vienna, Austria.

ICPDR (2011). Journey to a Balanced Tisza Basin. An Introduction to the Integrated Tisza River Basin Management Plan. International Commission for the Protection of the Danube River (ICPDR) and United Nations Development Programme/Global Environment Facility (ICPDR/UNDP/GEF, 2011) Vienna, Austria.

ICPDR (2004). Memorandum of Understanding (MoU-2004): Towards a River Basin Management Plan for the Tisza river supporting sustainable development of the region.

Kerekes S., Marjainé Szerényi Zs. (2015). Helyi Környezetpolitika. Nemzeti Közszolgálati Egyetem Budapest, pp. 174.

*** (1994). Egyezmény a Duna védelmére és fenntartható használatára irányuló együttműködésről I (Duna Védelmi Egyezmény), Szófia, Bulgária. Hatályba lépés 1998. október 22.

Honlapok

<http://www.danubewaterquality.eu/>

<http://www.icpdr.org>

<http://www.kormany.hu>

<http://www.danubewaterquality.eu/>

A SZERZŐ



HEILMANN DIÁNA a Debreceni Agrártudományi Egyetem, Mezőgazdasági, Víz és Környezetgazdálkodási F iskola Karán szerzett környezetgazdálkodási agrármérnöki BSc diplomát 1999-ben, majd a Szent István Egyetem Környezetgazdálkodási Intézetében környezetgazdálkodási agrármérnöki MSc diplomát kapott 2002-ben. Tanulmányai alatt egy évet töltött a Wageningen Agricultural University-n ösztöndíjas hallgatóként, majd 2005-ben az ELTE Jogi Továbbképző Intézetében környezetvédelmi jogi szakirányú diplomát is szerzett. 2002-ben a VITUKI Consult Zrt munkatársaként kezdett el foglalkozni a Tisza vízgyjt n érintő feladatokkal, majd a Nemzetközi Duna Védelmi Bizottság keretében segítette a Tisza Csoport nemzetközi munkáit. Jelenleg a Duna Régió Stratégia, PA4 - Vízminőségi terület kiemelt terület szakértője.

A Mura folyó hullámterének feliszapolódás vizsgálata II. rész

Engi Zsuzsanna*, Tóth Gábor**, Braun Mihály***

*Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, 9700 Szombathely, Vörösmarty u. 2. (E-mail: engi.zsuzsanna@nyuduvizig.hu)

**Nyugat-magyarországi Egyetem, Természettudományi Kar, Földrajz és Környezettudományi Intézet, 9700.Szombathely, Károlyi G. tér 4. (E-mail: tothg@ttk.nyme.hu)

***Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, 4032. Debrecen, Egyetem tér 1. (E-mail: braun@tigris.unideb.hu)

Kivonat

A tanulmány I. részében GIS módszerekkel megközelít leg 250 évre visszamen leg rekonstruáltuk a Mura-folyó mederváltozását, a meanderek elmozdulását és átszakadását. A MIKE 21 FM programmal 2D hidraulikai modellezést végeztünk, összehasonlítottuk az árvízvesztély térképeket és az öreg történelmi térképeket és értékeltük az eredményeket. A tanulmány II. részében az ugyanezen a területen folytatott feliszapolódás meghatározását tárgyaljuk. Bemutatjuk egy holtágból származó üledékminta kormeghatározását, és ezt felhasználva a hullámtér feliszapolódási tendenciáját.

Kulcsszavak

Mura, ártér, hullámtér, holtág, meander, geomorfológia, hordalék transzport, feliszapolódás, üledékminta kormeghatározása, datálás

The silting up processes of the inundation area of the Mura river - Part II

Abstract

By using GIS methods for approximately the past 250 years changes of the riverbed of the Mura River were reconstructed in the part I. of the study. The meander movement and cut-off is forecasted. Flood maps from MIKE 21 FM 2D hydraulic modelling and old historical maps were compared and evaluated. In the Part II the silting up processes for the same experimental area were studied. The dating of the sediment samples for an oxbow lake was done and the tendency of silting up process of the inundation area was calculated.

Keywords

Mura, inundation area, oxbow lake, meander, geomorphology, sediment transport, silting up process, dating of sediment sample

BEVEZETÉS

Napjainkban az egyre gyakoribb heves árvizek egy új kutatási sorozatot indítottak el, amelyek során különböző módszerekkel vizsgálják a kutatók az árterek és hullámterek feliszapolódását (*Engi és társai 2011, 2016*). Az árterek és hullámterek feliszapolódásának megismeréséhez minden mérésre szükségünk van, mert nagyon kevés olyan adat áll jelenleg rendelkezésre, amelyet a későbbiek folyamán fel tudunk használni a ma már egyre gyakrabban használt numerikus modellezések során, akár a modell kalibrálására, akár az eredmények igazolására.

A Mura hullámterén részletes feliszapolódási vizsgálatok elvégzésére eddig még nem került sor. A vízfolyás lokális szakaszaira és hullámterére korábban elkészült kisminta modellek (*Víziterv Consult és Láng 2009*) nem a feliszapolódás vizsgálatát célozták. Ennek az lehetett az indoka, hogy megkezdtek a térségben a tervezett erd telepítések és egyben a hullámtér beerdülésére is felfigyeltek. Ezért a kutatások arra irányultak, hogy a növényzet benntése által okozott érdesség növekedés csökkentse a hullámtér levezet képességét. Ilyen viszonyok között olyan módszert kellett alkalmaznunk, amellyel megbízható eredményhez jutunk kevesebb mintavételi helyszínen vett üledékmintával is.

Az árterek, hullámterek feliszapolódásának vizsgálatára, mérésére több kutatási módszert alkalmazhatunk. A teljesség igénye nélkül felsorolunk néhányat.

ALKALMAZHATÓ VIZSGÁLATI MÓSZEREK RÖVID ÁTTEKINTÉSE

Geoinformációs elemzések

A különböző id szakokban készült digitális terepmo-dellek magassági adatait hasonlítják össze. Nagyobb területeket lefed nagy felbontású térképek készítéséhez távérzékelte adatokat használnak (remote sensing), a feliszapolódás mértékét az összehasonlított adatok különbsége adja (*Gilvear és Bryant 2003, Steiger és Gurnell 2003*).

Modellezés

Az árterek feliszapolódásának meghatározása elvégezhet fizikai hidraulikai modellekkel is, de ezek a modellek többnyire más kutatási célok miatt készültek (pl. árterek kiterjedésének meghatározása), ezért az eróziós illetve feliszapolódási folyamatok csak közvetetten kerültek elemzésre (*Víziterv Consult és Láng 2009, Šantl és társai 2010, Rak és társai 2011*).

A numerikus hidraulikai modellezés a kapcsolódó transzport modellekkel lehet végezni az egydimenziós áramlási viszonyok elemzését, pl. HEC-RAS Transport Calculations, amelyben hét hordaléktranszport egyenlet áll rendelkezésre: *Ackers és White 1973-ból, Englund-Hansen 1967-ből, Laursen 1958-ból, Meyer-Peter-Müller 1948-ból, Toffaleti 1968-ból, Yang 1972-ből és Wilcock 2000-ből (Bruner és Gibson 2005, Gibson és társai 2006)*.

A tározók, tavak, vízfolyások, csatornák feliszapolódásának kutatására és a lebetgetett és/vagy görgetett hordaléktranszport modellezésére már kétdimenziós hidraulikai modellek állnak rendelkezésre, pl. MIKE 2D FM ST, HEC-RAS 2D, a nyitottkódú CCHE 2D, stb., illetve 3D modellek, pl. SSIIM stb.

Terepi mérések

Egyik lehet ség, hogy a frissen vételezett árvízi üledékminta réteg vastagságát meghatározzuk.

Másik megoldás, hogy elvégezzük az ártér vagy hullámtér keresztmetszévéneinek geodéziai állapotfelmérését és a terep magasságának összehasonlítását az árvízi esemény eltti állapottal. Az utóbbi években ezzel a módszerrel tanulmányozták Magyarországon a Tisza, a Hernád és a Maros hullámtéri feliszapolódását (Borsy 1972, Kiss és társai 2002, Oroszi és Kiss 2005, Babák 2006, Sándor és Kiss 2007, Vass és társai 2009).

Adatokhoz juthatunk a hullámtéri holtágak feliszapolódásának üledék elemzéséből is (Braun és társai 2010, Korponai és társai 2010). A későbbiekben ezt a módszert fogjuk alkalmazni a következő pontban leírt kormeghatározással kombinálva.

Az üledék minta rétegeinek kormeghatározása és a feliszapolódás sebességének megállapítása

Radiometrikus módszerek alkalmazásával, a hullámtéri üledék nehézfém tartalmának mérésével, az üledékben jelenlevő indikátor anyagok, markerek segítségével, meghatározható az üledékréteg kora. Ilyen információ hordozói a vízgyűjtő felső szakaszán a bányászati tevékenységből származó nehézfémek (Cu, Pb, Cr), vagy a ^{137}Cs az atmoszférából. Ez az izotóp kimondottan alkalmas az utóbbi 40–50 év során keletkezett feliszapolódás üledékének kormeghatározására. A nehézfémek az üledékoszlop egy bizonyos időpontban keletkezett rétegében található nagyobb mennyiségben. Az olyan ismert események, mint pl. az 1953–1963. évek közötti atomkísérletek és a csernobili atomkatasztrófa lehetnének tesztek a rétegek korának és a feliszapolódás sebességének meghatározására (Walling és He 1997, Wyzga 1999, Zhao és társai 1999).

Az ártéri feliszapolódás kutatása során Magyarországon is alkalmazták az említett radiometrikus módszereket a Tisza, a Hernád és a Maros hullámtéri feliszapolódás vizsgálata során (Kiss és Sipos 2001, Braun és társai 2003, Sándor és Kiss 2006, Soster és társai 2007, Szabó és Posta 2008, Dezső és társai 2009).

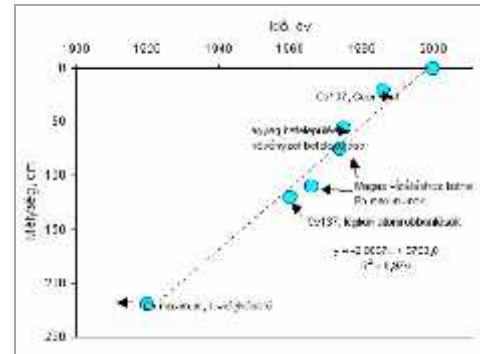
A tapasztalatok azt mutatják, hogy a radiometrikus módszerek eredményeit számos tényező befolyásolhatja, ezért javasolt más kutatási módszerek eredményeivel történő összehasonlításuk. Ilyen módszer például a dendrokronológia, amellyel a rétegek kora a fák korának, illetve a fák gyökereinek mélységének meghatározásával történik (Alestalo 1971, Hupp és Simon 1991), vagy a palinológia, melyet gyakran alkalmaznak az ártérek feliszapolódásának vizsgálatára a növények foszilis virágpor maradványait kutatva, de meg kell említeni, hogy egyéb paleológiai kutatásokkal együtt nyújt megbízható eredményt.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Feliszapolódási folyamatok vizsgálata

Az általunk bemutatásra kerülő módszer főbb lépései:

- terepi mintavételezés,
- a minta röntgen vizsgálata, laboratóriumi üledékelemzés, hidrológiai elemzés,
- rétegek kormeghatározása, a feliszapolódás meghatározása.



1. ábra. Kormeghatározáshoz használható események (Forrás: Braun 2010)

Figure 1. Events used for dating of the layers (Source: Braun 2010)

Üledék mintavételezés és a holtágakból

A Balatonon és a Velencei-tavon már hosszabb ideje történnek üledékminta elemzések és a mintákat gyakran 15–21 m mélységben kell kivenni. A mintavételi eljárást több nemzetközi folyóiratban is ismertették a kutatók és, mert a kutatási eredmények megfeleltek nekik bizonyultak, a tiszai ciánszennyezésnél is ezzel a módszerrel történt a mintavételezés (Nguyen és társai 2008, Braun és társai 2010, Korponai és társai 2010). Jelen esetben a holtágból történő üledék mintavételénél szintén ezekkel az eszközökkel történtek a fúrások.

A Mura hullámterében olyan holtágakból terveztünk üledékmintát venni, amelyek üledékcsapdaként szolgálnak. A részletes kutatásokhoz olyan holtágakat kerestünk, amelyek vízpótlást kizárólag árvízkor kapnak. A mintát az ún. módosított dugattyús Livingstone-féle mintavétellel vettük (Livingstone 1955).

Laboratóriumi üledékvizsgálat

A fúrásanyagok kivétele után a rétegeket elször röntgen vizsgálattal elkülönítettük, majd meghatároztuk a minták szemcseeloszlási összetételét és az eredményeket statisztikailag értékeltük.

A mintát 220–230 cm vastagságú üledékrétegből vettük. A laboratóriumi vizsgálatok elvégzéséhez a 100 cm hosszú fúrásanyagot 5 mm széles korongokra kellett vágni. Az 1 m hosszú fúrásanyagból így módon 195 db mintát nyertünk, melyeket az alábbiakban leírt eljárással elemeztünk.

A fúrásanyagból spatulával 5 mm széles korongokat vágunk ki, melyeket homogenizáltunk. Az így nyert, eredeti nedvességtartalmú mintákból 1 cm³ térfogatot mértünk ki m anyag kémcsövekbe. A mintákra 2,5 ml 87 % (m/m)-os glicerinnel oldatot mértünk pipettával. Üvegbotos keveréssel és ultrahangos rázatással homogenizáltuk a szuszpenziót. A szemcseméret meghatározáshoz a frissen

felkevert szuszpenzióból 200 µl-t használtunk fel egy-egy meghatározáshoz.

A 195 darab üledékminta szemcsevizsgálata lézer diffrakciós elven m köd Malvern Mastersizer 2000 (<http://www.malvern.com/en/products/technology/laser-diffraction>) típusú készülékkel történt. Ez a készülék 0,02 és 2000 µm nagyságú szemcseméretet képes meghatározni. A szemcseméret eloszlás kiszámításához a készülékhez tartozó szoftver a Mie (*de Boer és társai 1987*) elmélet szerint határozza meg a részecske eloszlást, amely figyelembe veszi, hogy az üledékben található szerves anyag a fényt abszorbeálhatja.

A meghatározás elve, hogy adott méret szemcséket monokromatikus fényvel ($\lambda = 750$ nm) megvilágítva, azok bizonyos szögben térítik ki a fényt, méghozzá úgy, hogy ez a szög növekszik a szemcse méretének csökkenésével. Ezt a diffraktált fényt detektorok fókuszálják. A szemcseméret eloszlás kiszámításához két különböző elméletet alkalmaz a készülékhez tartozó szoftver, méghozzá a Mie elmélet szerint határozza meg a részecske eloszlást, de lehet séget nyújt az egyszer sített Fraunhofer elmélet használatára is (*de*

Boer és társai 1987). Azonban a Fraunhofer elmélet nem számol azzal a jelenséggel, hogy az üledékben található szerves anyag a fényt abszorbeálhatja, tehát a mi esetünkben a Mie elmélet alkalmazása a pontosabb.

A készülék része egy 120 ml-es minta bevív egység (Hydro SM), melyben a mintaáramlást kever biztosítja. A mintabevitel során 100 ml desztillált vizet mértünk a mintabevív egységbe, majd 1 ml 0,2 mol-os nátrium-oxalátot adagoltunk hozzá. Kevertetés után a felkevert szuszpenzióból 200 µl-t pipettáztunk a mintánkból, melyet folyamatosan áramoltatva történt a mérés.

Az eredmények statisztikai elemzését GRADISTAT programmal végeztük (*Blott és Pye 2001*). Ennek alapján meghatároztuk az üledékben az egyes frakciók mennyiségét. A kategóriák meghatározásához a környezeti állapot értékelésnél használatos *Falk és Ward (1957)* módszert alkalmaztuk, amely összehasonlítása a kevésbé részletes Eurocode szabvánnyal az alábbi táblázatban látható (*1. táblázat*). Az elemzésekhez a részletesebb osztályozást használtuk. Ennek megfelelően a 9., 13. és 15. ábra jelmagyarázata az alábbiak szerinti.

1. táblázat. A talajok osztályozása
Table 1. Classification of soils

A környezet értékelésére szolgáló kategorizálás		Eurocode szerinti kategorizálás		
Homok	középszem homok / <i>medium sand</i>	0,250–0,500 mm	közepes homok	0,2–0,6 mm
	finomszem homok / <i>fine sand</i>	0,125–0,250 mm	finom homok	0,2–0,06 mm
	nagyon finomszem homok / <i>very fine sand</i>	0,063–0,125 mm		
K zetliszt/iszap	nagyon durva k zetliszt / <i>very coarse silt</i>	0,031–0,063 mm	durva k zetliszt/iszap	0,02–0,06 mm
	durva k zetliszt / <i>coarse silt</i>	0,016–0,031 mm		
	középszem k zetliszt / <i>medium silt</i>	0,008–0,016 mm	közepes k zetliszt/iszap	0,02–0,006 mm
	finomszem k zetliszt / <i>fine silt</i>	0,004–0,008 mm		
	nagyon finomszem k zetliszt / <i>very fine silt</i>	0,002–0,004 mm		
Agyag	agyag / <i>clay</i>	<0,002 mm	agyag	<0,002 mm

Üledékminta datálása és a hullámtéri feliszapolódás mértékének meghatározása

A minta rétegeinek datálásához/kormeghatározásához a homokfrakciók szemcséit választottuk, mert az ettől nagyobb frakciókat az árvízkor elálló nagyobb sebesség elsodorja. Kiválasztottuk az árvízi nyilvántartásból a rendelkezésre álló azon árvízi események adatait 1960–2009 id szakra, amikor a holtágban kizárólag árvízi eseményből származó feliszapolódás következhetett be.

Kiválasztottuk a röntgen felvétel alapján elkülönül, megfelelő rétegeket és megkerestük a hozzájuk tartozó árvízi eseményeket. Az üledékminták elemzése alapján az említett frakciók jelenlétét is ellenőriztük. Az adatokat táblázatban és grafikusán ábrázolva megkerestük az összefüggést. Az eredmény alapján meghatároztuk a holtág feliszapolódási sebességét, illetve a környező hullámtérre vonatkozó tendenciát.



2. ábra. A próbafúrások helyszínei (jobbra a Hosszúvíz holtág)
Figure 2. Locations of experimental sampling (right: oxbow lake Hosszúvíz)



3. ábra. Datálásra alkalmatlan fúrásmag
 Figure 3. The core of the sample which is inadequate for dating

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Mintavételezés a holtágakból

Három helyszínt választottunk ki próbafúrásra, mert a kivett mintának reprezentatívnak kell lennie és tükröznie kell a környezeti változásokat, de ez csak a fúrások kivételése után állapítható meg. A mintavételezések 2010. augusztus 17-18-19-én történtek (2. ábra).

Az első két helyszínen a minta kivétele után derült ki, hogy egyikük sem felel meg datálásra (3. ábra), ezért folytattuk a terepi helyszínelést és reprezentatív lokációnak a Hosszúvíz holtág (4. ábra) bizonyult (EOV X 473599, EOV Y 120015).

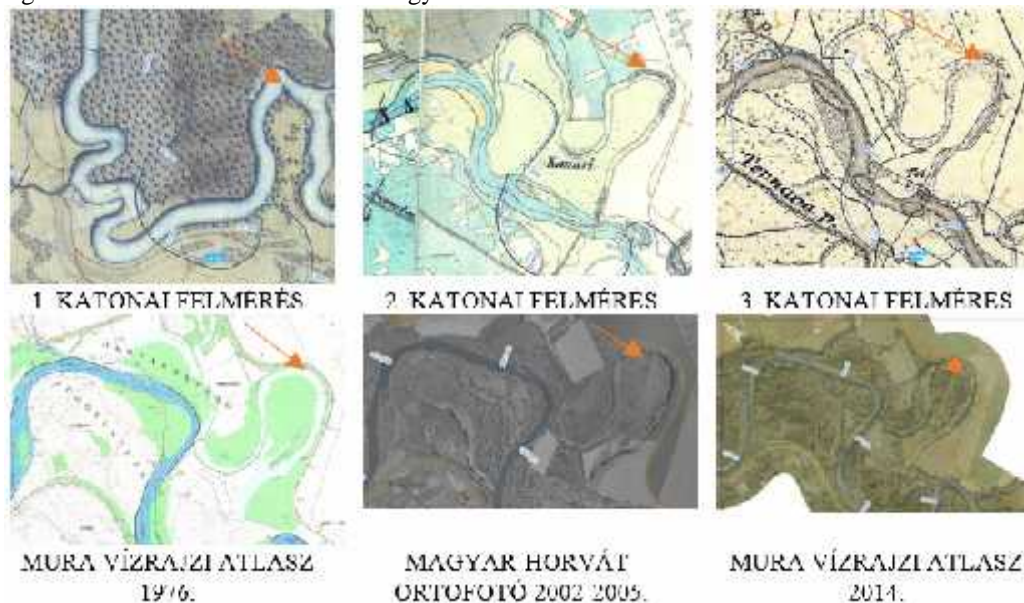
A minta üledékvizsgálata

A rétegeket röntgen vizsgálattal különítettük el. A mintában megkülönböztethetővé vált a szürke vagy barna

színű üledékréteg, amikor az árvíz alatt a holtág vízutánpótlást kapott. Amikor az alacsony vízállás miatt a holtág nem kap vizet, a rétegek színe fekete lesz, mert tavi állapot következik be és a réteget többnyire bomló szerves anyagok alkotják.

Az üledékvizsgálat a 220-230 cm vastagságú üledékrétegből vett minta 1 méter mélységéig terjedt ki. A 100 cm hosszú furatmagot 5 mm széles korongokra vágva 195 mintát kaptunk a további részletes elemzés elvégzéséhez. Az elemzés módszerét és menetét az elz pont alatt részleteztük.

A 195 minta elemzése alapján megállapítottuk, hogy az üledék jelentős részét a nagyon durva (16-31 µm) és a középszemekzetliszt (8-16 µm) alkotja. A szöveges értékelés az alábbi táblázatban olvasható (2. táblázat).



4. ábra. A Hosszúvíz –holtág fejlődése a történelem folyamán (a mintavételezés helyét nyíl jelöli)
 Figure 4. Development of oxbow lake Hosszúvíz during different historical periods (arrow shows the location of sampling)



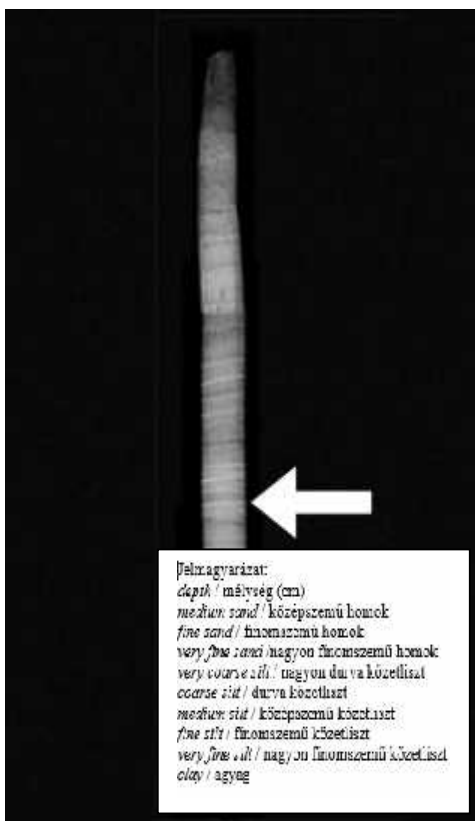
5. ábra. A mintavételi eszköz és a mintázás folyamata
 Figure 5. Equipment and the sampling process



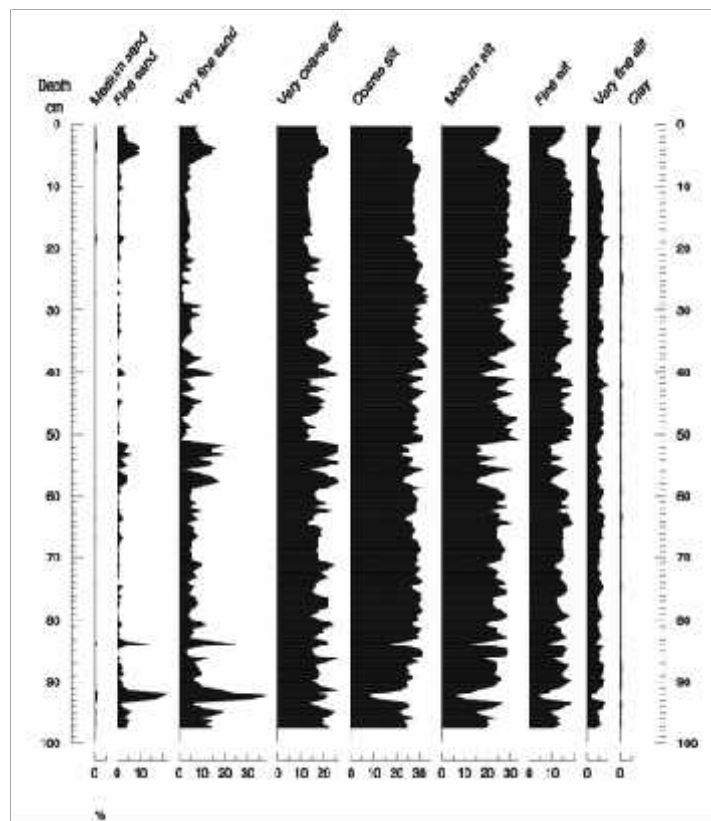
6. ábra. A megfelelő üledékminta
Figure 6. Adequate sample of sediment



7. ábra. A kettévágott üledékminta részlete
Figure 7. Detail of the sample



8. ábra. A minta röntgenfelvétele
Figure 8. X-ray image of the sediment sample



9. ábra. A fúratmag szemcseösszetétele 1 m mélységig
Figure 9. Grain size distributions of the sediment samples in the depths of 1 m

2. táblázat. A 195 darab minta laboratóriumi elemzése és értékelése

Table 2. Sedimentological analysis and evaluation of 195 samples

Talaj	Rétegek elemzéseinek megállapításai
Homok: medium sand – középszem homok (250–500 µm)	- nem található az üledékben jelentős mennyiségben;
Homok: fine sand - finomszem homok (125–250 µm)	- az üledék 3-5 cm közötti szakaszán mintegy 10 %-át alkotja, majd erőteljesen lecsökken; - jelentősebb finom homok mennyiség felhalmozódás az üledék 52-57 cm-es szakasza között figyelhető meg (5%); - a 84 cm-nél 15% illetve - 92 cm-nél 20%.
Homok: very fine sand - nagyon finomszem homok (63–125 µm)	- 5 cm-nél 15 %-ban található meg az üledékben; - 52-54 cm között eléri a 20 %-ot; - 85 cm-nél eléri a 25 %-ot; - 92 cm-nél 35 %.
K zetliszt: very coarse silt - nagyon durva k zetliszt (31–63 µm)	- az üledék teljes hosszában jelen van, sehol sem csökken 10% alá;
K zetliszt: coarse silt – durva k zetliszt (16–31 µm)	Ez alkotja az üledék jelentős részét a medium silt-tel együtt. - mennyisége csupán az üledék legalsóbb 92 cm-es szakaszán csökken le 5%-ra; - valamint 85 cm-nél 15%-ra; - egyébként 20 és 30% között ingadozik.
K zetliszt: medium silt – középszem k zetliszt (8–16 µm)	- az üledék kezdeti szakaszán 25%-ban van jelen; - majd 5 cm-nél lecsökken 15%-ra; - ezt követően szakaszokon mennyisége mintegy 25-30% között ingadozik; - jelentősebben lecsökken a 36-38 cm-nél, valamint az 52-60 cm közötti szakaszon 10%-ra; - 84 és 92 cm-nél megközelíti az 5%-ot.
K zetliszt: fine silt – finomszem k zetliszt (4–8 µm)	- értéke 5 és 18 % között változik.
K zetliszt: very fine silt - nagyon finomszem k zetliszt (2–4 µm)	- mennyisége csekély alig 5%.
Agyag - clay: (<2 µm)	- nagyon kevés mennyiségben található meg.

Az üledékminta rétegeinek kormeghatározása

A kutatás alá vont holtág vízpótlást csak árvízkor kap. A vizsgált szakaszon ez a Mura-Letenye vízrajzi állomás 330 cm vízállásánál történik, amely a Mura I. fokú árvízvédelmi készültiségeinek elrendelt vízállása.

A hasonló kutatások (Braun és társai 2010) eredményei azt mutatták, hogy az üledékben szemmel látható nyoma marad az áradásnak, ha a holtág legalább 6-7 napon át elöntés alatt van. Az egymás után gyorsan kö-

vetkez árvizes évek esetén nem képződik elegendő mennyiségű tavi üledék, így az egymást követő áradások egymással összefüggő, folytonos árvízi üledékréteget raknak le. Az üledékoszlopban ezeket a vastagabb, szürkésbarna sávokat elválasztják egymástól a tavi állapot vékonyabb fekete sávjai.

Az alábbi táblázatban (3. táblázat) láthatók az 1960. és 2009. idszak azon évei, amikor a holtágban árvíztől származó üledéklerakódás történt, mert a vízállás meghaladta a Letenyei vízrajzi állomáson a 330 cm-t.

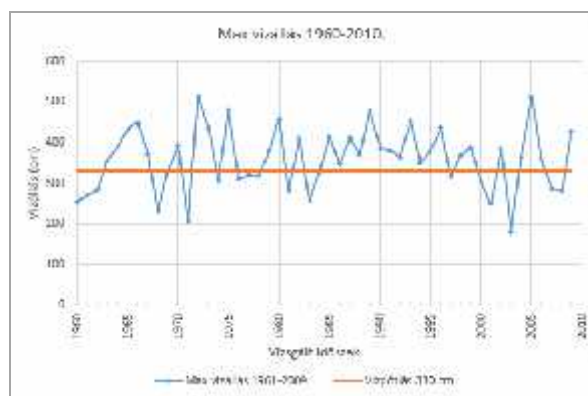
A vízállások elemzése alapján az 1960-2009. évek közötti időszakban 32 olyan árvízi eseményt (10. ábra) tartunk nyilván, amelyeknél a vízállás elérte vagy meghaladta a 330 cm-t. A 12. ábrán bemutatjuk a részletes elemzésbe bevont árvizek tartósságát. Az 1965 évi árvíz során a vízállás 32 napon keresztül magasabb volt, mint 330 cm. Az 1972. évi árvíznel a hullámtér 24 napon keresztül volt elöntés alatt.

Mivel az üledék minta »dokumentálja« az árvízi eseményeket (kiugróan magas homokfrakció értékek), az egyes árvízi eseményekhez a vízállás elemzések alapján (10-11. ábrák) hozzárendeltük a minta megfelelő rétegét.

Az üledékminta rétegek datálásához - kormeghatározásához a homokfrakciójú szemcséket – középszem homok (250-500 µm), finomszem homok (125-250 µm), nagyon finomszem homok (63-125 µm) - vesszük alapul, mert az árvízkor megnövekedett vízsebesség a felsoroltaktól nagyobb frakciókat magával ragadja.

A 195 minta részletes elemzése alapján kiválasztásra kerültek azok, amelyekben kiugró értékeket mutatnak azon vizsgált frakciók, amelyek árvízi eseményre utalnak. A minta teljes hosszán az alábbi rétegcsoportokat találtuk összetartozó szekcióknak (4. táblázat).

A kutatás helyszíne 1830 óta holtág, tehát az üledékminta lefedi az azóta eltelt időszakot. A kiugróan magas értékű homokfrakciók elemzésével meghatározhatók a Mura folyó kiemelkedő árvízi eseményei, mint pl. az 1972. évi vagy 1998. évi árvizek.

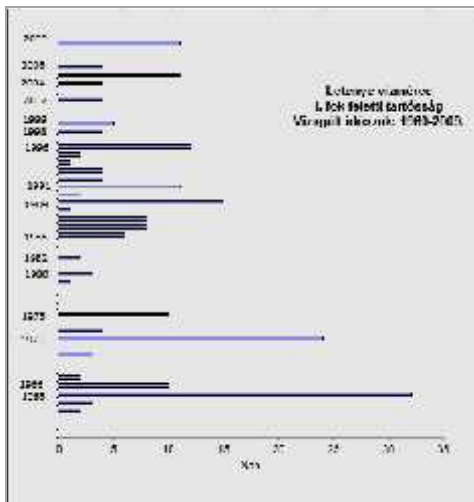


10. ábra. Maximum vízállás a Letenyei vízrajzi állomáson 1960–2009. között

Figure 10. Max water level on the station in Letenye in the period of 1960–2010

Bemutatunk néhány szemcseeloszlási görbét (12. ábra) azokra a mintákra, amelyekben kiemelkedően magas a homokfrakció és egyet, amelyben alacsony. A sorozat-

tok jól illeszkednek egymáshoz. Két elkülönül görbe látszik: a 92 cm mélységben lévő minták kiemelkedően magas kb. 35 %-ban tartalmaznak homokfrakciókat, míg a 26,75 cm mélység mintáival egy árvízmentes időszakot jellemeztünk.



11. ábra. A holtág vízpótlása 1960–2009. közötti időszakban
Figure 11. The period of water supply of the oxbow lake in the period of 1960–2009

3. táblázat. A holtág vízpótlása az 1960–2009. közötti időszakban
Table 3. The water supply of the oxbow-lake in the period of 1960–2009

Kor év	Maximum vízállás cm	Kor év	Maximum vízállás cm	Kor év	Maximum vízállás cm	Kor év	Maximum vízállás cm	Kor év	Maximum vízállás cm
1963	357	1970	392	1980	458	1990	386	2002	385
1964	390	1972	514	1982	412	1991	381	2004	364
1965	433	1973	436	1985	415	1992	365	2005	509
1966	450	1975	480	1986	347	1993	454	2006	360
1967	372	1979	379	1987	411	1994	351	2009	428
1969	330			1988	370	1995	379		
				1989	479	1996	437		
						1998	369		
						1999	388		

A fenti ábrán látható a fúratminta szemcseösszetétele 1 m mélyséig, a méretléce pedig a mélység mellett ábrázolásra került az üledékrétegek kormeghatározásának eredménye is. Kiugróan magas homokfrakció értékek láthatók 85-90 cm mélységben, amelyek megfelelnek az 1925., 1926. és 1928. évek történelmi árvizeinek (Engi 2016). Valamivel kisebb homokfrakció értékeket határoztunk meg az 1935 és 1938 közötti árvizekre 71-74 cm mélységben. Jelentősek voltak a Mura árvizei 1965, 1966, 1970, 1972-ben, valamint 1973-ban és 1975-ben, amelyeket a 27-39 cm mélységben figyelhetünk meg. A legsekélyebb szakaszon 0,5 cm mélységben szintén magas homokfrakció értékek láthatók, amelyek az 1998. évi árvíz nyomait mutatják.

A hullámtéri feliszapolódás mértékének megállapítása

A rétegek kormeghatározását az üledékoszlop röntgenfelvétel adatai, a hidrologiai adatok (vízállás) és a minták kiemelkedően magas homokfrakciójának adatai

A feljegyzett árvízi eseményeket, a folyó nevezetes árvizeit összekötöttük a megfelelő réteggel (13. ábra) és a kiugróan magas homokfrakció értékekhez rendeltük ket. Az adatokat az 5. táblázatban mutattuk be.

A táblázat adatait kiegészítettük a két legkisebb szemcseméret frakcióval: a nagyon finomszemkiszalisszal és az agyaggal.

A táblázat adatait grafikonon ábrázoltuk. Az eredmények lineáris összefüggést mutattak (14. ábra).

$$y = -0.852x + 1998.5 \quad (1)$$

$$R^2 = 0.9938 \quad (2)$$

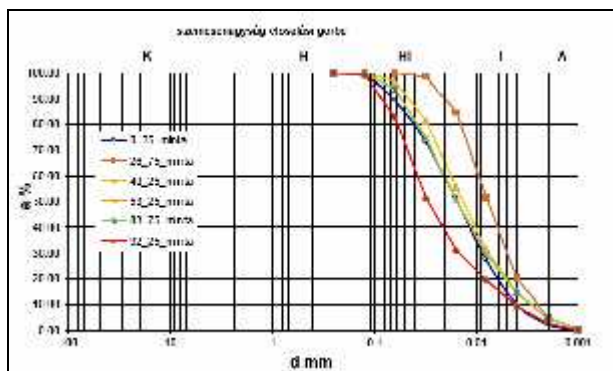
Mint ahogy a korrelációs érték nagyon magas, elfogadtuk a két változó szoros összefüggését. A lineáris összefüggés alapján kiszámítva minden évre a minta megfelelő rétegeinek mélységét, az alábbi értékeket kaptuk (6. táblázat).

A kapott összefüggés segítségével kiszámoltuk mind a 195 db minta korát (Engi 2016), amelyből például az alábbi 7. táblázatban bemutatjuk a legfelső 20 cm rétegeinek korát.

Az üledékminta kormeghatározási folyamatának eredményeit az alábbi 15. ábra mutatja.

alapján végeztük el. A kutatási eredmények alapján meghatároztuk a holtág feliszapolódási sebességét, illetve közvetve a hullámtér feliszapolódási tendenciáját. Az eredmények értékelése alapján a hullámtér feliszapolódási sebessége 20 cm 17 év alatt, azaz 1,17 cm/év (8. táblázat).

A bemutatott módszer megfelelő adatot nyújt a hullámtér feliszapolódási gyorsaságának hosszútávú elrejelzéséhez, amely a térségi tervezési folyamatok lényeges eleme. A meanderezó vízfolyások gyakran változtatják a nyomvonalukat, a kanyarok fejlődnek vagy átszakadnak és ezzel új nyomvonalak alakulnak ki. Amennyiben a levonuló árhullám rátalál a régi holtágak nyomvonalára, azokat is bekapcsolja a hullámtéri vízszállításba. Ha azonban a holtágak feliszapolódtak, a folyó nem használhatja őket pufferkapacitásként az árvizek levonulása során. Ezért új levonulási útvonalakat keres, amivel az árvízveszély növekedhet.



12. ábra. Néhány árvizes id szakot dokumentáló minta szemcseeloszlási görbéje

Figure 12. Some grain size distribution curves of the samples, which document the flood events

ÖSSZEFOGLALÁS

A bemutatott kombinált módszert (üledékvizsgálat, röntgenvizsgálat, vízrajzi adat elemzés) eddig még nem használtuk hosszútávú ártér feliszapolódás felmérésére. Alkalmazhatóságának feltétele, hogy legyen olyan holtág, amely csak árvízkor kap vízutánpótlást és így lehet ség adódik a hordalék kiüledésére. A kutatás során bebizonyosodott, hogy nem minden holtágból tudunk megfelelő mintát venni. Napjainkban gyakori, hogy a holtágot bevonjuk valamilyen revitalizációs felújításba, például megnyitjuk a bevezet és kivezet szakaszát, és így az árvíz levonulási sávként használja, de ezzel viszont megbolygattuk a természetes feltölt désének ütemét. Ilyen helyszínr 1 reprezentatív mintát már nem tudunk venni, mert az árvíz kimossa, átöblíti a holtág medrét.

Ha a kapott eredményt a folyamatban lévő kutatások eredményeivel próbáljuk összehasonlítani, figyelembe kell venni azt, hogy más jelleg folyó árterér 1 van szó, mások a hidrológiai és morfológiai viszonyok. A Tisza menti ártéren végzett feliszapolódás vizsgálat el térbe került az országos Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztése (VTT) kapcsán. A hosszútávú üledékvizsgálat értékei a 19. századi szabályozási munkák után a Közép- és Alsó Tiszán az 1838-1957. évek közötti id szakot figyelembe véve a VO kövek felmérésével 0,6-1,3 cm/év (Károlyi, 1960). Szlávik (2001) szerint 1976-1983 között a hullámterén átlagosan 1 cm/év. Szabó és társai (2008) nehézfém markerek segítségével 0,9-1 cm/év értéket kapott. Sándor (2011) vizsgálatai az ártéren az 1889-2005 id szakra több szelvény alapján 0,29-0,75 cm/év értéket mutatott. A Maroson Oroszi (2009) mért a holtágakban 1,3-2,4 cm/év feliszapolódási sebességet. Az ártérré is 0,2-0,6 cm/év értéket állapított meg. Keesstra (2007) a Dragonja folyón 1960 óta mért adatokat vizsgálva állapította meg a 4,1-19,6 mm/év értéket, míg egy áradás után átlagosan 0-1,6 cm/év feliszapolódást jelzett terepi mérés alapján.

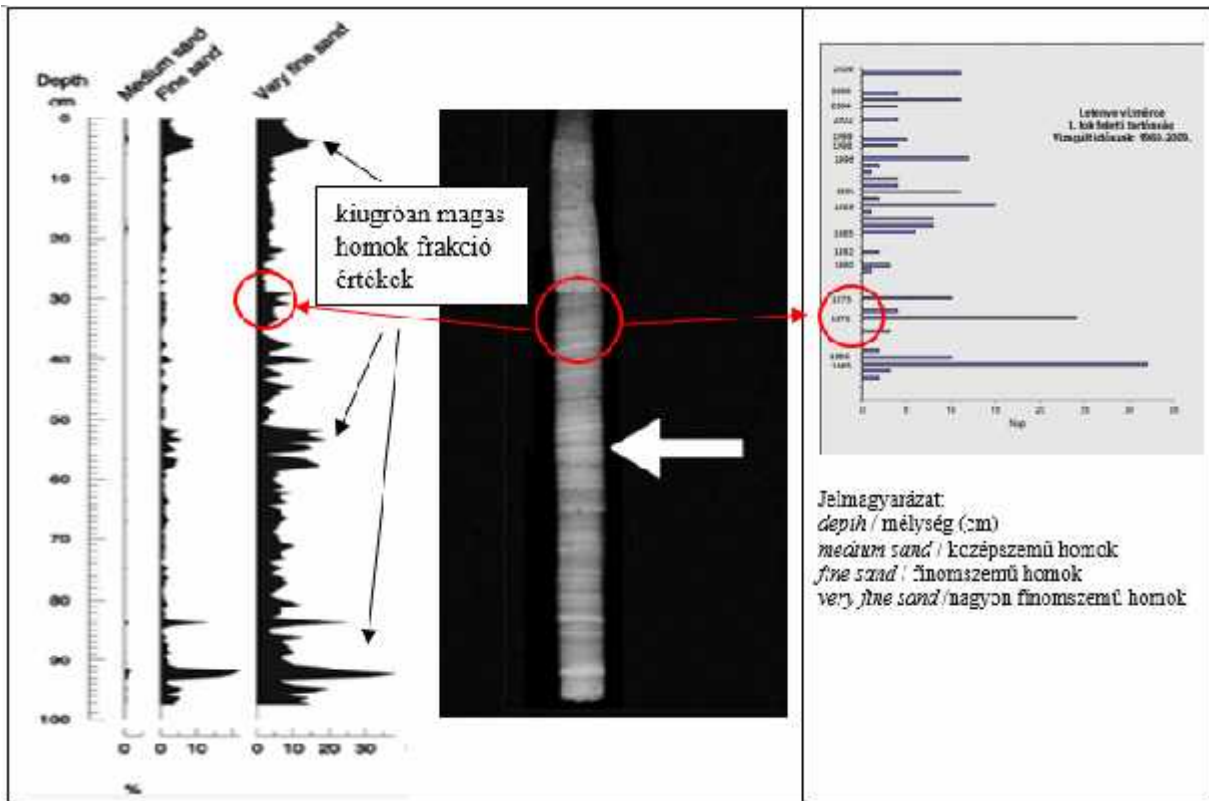
Az általunk bemutatott geomorfológiai üledékvizsgálati módszer el nye, hogy amíg azonos az ártér szerkezeti

felépítése, a minta reprezentatíván ábrázolja a környezeti helyzetet és nem szükséges minden egyes holtágot megmintázni, ami a költségeket nagyban csökkenti. Ugyanígy nem kell minden egyes árvíz után felmérést végezni, mert hosszútávú módszer 1 van szó, amivel el re is jelzünk.

Amennyiben sikerülne kiépíteni egy hálózatot az említett bolygatás nélküli holtágakból, és ott rendszeresen üledéket mintázni árvizek után, illetve megfelel id -közönként bolygatás nélküli mintát venni, egy id után már elegend adat állna rendelkezésre ahhoz, hogy az árvizeket feliszapolódási értékkel is jellemezzük. Illetve térképen is ábrázolható lenne az ártéri feliszapolódás értéke, ami összevethet lenne az aktuális állapottal.

4. táblázat. A rétegek kormeghatározásába bevont minták
Table 4. Samples included into process of dating

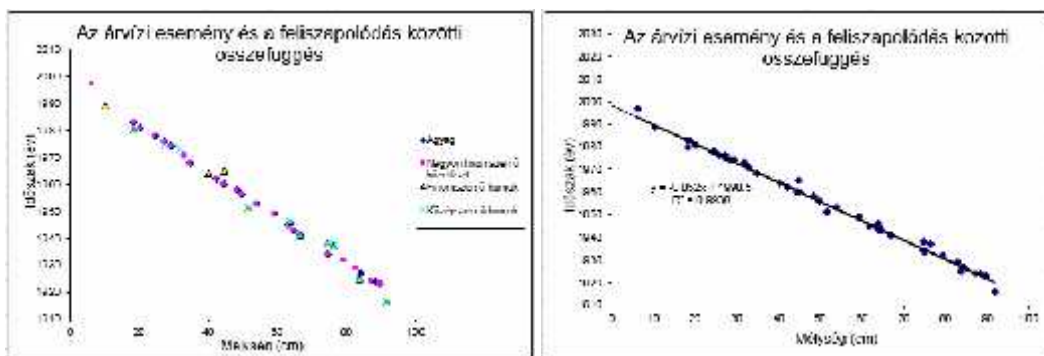
Mélység	Középszem homok	Finomszem homok	Nagyon finomszem homok
cm	%	%	%
1. szekció			
3.25	0.95	7.87	11.25
3.75	0.85	9.55	16.18
4.25	0.33	7.71	14.09
4.75	0.20	9.27	14.30
2. szekció			
51.75	0.13	5.35	18.63
52.25	0.04	3.32	14.01
52.75	0.00	2.79	14.94
53.25	0.16	6.19	18.96
53.75	0.02	1.41	7.27
54.25	0.00	2.56	14.22
54.75	0.05	3.77	15.12
55.25	0.12	3.84	12.64
55.75	0.00	0.21	1.89
56.25	0.08	2.06	8.65
56.75	0.20	4.65	13.97
57.25	0.10	3.92	15.41
57.75	0.02	3.92	17.52
58.25	0.08	2.23	10.96
3. szekció			
83.75	0.92	13.21	25.00
4. szekció			
91.75	2.05	21.85	24.41
92.25	1.00	20.46	38.08
92.75	0.80	16.51	31.45



13. ábra. A rétegek illesztése
Figure 13. Process of connecting layers

5. táblázat. Frakciók hozzárendelése a rétegekhez
Table 5. Connecting layers and sediment fractions in the sediment sample

Mélység	Kor	Közepes szemű homok	Mélység	Kor	Finomszemű homok	Mélység	Kor	Nagyon finomszemű zetsziszt	Mélység	Kor	Agyag
cm	év		cm	év		cm	év		cm	év	
						6.25	1997	x			
			10.25	1989	x						
18.25	1980	x	18.25	1980	x	18.25	1983	x	18.25	1983	x
						20.25	1981	x	20.25	1981	x
						24.75	1978	x	24.75	1978	x
27.25	1975	x				27.25	1976	x	27.25	1975	x
						29.25	1974	x	29.25	1974	x
31.75	1973	x				31.75	1973	x	31.75	1973	x
						34.75	1968	x	34.75	1968	x
			40.25	1964	x	40.25	1964	x			
			44.75	1965	x	44.25	1960	x	42.25	1962	x
						48.25	1958	x	44.75	1960	x
						49.75	1956	x	48.25	1958	x
51.75	1951	x	51.75	1951	x				49.75	1956	x
						53.75	1953	x			
						59.25	1949	x	53.75	1953	x
						63.25	1945	x	59.25	1949	x
63.75	1946	x	63.75	1946	x				63.25	1945	x
						64.75	1943	x			
66.75	1941	x	66.75	1941	x	64.75	1941	x	64.75	1943	x
74.75	1938	x	74.75	1938	x	66.75	1934	x	66.75	1941	x
76.25	1937	x	76.25	1937	x	74.75			74.75	1934	x
						79.25	1932	x			
						82.75	1929	x			
83.75	1925	x	83.75	1925	x						
									84.25	1927	x
						87.25	1924	x			
									88.25	1924	x
						89.75	1923	x	89.75	1923	x
91.75	1916	x	91.75	1916	x						



14. ábra. Az árvízi esemény és a feliszapolódás közötti összefüggés
Figure 14. Relation between flood event and the silting up value

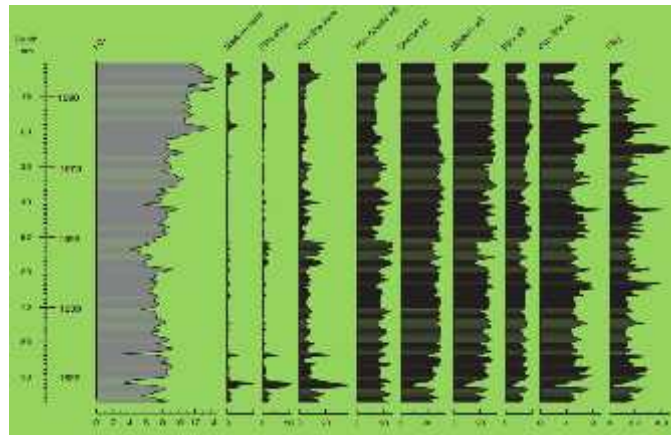
6. táblázat. A rétegek kora éves bontásban a lineáris összefüggés alapján meghatározva
Table 6. Age of the layers, dated on the base of linear relation

Kor év	Mélység cm	Kor év	Mélység cm	Kor év	Mélység cm	Kor év	Mélység cm
1998	0.586854	1980	21.71362	1960	45.18779	1940	68.66197
1997	1.760563	1979	22.88732	1959	46.3615	1939	69.83568
1996	2.934272	1978	24.06103	1958	47.53521	1938	71.00939
1995	4.107981	1977	25.23474	1957	48.70892	1937	72.1831
1994	5.28169	1976	26.40845	1956	49.88263	1936	73.35681
1993	6.455399	1975	27.58216	1955	51.05634	1935	74.53052
1992	7.629108	1974	28.75587	1954	52.23005	1934	75.70423
1991	8.802817	1973	29.92958	1953	53.40376	1933	76.87793
1990	9.976526	1972	31.10329	1952	54.57746	1932	78.05164
1989	11.15023	1971	32.277	1951	55.75117	1931	79.22535
1988	12.32394	1970	33.4507	1950	56.92488	1930	80.39906
1987	13.49765	1969	34.62441	1949	58.09859	1929	81.57277
1986	14.67136	1968	35.79812	1948	59.2723	1928	82.74648
1985	15.84507	1967	36.97183	1947	60.44601	1927	83.92019
1984	17.01878	1966	38.14554	1946	61.61972	1926	85.0939
1983	18.19249	1965	39.31925	1945	62.79343	1925	86.26761
1982	19.3662	1964	40.49296	1944	63.96714	1924	87.44131
1981	20.53991	1963	41.66667	1943	65.14085	1923	88.61502
		1962	42.84038	1942	66.31455	1922	89.78873
		1961	44.01408	1941	67.48826	1921	90.96244
						1920	92.13615
						1919	93.30986
						1918	94.48357
						1917	95.65728
						1916	96.83099
						1915	98.00469

7. táblázat. Az üledékminta rétegeinek kora 0 és 20 cm mélység között
Table 7. Age of the layers in the depths 0–20 cm of the sediment samples

Mélység cm	Kor év	Mélység cm	Kor év	Mélység cm	Kor év	Mélység cm	Kor év
0.25	1998.3	5.25	1994.0	10.25	1989.8	15.25	1985.5
0.75	1997.9	5.75	1993.6	10.75	1989.3	15.75	1985.1
1.25	1997.4	6.25	1993.2	11.25	1988.9	16.25	1984.7
1.75	1997.0	6.75	1992.7	11.75	1988.5	16.75	1984.2
2.25	1996.6	7.25	1992.3	12.25	1988.1	17.25	1983.8
2.75	1996.2	7.75	1991.9	12.75	1987.6	17.75	1983.4
3.25	1995.7	8.25	1991.5	13.25	1987.2	18.25	1983.0
3.75	1995.3	8.75	1991.0	13.75	1986.8	18.75	1982.5
4.25	1994.9	9.25	1990.6	14.25	1986.4	19.25	1982.1
4.75	1994.5	9.75	1990.2	14.75	1985.9	19.75	1981.7

Jelmagyarítás: mélység / mélység (cm) medium sand / közepes szemű homok fine sand / finomszemű homok very fine sand / nagyon finomszemű homok very coarse silt / nagyon durva közetliszt coarse silt / durva közetliszt medium silt / közepes szemű közetliszt fine silt / finomszemű közetliszt very fine silt / nagyon finomszemű közetliszt clay / agyag



15. ábra. Az üledékminta rétegeinek kormeghatározása
 Figure 15. Determination of the age (dating) of the layers in the sample

8. táblázat. Az üledék réteg vastagsága koronként
 Table 8. Connecting sample sections and ages

Mélység (cm)	10 cm	30 cm	50 cm	70 cm	90 cm
Kor (év)	1990	1973	1956	1939	1922

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A fúrások és a laboratóriumi elemzések elvégzését, valamint az eredmények nemzetközi bemutatását az EU TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0006 projekt támogatásával valósítottuk meg (Tóth és társai 2011).

IRODALOM

Alestalo, J. (1971). Dendrochronological interpretation of geomorphic processes. *Fennia* 105: 1–140.

Babák, K. (2006). A Hármas-Körös hullámterének feltöltő dése a folyószabályozások óta. *Földrajzi értesítő* 55, 3–4: 393–399.

Blott, S.J., Pye, K. (2001). Gradstat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms* 26: 1237–1248.

Borsy, Z. (1972). Üledék- és morfológiai vizsgálatok a Szatmári-síkságon az 1970. évi árvíz után. *Földrajzi Közlemények* 96, 1: 38–42.

Braun, M., Szalóki, I., Posta, J., Dezs, Z. (2003). Üledék felhalmozódás sebességének becslése a Tisza hullámterében. *MHT XXI. Vándorgyűlés, Szolnok*.

Braun, M., Papp, I., Korponai, J., Lukács, V., Gyulai, I., Forró, L., Hubay, K., Szalóki, I. (2010). A Tisza vízjárásának nyomai a Marótzugi-Holt-Tisza üledékében. *Hidrologiai Közlöny* 90, 6: 20–22.

Bruner, G., Gibson, S. (2005). Sediment Transport Modeling in HEC-RAS. *Proceedings World Water and Environmental Resources Congress*. Editor: Raymond Walton, Anchorage, Alaska, American Society of Civil Engineers, 1–12. DOI: 10.1061/40792(173)442

de Boer, G. B. J., de Weerd, C., Thoenes, D., Goossens, H. W. J. (1987). Laser Diffraction Spectrometry: Fraunhofer Diffraction Versus Mie Scattering. *Particle & Particle Systems Characterization*, 4, 1-4: 14–19.

Dezs, Z., Szabó, Sz., Bihari, Á. (2009). Tiszai hullámter feltöltő déseinek id belüli alakulása ¹³⁷Cs-izotóp gamma spektrometriai vizsgálata alapján. In: *Mócsy, I., Szacsavay, K., Urák, I., Zsigmond, A.R.* (ed.). *Proc. V. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia*. Kolozsvár, 443–438.

Engelund, F., Hansen, E. (1967). A monograph on sediment transport in alluvial streams. Copenhagen, Denmark, Teknisk Forlag: 65 str.

Engi Zs. (2016). Flood hazard modeling on river outfall stretches, based on silting up processes. *Doktori disszertáció, Ljubljana* (in print)

Engi, Zs., Tóth, G., Braun, M., Hubay, K., Hercsel, R. (2011). Study of the silting up process of the Mura River's floodplain in Hungary. *XXVth Conference of the Danubian Countries*. Budapest. [ftp://152.66.121.2/Floodrisk/_DC/docs/6_06_Engi%20Zsu zsanna.pdf](ftp://152.66.121.2/Floodrisk/_DC/docs/6_06_Engi%20Zsu%20zsanna.pdf)

Engi, Zs., Tóth, G., Somogyi, K., Lanter, T., Hercsel, R., Bozzay, F. (2016). A Mura folyó kanyarulatvándorlásának elemzése és hullámterének feliszapolódás vizsgálata 2D modellezéssel. *Hidrologiai Közlöny* 96, 1: 33–48.

Folk, R.L., Ward, W.C. (1957). Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27: 3–26.

Gibson, S., Brunner, G., Piper, S., Jensen, M. (2006). Sediment Transport Computations in HEC-RAS. *PROCEEDINGS of the Eighth Federal Interagency Sedimentation Conference (8thFISC)*, Reno, NV: 57–64.

Gilvear, D., Bryant, R. (2003). Analysis of aerial photography and other remotely sensed data. In: *Kondolf, G.M.* in Piégay H. (ed.) *Tools in fluvial geomorphology*. Wiley, Chichester: 135–170.

Hupp, C. R., Simon, A. (1991). Bank accretion and the development of vegetated depositional surfaces along modified alluvial channels. *Geomorphology* 4: 111–124.

Károlyi, Z. (1960). A Tisza mederváltozásai, különös tekintettel az árvízvédelemre. Budapest, VITUKI, Tanulmányok és kutatási eredmények sorozat 8: 102.

Keesstra, S.D. (2007). Impact of natural reforestation on floodplain sedimentation in the Dragonja basin, SW Slovenia. *Earth Surface Processes and Landforms* 32: 49–65.

Kiss, T., Sipos, Gy., Fiala, K. (2002). Recens üledékfelhalmozódás sebességének a vizsgálata az Alsó-Tiszán. *Vízügyi Közlemények* 84. 3: 456–467.

Korponai, J., Braun, M., Buczko, K., Gyulai, I., Forró, L., Nédlí, J., Papp, I. (2010). Transition from shallow lake to a wetland: a multi-proxy case study in Zalavari Pond, Lake Balaton, Hungary. *Hydrobiologia* 641, 1: 225–244.

Livingstone, D. A. (1955). A Lightweight Piston Sampler for Lake Deposits. *Ecology* 36, 1: 137–139.

Nguyen, H. L., Leermakers, M., Braun, M., Szalóki, I., Baeyens, W. (2008). Tracing the metal pollution history of Tisza River through the analysis of a sediment depth profile. *Water Air and Soil Pollution* 200(1): 119–132.

Oroszi, V. Gy., Kiss, T. (2005). The analysis of sediment accumulation and silting-up of a cutoff channel on River Maros near the city of Makó. *Acta Geographica Szegediensis*, 38: 27–38.

Oroszi V. (2009). Hullámtér-fejlés vizsgálata a Maros magyarországi szakaszán. Doktori disszertáció, Szeged

Rak, G., Müller, M., Steinman, F., Šantl, S., Novak, G. (2011). Hybrid hydraulic models of hydro power plants Brežice and Mokrice. *Erozija* 36: 43–55.

Rawle, A. Basic principles of particle size analysis. Technical paper. Malvern Instruments Limited. <http://www.malvern.com/en/products/technology/laser-diffraction>

Šantl, S., Novak, G., Rak, G., Steinman, F. (2010). Hybrid hydraulic modeling approach in the process of hydropower plant design. V: ZHANG, Jianyun (ur.). *Advances in Hydraulic Physical Modeling and Field Investigation Technology: proceedings of International Symposium on Hydraulic Physical Modeling and Field Investigation*, September 13–15, 2010, Nanjing, China.

Sándor, A., Kiss, T. (2007). A 2006. tavaszi árvíz okozta feltöltés mértéke és az azt befolyásoló tényezők vizsgálata a Közép-Tiszán, Szolnokon. *Hidrológiai Közlemény* 87, 4: 19–24.

Sándor A. (2011). A hullámtér feltöltés folyamatának

vizsgálata a Tisza középső és alsó szakaszán. Doktori disszertáció, Szeged

Soster, F.M., Matisoff, G., Whiting, P. J., Fornes, W., Ketterer, M., Szechenyi, S. (2007). Floodplain sedimentation rates in alpine watershed determined by radionuclide techniques. *Earth Surface Processes and Landforms* 32: 2038–2051.

Steiger, J., Gurnell, A.M. (2003). Spatial hydrogeomorphological influences on sediment and nutrient deposition in riparian zones: observations from the Garonne River, France. *Geomorphology* 49: 1–23.

Szabó, Sz., Posta, J. (2008). A földtani közeg nehézfém-tartalma és a feltöltés sebessége a tiszai hullámtéren. In: Püspöki, Z. (ed.): *Tanulmányok a geológia tárgyköréből* 1 dr. Kozák Miklós tiszteletére. Debrecen. 85–90.

Szabó, Sz., Molnár, L. Sz., Gosztonyi, Gy., Posta J., Prokisch, J. (2008). A nehézfém-szennyezettség vizsgálata egy felső-tiszai holtmeder környezetében. In: Demeter G. (ed.): *Geographia Generalis et specialis*. Debrecen. 255–260.

Szlávik, L. (2001). A Tisza-völgy árvízvédelme és fejlesztése. I. Magyar Földrajzi Konferencia, Szeged, CD: 1–52.

Tóth, G., Braun, M., Hubay, K., Engi, Zs., Fábrián, Sz. Á. (2011). Examen de colmatage naturel dans le lit majeur du fleuve Mura. Conference: Hydrosystèmes continentaux et territoires et territoires européens confrontés aux différentes lois sur l'eau.

Vass, R., Szabó, G., Szabó, J. (2009). Hullámtéri feltöltés vizsgálata geoinformatikai módszerekkel a Felső-Tisza vidékén. HunDEM Konferencia in GeoInfo 2009.

Viziter Consult, Láng, M. (2009). Hullámtéri lefolyásvizsgálatok a Mura árvízvédelmi szakasz fejlesztésének elvégzéséhez és tervezési feladataihoz. Budapest. Tanulmány.

Walling, D.E., He, Q. (1997). Use of fallout ¹³⁷Cs in investigation of overbank sediment deposition on river floodplains. *Catena* 29: 263–282.

Wyzyga, B. (1999). Estimating mean flow velocity in channel and floodplain areas and its use for explaining the pattern of overbank deposition and floodplain retention. *Geomorphology* 28: 281–297.

Zhao, Y., Marriott, S., Rogers, J., Iwugo, K. (1999). A preliminary study of heavy metal distribution on the floodplain of the River Severn, U.K. by a single flood event. *Science of the Total Environment*, 243–244: 219–231.

A SZERZŐK



ENGI ZSUZSANNA Okleveles vízépítésmérnök, osztályvezető, Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, 9700. Szombathely, Vörösmarty u. 2. E-mail: engi.zsuzsanna@nyuduvizig.hu

DR. TÓTH GÁBOR Egyetemi docens, Nyugat-magyarországi Egyetem, Természettudományi Kar, Földrajz és Környezettudományi Intézet, 9700.Szombathely, Károlyi G. tér 4. E-mail: tothg@tk.nyme.hu

DR. BRAUN MIHÁLY Vegyész kutató, Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, 4032. Debrecen, Egyetem tér 1. (E-mail: braun@tigris.unideb.hu)

Új csapadékmaximum-függvények

L. Varga*, K. Buzás* és M. Honti**

*Budapesti M szaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízi Közm és Környezetmérnöki Tanszék, 1111 Budapest M egyetem rkp. 3. (E-mail: varga.laura@epito.bme.hu, buzas@vkkt.bme.hu)

** MTA-BME Vízgazdálkodási Kutatócsoport, 1111 Budapest M egyetem rkp. 3. (E-mail: mark.honti@gmail.com)

Kivonat

Az éghajlatváltozás következtében a csapadéktevékenység széls ségesebbé válása felveti a kérdést, hogy a csapadékvíz elvezet hálózatok tervezésénél alkalmazott, az 1970-es években készített csapadékmaximum-függvények érvényesnek tekinthet ek-e napjainkban, illetve alkalmasok-e arra, hogy használjuk ket mérnöki feladataink során. Ennek vizsgálatára három magyarországi városra el állítottuk az új csapadékmaximum-függvényeket (pontosabban azoknak bizonyos pontjait), illetve azt is megbecsültük, hogy a jöv ben (2041-2059) a mértékadó csapadékintenzitásoknak milyen változásai várhatók. Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy szükség van a magyarországi csapadékmaximum-függvények minél hamarabbi megújítására. Mivel városonként jelent sen eltér mérték és irányú változásokat tapasztaltunk, ezért megfontolandó, hogy az országos egységes értékek alkalmazása helyett nem lenne-e kedvez bb részterületeként definiált görbékkel dolgozni.

Kulcsszavak

éghajlatváltozás, csapadékmaximum-függvények, csapadékgenerátor, regionális klímamodell

New rainfall intensity–duration–frequency curves for Hungary

Abstract

Climate change has a strong impact on operation of urban drainage systems in Hungary. Rainfalls with extreme intensities are becoming more frequent and drainage networks can not handle the resulting high amount of stormwater. The design of urban drainage infrastructure is still based on intensity-duration-frequency (IDF) curves created around 1970, but these are obviously outdated and cannot serve reliable design purposes in present and future.

To investigate the expected change of rainfall patterns and intensities, we created new IDF curves for hourly aggregation intervals for three cities (Budapest, Szeged and Szombathely). We did not concentrate only on the changes till present, but we also tried to estimate the future changes of these curves. Results of eight regional climate models and hourly measured data from each city were used to generate present and future (2041-2059) artificial hourly rainfall time series with a rainfall generator. From these time-series we could create IDF curves, which contained the expected impact of climate change. Results were compared with the values in the Hungarian technical design guideline. We observed significant differences between the generated IDF curves' intensity values and the values from the guideline. Furthermore, the direction and rate of change was different in the three cities. Based on the results, these differences are expected to increase in time. We conclude that the Hungarian IDF curves need to be reviewed based on present and forecasted precipitation data, and instead of using uniform curves for the whole country, regional differences should be considered.

Keywords

climate change, rainfall intensity-duration-frequency curves, rainfall generator model, regional climate model

BEVEZETÉS ÉS CÉLKIT ZÉS

A globális éghajlatváltozás komoly kihívások elé állítja az emberiséget. A változások az élet minden területére kihatással lehetnek, és lényeges, hogy feltárjuk a várható természeti, társadalmi és gazdasági hatásokat. A kedvez tlen következmények megelőzése és mérséklése érdekében meg kell terveznünk a szükséges intézkedéseket – és ez nem a jöv beni feladatunk, hanem már most kell cselekednünk. A napjainkban érzékelhet változások, a növekv gyakorisággal el forduló széls séges id járási események a települési vízgazdálkodás számos területére hatással vannak (Buzás és Somlyódy 2011), így a csapadékvíz-gazdálkodás tevékenységére is. A csapadékcsatorna-hálózatok sok helyen túlterheltté váltak, amiért a burkolt felületek arányának növekedése mellett a rövidebb id tartamú, nagy intenzitású és kedvez tlenebb intenzitás-eloszlású csapadékok a felel sek (Buzás 2008).

A csapadéktevékenység széls ségesebbé válása felveti a kérdést, hogy a csapadékvíz elvezet hálózatok terve-

zésénél alkalmazott, az 1970-es években készített csapadékmaximum-függvények érvényesnek tekinthet ek-e napjainkban, illetve alkalmasok-e arra, hogy használjuk ket. A Budapesti M szaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízi Közm és Környezetmérnöki Tanszékén azt vizsgáltuk, hogy a mértékadó csapadékintenzitások mennyit módosultak az elmúlt id szakban. Emellett azt is próbáltuk megbecsülni, hogy a jöv ben milyen változások várhatóak. A Magyarországra készült regionális klímamodell-szimulációk által szolgáltatott napi felbontású id sorok nem szolgáltatnak elég finom id beli felbontású eredményeket a csapadékmaximum-függvények el állításához, ezért olyan részletesebb felbontású csapadék id -sorokat kellett létrehozunk, melyek alkalmasak a vizsgálat elvégzésére. Jelen esetben órás felbontású csapadék-összeg-id sorokat generáltunk három településre – Budapestre, Szegedre és Szombathelyre –, mivel óránkénti rögzítés csapadékadatokkal rendelkezünk. A mesterséges id sorokat a hazánkra rendelkezésre álló regionális klímamodellek és az elmúlt évtizedek csapadékösszeg-

id sorainak statisztikai kiértékelésével, és ezek összevetésével kaptuk meg. A három magyarországi városra el állítottuk a csapadékmaximum-függvények aktualizált 1, 2 és 3 órás pontjait, és a generált id sorokból pedig megbecsültük ezen értékek jöv ben várható változásainak irányát, mértékét.

A MESTERSÉGES ID SOROK ÉS A CSAPADÉKMAXIMUM-FÜGGVÉNYEK EL ÁLLÍTÁSÁHOZ FELHASZNÁLT ADATOK

Az órás felbontású csapadékösszeg-id sorok el állításához, továbbá a csapadékmaximum-függvények (bizonyos pontjainak) meghatározásához mért csapadék id sorokat és különböző regionális klímamodellek eredményeit használtuk fel.

A vizsgálatot három magyarországi városra végeztük el, és a területükön mért órás csapadékösszeg-id sorokat az Országos Meteorológiai Szolgálatól (OMSZ) vásároltuk meg. A választott települések a következők: Budapest, Szeged és Szombathely. A vizsgálati helyeket úgy választottuk meg, hogy az ország eltér éghajlati sajátosságokkal rendelkező pontjain helyezkedjenek el, továbbá a mér állomások megfelelő hosszúságú és id beli felbontású adatokkal rendelkezzenek. Városonként az 1996-2014 között mért óránkénti csapadékösszeg-id sorokat alkalmaztuk a csapadékmaximum-függvények el állításához.

Azért, hogy az éghajlatváltozás távlati hatásait is figyelembe tudjuk venni a tervezés során, egy távlati id - szakra (2041-2059) órás csapadékösszeg-id sorokat generáltunk, hogy ezekben is meghatározhassuk mindhárom város esetén a „jöv beni” csapadékmaximum-függvények 1, 2 és 3 órás értékeit. A mesterséges id sorok generálásához szükségünk volt - az észlelt adatok mellett - a különböző regionális klímamodellek napi csapadék szimulációira is. Ezeket az ENSEMBLES projekt keretében el állított klímamodell-futtatások eredményeiből szereztük be. Az Európai Unió VI. keretprogramjának részeként lezajlott projekt (2004-2009) célkit zése a döntéshozók, a kutatók és a helyi közösségek informálása volt a XXI. században Európában várható éghajlati viszonyokról (van der Linden és Mitchell 2009). A várható éghajlati viszonyok becsléséhez regionális klímamodellek futtatási eredményeit összegezték az 1951-2100 között az európai térségre (ENSEMBLES projekt, www.ensembles-eu.org). A modellek horizontális felbontása 25 km. A klímamodellek az éghajlati rendszer folyamainak, kölcsönhatásainak leírását kísérlik meg. Mivel az éghajlatváltozásnak nagy valószínűséggel f leg emberi tevékenységben adódó okai vannak, ezért az üvegházhatású gázok koncentráció-változásai bemen paraméterként szerepelnek a modellekben. Az emberi tevékenység, a kibocsátások jöv beni alakulásának becslése rendkívül nehéz feladat, ezért az Éghajlat-változási Kormányközi Testület (IPCC) 3. jelentésében különböző SRES (Special Report on Emissions Scenarios) kibocsátási forgatókönyveket határozott meg. A négy különböző alap-szcenário különböző becsléssel él a gazdasági, a technológiai, a demográfiai és a politikai folyamatok alakulását illet en. A *dolgozatban felhasznált regionális*

klímamodellek mindegyike ugyanazt az A1B jel kibocsátási forgatókönyvet vette figyelembe. Az A1 forgatókönyv típus szerint nagyon gyors gazdasági és technológiai fejlődés várható, továbbá a népességnövekedés a XXI. század közepéig folytatódik majd, azután csökkenés fog bekövetkezni és az egyes régiók közötti kiegyenlítés, a regionális különbségek folyamatos megszűnésére lehet számítani (Nakicenovic és társai 2000). Az adott szcenáriónak több altípusa van aszerint, hogy a fosszilis erőforrások felhasználása milyen irányba változik a jöv - ben. Az A1B módózat a fosszilis és a megújuló energiaforrások hasznosításának egyensúlyát (fele-fele arányban történő alkalmazását) feltételezi. Meg kell azonban említenünk, hogy a 2007-ben megjelent 4. IPCC jelentésben még a fentebb említett kibocsátási forgatókönyveket alkalmazták, ezzel szemben a 2014-es 5. helyzetértékelésben már az új, ún. RCP (Representative Concentration Pathway) forgatókönyveket dolgozták ki.

1. táblázat. Az alkalmazott RCM-GCM párosítások
Table 1. Coupled RCM-GCM models

Regionális klímamodell (RCM)	Vezérlő GCM	Fejlesztő intézet
Aladin	ARPEGE	CNRM – Centre National de Recherches Météorologiques (FRA)
HadRM3QO	HadCM3QO	METO-HC – Met Office Hadley Centre for Climate Prediction and Research (GBR)
RACMO2	ECHAM5-r3	KNMI – Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (NED)
RCA	BCM	SMHI – Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SWE)
RCA	ECHAM5-r3	SMHI – Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SWE)
RCA	HadCM3Q3	SMHI – Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SWE)
REGCM3	ECHAM5-r3	ICTP – The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ITA)
REMO	ECHAM5	MPI-M – Max-Planck-Institut für Meteorologie (GER)

A vizsgálathoz felhasznált regionális klímamodellek (RCM-ek) számára különböző globális cirkulációs modellek (GCM-ek) biztosítják a futtatáshoz szükséges kezdeti- és peremfeltételeket (Retek 2011). A globális

modellek rácsfelbontása 200-250 km körüli, amely nem szolgáltat kell en pontos információt a regionális változások leképezéséhez. Ezt felismerve fejlesztették ki az ún. beágyazott modellekkel történ szimulációt, melyek a globális modellek eredményeit vették bemen paraméternek (Giorgo, 1990). A regionális klímamodellek képesek a globális modellek eredményeit területileg finomabb számítási hálóra lebontani – átlagosan 10-25 km-es rács-nagyság jellemzi ket (Retek 2011).

Az alkalmazott regionális klímamodell-globális cirkulációs modell párosításokat az 1. táblázat foglalja össze. A szimulációs id szakok az egyes modellek esetén: 1951-2100 (150 év), kivétel a SMHIRCA-BCM típus, amely 1961-2100 között végzett el rejelzést. Településenként megkerestük, hogy melyik számítási rácsegység-be esnek, és mindegyikre külön-külön letöltöttük a regionális modellek által az adott területekre generált napi csapadékösszeg-id sorokat.

MÓDSZERTAN

A csapadékmaximum-függvények el állításához a Gumbel-féle eloszlásfüggvényt alkalmaztuk, amely ritkán el forduló, extrém értékek (maximum vagy minimum) eloszlását írja le. Az elmúlt két évezed csapadékadatából mindhárom városra meghatároztuk az új csapadékmaximum-függvények 1, 2 3 órás pontjait 2, 4 és 10 éves visszatérési id k esetén. Fontos megemlíteni, hogy a vizsgálat elvégzéséhez a mér állomásokon óránkénti rögzítés adatsor csak 18-19 évre állt rendelkezésre, viszont az éghajlatvizsgálatoknál el nyösebb hosszabb, lehet ség szerint 30-50 év hosszúságú adatsorokat használni.

Az éghajlatváltozás hatásait is figyelembe vev , „jöv v beni” csapadékmaximum-függvények (illetve azok 1, 2 és 3 órás pontjainak) készítéséhez órás felbontású mesterséges csapadékösszeg-id sorokat generáltunk mindhárom településre. Ehhez ún. id járás generátor programot (weather generator) használtunk, mely konzisztens, hiánytalan id sorokat szolgáltatathat - a jelenre és a jöv re egyaránt (Wilks és Wilby 1999, Fatichi és társai 2011). A vizsgálatához a Neyman-Scott-féle csapadékszimuláló téglalap-impulzus modellt alkalmaztuk (pl. Honti és társai 2014). A mesterséges id sorok el állításához az egyes klímamodellek által prognosztizált változásokat vettük alapul. A 8 darab választott regionális klímamodell esetén meghatároztuk a statisztikai jellemz k (átlag, autokorreláció, stb.) két id szak - 1996-2014 és 2041-2059 - közötti változását. Minden hónapra kiszámítottuk a relatív változást, az alábbi módszerrel (1. egyenlet).

$$rv_{ij} = \frac{x_{ij,klímamodjöv}}{x_{ij,klímamodjelen}} \quad (1)$$

ahol

i – a vizsgált statisztikai jellemz k száma $i=1...6$,

j – a hónapok száma $j=1...12$,

rv_{ij} – az i -edik statisztikai jellemz relatív változása a vizsgált id szakok között a j -edik hónapot tekintve,

$x_{ij,klímamodjelen}$ – a regionális klímamodell 1996-2014 kö-

zötti id szakára számított i -edik statisztikai jellemz j -edik havi értéke,

$x_{ij,klímamodjöv}$ – a regionális klímamodell 2041-2059 közötti id szakára számított i -edik statisztikai jellemz j -edik havi értéke.

A jelen id szakra (1996-2014) rendelkezésünkre álló észlelt csapadékösszeg-id sorok statisztikai jellemz it a meghatározott relatív változás nagyságával módosítottuk, és az egyes hónapokon belül az összes aggregációs id - egységre ugyanakkora változást feltételezünk. Ez adja a csapadékszimuláló modell számára a betanító statisztikát. A Neyman-Scott modell paramétereinek meghatározását követ en tetsz leges számú órás csapadékösszeg-id sor generálására van lehet ség, amelyekb l a kívánt csapadékmaximum-függvények is elkészíthet k.

EREDMÉNYEK

Az eredményeket tekintve a legjelent sebb változás a jelenben és a jöv beni vizsgált id szak esetén is Budapesten jelentkezett (1. és 2. ábra). A regionális klímamodellek többsége a mértékadó csapadékontenzitások – akár 100%-os - növekedését jósolja (2. ábra és 2. táblázat). Ez az er s nagyvárosi jelleg következménye is lehet, hiszen a jelent s h sziget hatás befolyásolhatja a konvektív csapadékhullást. A mértékadó csapadékontenzitások változását tekintve eltér jelenséget tapasztaltunk városenként: Budapesttel ellentétben 1996-2014 között Szombathelyen és Szegeden inkább csökkenés tapasztalható a m szaki irányelv értékéihez viszonyítva (2. táblázat). Ez nem azt jelenti, hogy az intenzív csapadékok feltétlenül ritkábban jelentkeztek, hanem azt, hogy az egységes országos függvény értékeit nem haladták meg. A távlati id szakot vizsgálva Szombathelyen és Szegeden nagyobb a becslések bizonytalansága, hiszen a különböző regionális klímamodellek ellentétes el jel becsléseket adnak. Fontos megemlíteni, hogy finomabb id beli felbontású id sorok vizsgálatára is nagy szükség lenne, hiszen a rövidebb id tartamú csapadékok esetén még széls ségesebb változások lehetnek.

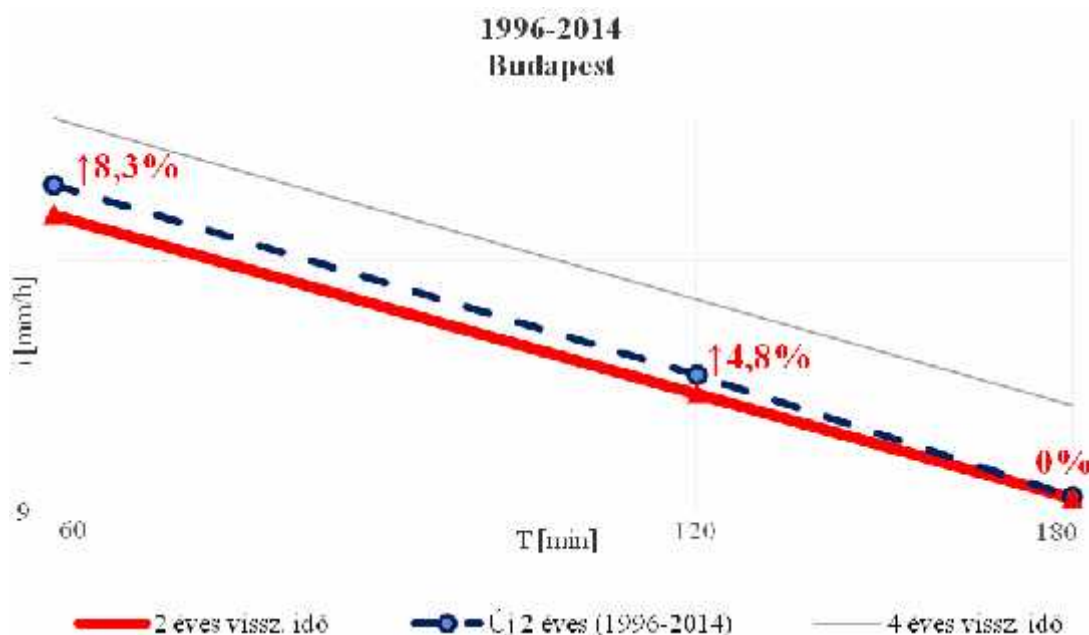
ÖSSZEFOGLALÁS

Megállapíthatjuk, hogy a jelenlegi változások mellett a jöv ben nagy esély van rá, hogy még széls ségesebb körülményekhez kell alkalmazkodnunk, amely a vízi közm ves szakmát komoly kihívások elé állítja. A felkészülést már most el kell kezdenünk, mivel utólag, t zoltásszer en kezelni a problémákat mindig sokkal nehezebb és költségesebb feladat.

A csapadékvíz elvezet hálózatok gyakoribb túlterhelése, kiöntése várható, hiszen a hirtelen, nagy intenzitással lezúduló csapadék események visszatérési ideje növekv tendenciát mutat. Belátható, hogy a jelenleg tervezéshez használatos csapadékmaximum-függvények érvényessége a jelenben is er sen megkérd jelezhet , de a jöv ben még nagyobb problémát jelent majd, ha nem aktualizáljuk ket. S t, tovább vezetve a gondolatot, az sem elég, ha az utóbbi id szak mért adatai alapján dolgozzuk ki az új mértékadó csapadékontenzitációs értékeket, hanem az éghajlatváltozás hatásait is bele kell vennünk a számításokba. Mivel egy m szaki létesítmény tervezése-

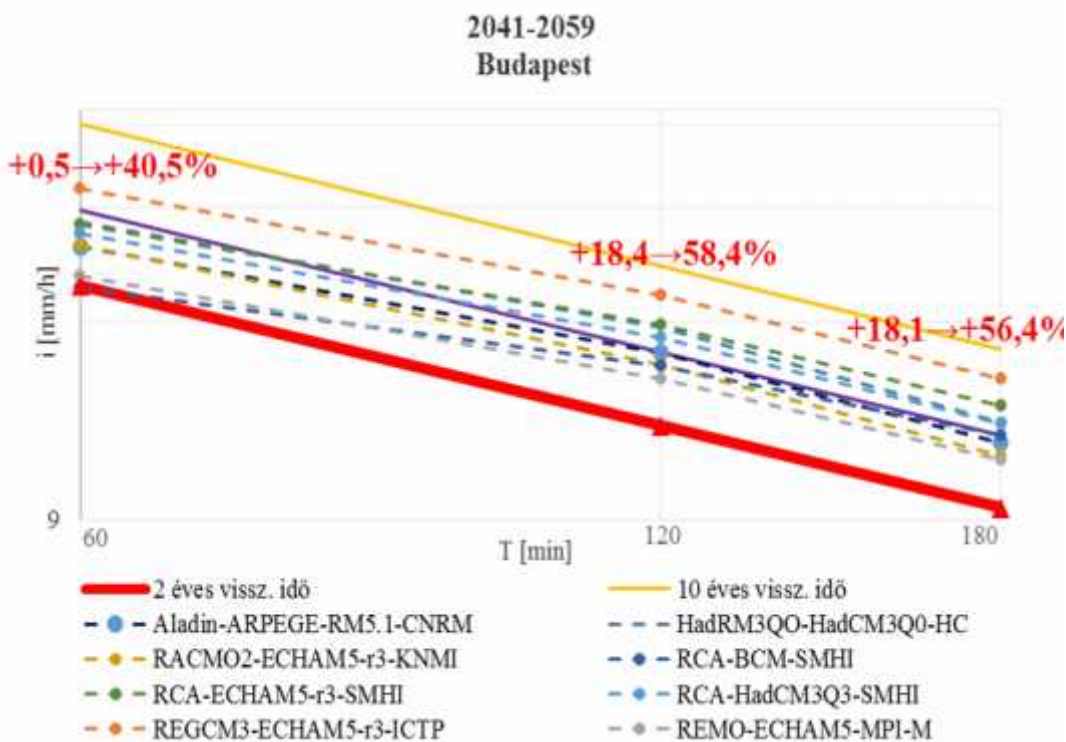
kor legalább 50 évre el re kell gondolkodnunk és biztosítanunk a megfelelő m ködést, a fenntartható m ködtetést, ezért valamilyen formában a várható változásokat is figyelembe kell vennünk. Ezt már több országban megvalósították úgynevezett klímafaktorok vagy klímászorzók

alkalmazásával (például Németországban és Dániában) a vízi létesítmények tervezésénél. Ezek meghatározása azonban nem egyszer feladat, mivel a klímamodell projekciókat számos bizonytalanság terheli, sokszor még az el rejelzések el jele sem egyez .



1. ábra. Budapest jelenre meghatározott új csapadékmaximum-függvényének 1, 2 és 3 órás pontjaihoz tartozó 2 éves visszatérési idej intenzitások értékeinek különbsége (%-ban) a m szakai irányelvben megadott értékekt l – az új függvényt szaggatott vonallal jelöltük

Figure 1. Comparison of created IDF curves' and the technical guideline's 1, 2 and 3 hour intensity values for Budapest city for „present time” (from measured values between 1996 and 2014) at 2 year return period. New IDF curve for 2 year return period are represented with dashed line (the red line is the curve of the technical design guideline)



2. ábra. Budapest jövő re (2041-2059) meghatározott csapadékmaximum-függvényének 1, 2 és 3 órás pontjaihoz tartozó 2 éves visszatérési idej intenzitások értékeinek különbsége (%-ban) a m szakai irányelvben megadott értékekt l – a 8 regionális klímamodell el rejelzése szaggatott vonallal jelölve

Figure 2. Comparison of created IDF curves' and the technical guideline's 1, 2 and 3 hour intensity values for Budapest city for „future time (2041-2059)” at 2 year return period. New IDF curves in case of every regional climate modell for 2 year return period are represented with dashed line (the red line is the curve of the technical design guideline)

2. táblázat. Budapest, Szeged és Szombathely jelenre és jövőre meghatározott új csapadékmaximum-függvényének 1, 2 és 3 órás pontjaihoz tartozó mértékadó visszatérési idej intenzitások értékeinek különbsége (%-ban) a m szaki irányelvben megadott értékektől

Table 2. Differences [%] between 1, 2 and 3 hours points of created IDF curves for present (1996-2014) and future time (2041-2059) at 2, 4 and 10 return periods and the intensity values from the technical design guideline.

Mértékadó csapadékintenzitás változása [%] a m sz. irányelvhez képest			
Jelen: 1996-2014 (mért)			
Budapest			
Visszatérési id [év]	t ₁ =1 óra	t ₂ = 2 óra	t ₃ = 3 óra
2	+9%	+5%	0%
4	+17%	+17%	+10%
10	+16%	+17%	+9%
Szeged			
2	+17%	-6%	-7%
4	+18%	-2%	-5%
10	+11%	-7%	-11%
Szombathely			
2	0%	-10%	-8%
4	-4%	-13%	-12%
10	-13%	-20%	-21%
Jöv : 2041-2059 (generált)			
Budapest			
2	0 - +40 %	+18 - +58%	+18 - +57%
4	-3 - +60%	+25 - +79%	+28 - +77%
10	-10 - +62%	+17 - +90%	+26 - +80%
Szeged			
2	-30 - +30%	-16 - +37%	-19 - +31%
4	-30 - +40%	-19 - +53%	-18 - +51%
10	-40 - +40%	-26 - +53%	-25 - +55%
Szombathely			
2	-36 - -1%	-13 - +10%	-15 - +15%
4	-38 - +4%	-14 - +11%	-16 - +16%
10	-44 - +1%	-20 - +5%	-23 - +8%

A magyarországi csapadékmaximum-függvények megújításának másik fontos kérdése az, hogy maradjon-e az egységes országos összefüggés alkalmazása, vagy nem lenne-e érdemes inkább külön régiókban gondolkodnunk. Ennek eldöntésére részletesebb, országot átfogó elemzések szükségesek. Az általunk végzett vizsgálat is rámutat

a területi különböző ségekre (pl. 3. ábra), és arra is, hogy a nagyvárosok éghajlat módosító hatása (h sziget) is komoly szerepet játszhat, széls ségesebb csapadéktervezéseket generálhat. Megfontolandó, hogy ugyanazt a csapadékintenzitás értéket tekinthetjük-e mértékadónak adott visszatérési id esetén Budapesten, mint egy kisebb város esetén.

Összefoglalva tehát, további vizsgálatok szükségesek, Magyarország lehet leg minél több pontján, és minél finomabb id beli felbontású adatsorokból. Az új csapadékmaximum-függvényeket pedig minél hamarabb el kell készíteni az ország területére.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A vizsgálatban felhasznált csapadékatokat a „Techniques and methods for Climate Change Adaptation for Cities” (3C for Sustainable Cities, 2013-1-HU1-LEO05-09613, TEMPUS Leonardo da Vinci Innovációtranszfer projekt, Egész életen át tartó tanulás) program keretében vásároltuk meg. A projektet az Európai Bizottság támogatta.

IRODALOMJEGYZÉK

Buzás K., (2008). Klímaváltozás, települési csapadékvíz-gazdálkodás. *Víz Panoráma*, 16. évf. 4. sz., pp. 11-12., Magyar Víziközm Szövetség.

Buzás K., Somlyódy L. (2011). Települési vízgazdálkodás. Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok, Budapest. pp. 255-285.

ENSEMBLES projekt honlapja:

<http://www.ensembles-eu.org/>

Fatichi, S., Ivanov, V. Y., Caporali E. (2011). Advanced WEather GENerator. *Technical Reference*, version 1.0, 96p.

Giorgo, F. (1990). Simulation of regional climate using a limited area model nested in a general circulation model. *Journal of Climate*, 3. pp. 941-963.

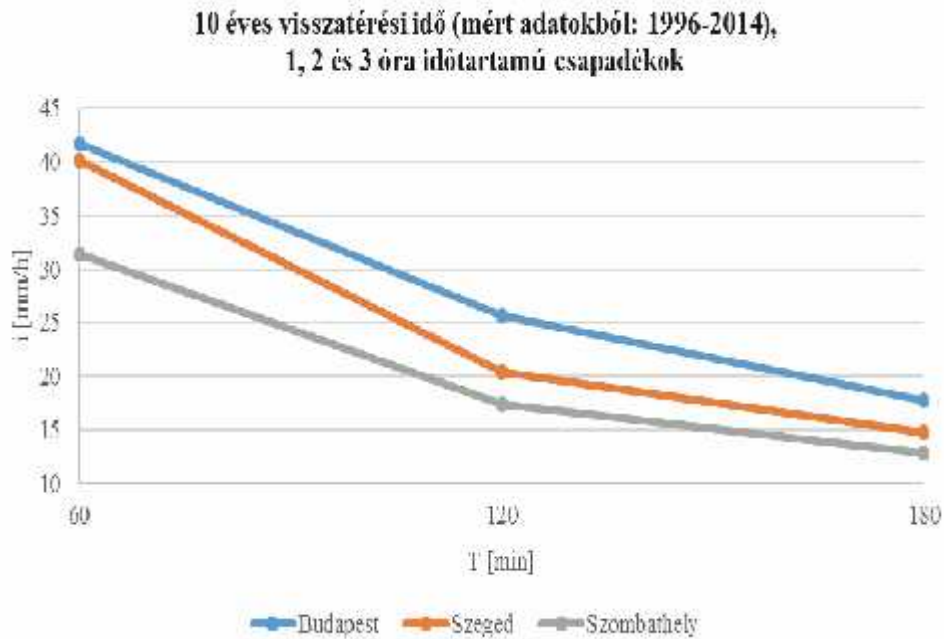
Honti, M., A. Scheidegger, and C. Stamm (2014). The importance of hydrological uncertainty assessment methods in climate change impact studies, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18, 3301–3317, 2014.

Nakicenovic N., Swart R., eds., (2000). Emissions Scenarios. A special reports of IPCC Working Group III. *Cambridge University Press*, UK. 570p.

Retek M. (2011). A globális éghajlatváltozás interaktív és komplex forgatókönyveinek modellezése és elemzése. – Budapesti Corvinus Egyetem Jöv kutatás Tanácsa, Budapest. 74 p.

van der Linden, P., Mitchell, J.F.B. (2009). Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Center, Exeter, UK. 164p.

Wilks, D. S., Wilby, R. L. (1999). The weather generation game: a review of stochastic weather models. *Progress in Physical Geography*, 23, pp. 329-357.



3. ábra. Területi különbségek a 1, 2 és 3 órás id tartamú csapadékok 10 éves visszatérési idej intenzitások értékeiben
Figure 3. Spatial differences of 1, 2 and 3 hour precipitation intensities at 10 year return period

A SZERZ K



VARGA LAURA tudományos segédmunkatárs a Budapesti M szaki és Gazdaságtudományi Egyetem Épít mérnöki karán, a Vízi Közm és Környezetmérnöki Tanszéken. 2016. szeptemberét l pedig PhD hallgatói tanulmányait kezdi meg ugyanitt. F bb kutatási területei a települési csapadékvíz-gazdálkodás és a csapadékvíz-elvezet -hálózatok tervezési módszereinek fejlesztése.

DR. BUZÁS KÁLMÁN címzetes egyetemi tanár, a BME Épít mérnöki Kar, Vízi Közm és Környezetmérnöki Tanszékének nyugalmazott egyetemi docense. PhD értekezése az autópályákról lefolyó csapadékvizek szénhidrogén (TPH és PAH-ok) szennyezettségének a forgalmi

adatokból történ számításával és azok eltávolítási megoldásaival foglalkozott. Oktatási, kutatási és mérnöki tanácsadási munkái els sorban a városi vízi infrastruktúra m kódéséhez, azoknak a környezetre, f ként a befogadó természetes vizekre gyakorolt hatásaihoz kapcsolódtak. Az utóbbi évtizedben a városi hidrinformatika, a csapadék és az egyesített rendszer csatornahálózatok numerikus modellezése területén, és a nemzetközi gyakorlatban bekövetkezett paradigmaváltást követve, a települési csapadékvíz gazdálkodás hazai feltételeinek megteremtésén dolgozik.

DR. HONTI MÁRK tudományos f munkatárs. F bb kutatási területei a vízmin ségi és hidrológiai modellezés, az éghajlatváltozás hatásainak vizsgálata és a matematikai modellek kalibrációja és bizonytalanságvizsgálata.

Köszönt

DR. DOBOS IRMA 90 ÉVES

A Fennállásának századik évfordulójához közeledő Magyar Hidrológiai Társaság kortársa, a hazai hidrogeológia kiemelkedő egyénisége, tisztelt és szeretett kollégánk Dobos Irma eurogeológus, aki magyar geológusként ként nyerte el ezt a rangos szakmai címet. A mindenki által csak Babának becézett vasdiplomás szakember tartalmas életútja során bizonyította, hogy a földtudományok évtizedek, évszázadok során differenciálódott diszciplínái eredményes kutatás érdekében, avatott kézben, újra harmonizálhatók, és a részterületekben elért tudományos eredmények integrálása révén sokkal hatékonyabb munka valósítható meg.

A mai földtudományok szinte mindegyikének a gyökerei a híres és patinás selmecbányai Bányászati Akadémia szellemiségében keresendők, ahonnan sorra megszülettek azok a szakmai egyesületek, amelyek biztosították szakmáink szerves fejlődésének lehetőségeit. Ezek többsége, úgymint a Magyarhoni Földtani Társulat (1848), az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület (1892) és a Magyar Hidrológiai Társaság (1917) egyaránt keretet adtak kollégánk, Baba sikeres szakmai karrierjének. A Földtani Társulatnak 1949-től, a Magyar Hidrológiai Társaságnak 1959-től és az OMBKE-nek 1986 óta tagja. Emellett számos hazai és nemzetközi egyesületnek, többek között a Magyar Balneológiai Egyesületnek, a Magyar Fürdőszövetségnek, a Magyar Orvostörténeti Társaságnak, a Magyar Madár és Természetvédelmi Egyesületnek és az International Commission on the History of Geological Sciences-nek (INHIGEO) is tagjai között szerepel. A Szegedi Egyetemen már 1950-ben bölcsészdoktori címet szerzett, majd néhány éves egyetemi és Magyar Állami Földtani Intézeti kutatómunka után megkezdte szinte töretlen pályafutását a gyakorlati (ipari) geológiai, hidrogeológiai kutatások területén. Kezdetben a Tokodi Mélyfúró Vállalatnál dolgozott, ahol hamarosan fő geológusként (elsőként a magyar geológusok között) irányította a kőszénkutatást, majd 1957-ben kijelölte az ország első kísérleti izotóptermelőjét Budapest mellett a Bécsi úton. Életének jelentős részét fő munkahelyén az 1958-ban alakult Országos Vízkutató- és Fúró Vállalatnál töltötte, amelyet csupán két éves, sikeres kubai expedíció szakított meg. A mintegy 2500 db vízföldtani szakvéleményének egyike a vízbeszerzési céllal telepített Tápé 1. számú mélyfúrás helyének kijelölésére irányult, amelyben 1965-ben hévíz helyett kőolajat tárt fel a fúrás. Ezzel hozzájárult a mai napig szénhidrogént termelő olajmező feltárásához. 1968-tól már fő geológusként több sikeres hazai és export, hideg és hévízkút megvalósításához adta szaktudását. Eljárást dolgozott ki a víz kiválások megelőzésére, amellyel nagyban elősegítette a hévízkutak problémamentes hasznosítását. Tevékenysége kiterjedt az ifjú szakemberek képzésében való aktív részvételre. Oktatott a Budapesti Műszaki, a Semmelweis és az Eötvös Loránd Tudományegyetemen. Tudományos és



tudománytörténeti publikációinak száma közel 500, ami rendkívül magas és tükrözi szerzője szorgalmát és sokoldalúságát egyaránt.

Nagyobb lélegzetű írásai szak- és kézikönyvekben jelentek meg, maradandót alkotva az utókorra. Így a „Gyógyvizek Magyarországon (1975)”, „Geotermia, ásványvizek és hidrogeológia (1985)”, „A Kárpát-medence ásványvizei (2008)”, valamint „A Kárpát-medence ásvány- és gyógyvizei (2013)”, hogy csak néhányat említsünk.

Dr. Dobos Irma eredményes hidrogeológusi munkáját a fentiekben már felsoroltak mellett a szakmai közvélemény és a tudományos közélet több értékes elismeréssel és kitüntetéssel honorálta. Tiszteleti tagja a Magyarhoni Földtani Társulatnak, a Magyar Hidrológiai Társaságnak, emellett több más kitüntetés birtokosa. A legjelentősebbek: „A földtani kutatás kiváló dolgozója, Zsigmondy Vilmos Emléklap, Schafarzik Ferenc emlékérem, Pro Aqua, Pro Geologia Applicata, a Földtani Társulat „Emlékgyűrűje”, az EuroGeol Diploma és cím, „Arany-Gyémánt- és Vasdiploma” a Szegedi Egyetemen, a Schulhof Vilmos és Ödön Emlékelem, Zsigmondy Vilmos Emlékelem és legújabbban a Péch Antal Emlékelem” OMBKE, „Ezüstpohár” kitüntetés FAVA, valamint a Papp Simon Alapítvány Vitális Sándor emlékérmé, továbbá elismerés és köszönő levelek külföldi partnereitől.

Babát 2016. május 12-én a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet dísztermében a Magyarhoni Földtani Társulat és a rokon egyesületek nevében több mint félszáz kollégája és tiszteltje köszöntötte, példát mutatva szeretetteljes, emberséggel és tisztelegve egy tartalmas és sikeres életútért.

Kívánunk jó egészségben eltöltött hosszú éveket és sok-sok örömet a visegrádi, szentgyörgypusztai nyaralóban a kedvenc madarak énekének hallgatása mellett.

Dr. Baksa Csaba
A Magyarhoni Földtani Társulat elnöke

Életutak

Életút beszélgetés Dr. Juhász József professzorral

Beszélget társ Marczell Ferenc, a felvételek 1998. szeptember-október hónapjaiban készültek. Az alábbi szöveg csak részleteket tartalmaz, a teljes videóanyagot az esztergomi Duna Múzeum archívuma rzi.

Budapesten az I. kerületben, a Budaörsi úton születtem 1927-ben. Egy viszonylag rendezett polgári családban n ttem fel. Vitézi címet visel édesapám alkalmazott volt, és a Köztisztvisel k Szövetkezetének beszerzési osztályvezet jeként dolgozott, édesanyám pedig háztartásbeliként munkálkodott férjhezmenetele után. Egy húgom van. Édesapámék hatan voltak fiútestvérek. Két nagybátyám Makón élt, ahonnan mi is származunk, ugyancsak két Cegléden és két testvér pedig Budapesten. Gyerekként végigéltem az addig csak macskaköves Balatoni m út építését, ami technikailag igen tanulságos volt számomra, mert akkor fedték le az utat azokkal a betonlapokkal, amelyeket kés bb az aszfaltozott út alapját is képezték. Az a belpátfalvai cementgyárban kidolgozott módszer szerint kialakított, homokalátébe helyezett betonlapos megoldás sokáig látható is volt a Kanizsára vezető szakaszon. 1937-ben, nagymamám halála után költöztünk Zuglóba, ahol akkor építették ki a vitézi telepet, ma is itt élünk... Középiskolába a Bencésekhez jártam, érettségi után iratkoztam be a M egyetemre. 1950-ben jeles min - sítés oklevelet szereztem.

Egyetemi tanulmányaim utolsó évében jelentkeztem a Magyar Hidrológiai Társaságba. Ett l kezdve rendszeresen látogattam az el adó üléseket. Nemcsak az MHT, hanem a Magyarhoni Földtani Társulat (MFT) rendezvényeit is. Ezek az üléseken sok kiváló szakembert ismerhettem meg, hiszen mindkét egyesületben nagy tudású emberek, kiváló egyéniségek tevékenykedtek. Közük volt például *Vadász Elemér* professzor. Nagyon érdekes volt az öreg, és hihetetlen szorgalmas is, 78 éves korában még könyvet írt. Nagyon tiszteltem t, alaposan ismerte és tudta a földtant. Annak idején a MHT el adásai havonta egyszer – csakúgy, mint a Földtani Társulatáé – a Tudományegyetem, ma Szabó Józsefr l elnevezett termében voltak. Ezekre eljártak, a neves öregurak is, többek között *Vadász Elemér*, *Pávai-Vajna Ferenc*, a fiatalok közül *Szádeczky-Kardoss Elemér*, *Serf Emil*, s itt komoly szakmai viták alakultak. Igen érdekes volt, hogy ezek az emberek komoly élettapasztalattal a hátuk mögött hallgatták a fiatalabbak új eredményeit, s az el adás végén felálltak, s elmondták, hogy ez ezért, az meg azért nem igaz. De nem úgy, mint a mai politikusok, hanem komoly érveket felsorakoztatva. Emlékszem például, amikor *Szádeczky-Kardoss* büszkén bemutatta a Bakony első karsztvíz-térképét, ami az el adóteremben ki is volt téve, s akkor *Vadász* felállt, s rámutatott az egyik pontra mondván, az a



forrás ott karsztvíz forrásként van feltüntetve, de az nem igaz, mert az egy löszalapi agyagból kijövő forrás, az igazi karsztforrás sokkal, vagy 160 méterrel mélyebben található. *Vadász* ezt úgy tudta, az országot úgy ismerte fejb l, hogy az egyszer en fantasztikus. Ma is van egy-két ilyen geológus – pl. *Vitális György*, vagy *Kaszap András*, akiket tisztelek, mert az ország földtani felépítését valóban fejb l ismerik. Ha az ember egy kocsiban utazott velük, bárhol láttunk egy halmot, akkor megmondták ott mi van, milyen feltárás volt húsz évvel ez el tt, s akkor mit mutattak ki, milyen slények voltak benne, szóval az ember elképedt mindezek hallatán, hogy milyen memóriával rendelkeznek, ami azel tt csak a nagy öregekben volt meg. Vagy például a Láng Sanyi, aki geológus volt, hát kavicsról-kavicsra ismerte az országot. Ha az ember elvitt hozzá egy darab kavicsot, megnézte, s mondta, hogy ez innen, meg innen való, vagy épp bárhol található. Ezek a tudósok nagyon komoly értéket jelentettek a szakmának és az országnak...

Áttérve a „vizesek” nagyjaira, Németh Bandi bácsi a bányászoknál indult, s erre nagyon büszke volt, ahányszor beszélgettünk erre mindig kitért... Egyébként nagyon jó hidraulikai meglátásai voltak, amit én csak kés bb értékeltem, mert mint hallgatónak, meg fiatal mérnöknek mindez kevésbé volt érdekes. Amit évtizedekkel kés bb nekem elmondott, az mindig azt mutatta, hogy soha nem a kérdés matematikai megoldásán törte a fejét – bár ebben is első rend volt – hanem mindig a megoldás értelmén, s csak aztán kereste hozzá a matematikát... Ez számomra nagyon szimpatikus hozzáállás volt, s én is igyekeztem aztán ezt a megoldást alkalmazni. A másik professzorom *Szilágyi Gyula* bácsi volt, aki 1946-ban került a tanszék élére. Az akkori kultuszminiszter, akinek

leváltása már a levegőben lógott, miniszteri megkötésének egyik utolsó aktusaként írta alá Gyula bácsi kinevezését, aki neki valahonnan jó ismerős volt. *Szilágyi* nem volt az a klasszikus iskolateremtő professzor egyéniség, de a friss tudománynak számító hidrologiai statisztika bevezetése az nevéhez fűzött. Mi voltunk az első generáció, akiket kipróbáltak ennek oktatását. Az adjunktusa a sokak számára ismert *Bözsöny Dénes* volt, aki sajnos nagyon korán halt meg. Volt az az oktató, aki soha semmit nem bízott a véletlenre. Az 50-es évek elején visszajártam az egyetemre gyakorlatot vezetni, s akkor olyan megoldást alkalmaztak – legalábbis egy darabig – hogy volt egy egyetemi és volt egy ipari szakember, s ketten tartották a gyakorlatokat. Ennek megfelelően én egy évig dolgoztam *Bözsöny Dinivel* egy párban. Bámulatos volt, hogy ezekre a gyakorlati órákra minden számpéldát otthon előre kidolgozott, kipróbált, ellenőrzött, és amit behozott, az mindig maga volt a tökély. Mindig szégyelltem magam mellette, mert nekem normális napi tíz órás munkaidőm volt, tehát úgy mentem be a gyakorlatra, hogy elvélte átnéztem ugyan, hol tart a professzor a tananyagban, átgondoltam, miről kell beszélni, ám szinte soha nem jutottam szóhoz, mert Dénes lehangosan vitte a dolgokat, alig engedett érvényesülni. Aztán rá is szoktam erre, mert nagyon kényelmes volt, a végén már teljesen rábízta az irányítást.

De visszatérve az egyetemi éveimhez, a harmadévig végén, 1948-ban, a nyári szünetben elmentem dolgozni a *Scherf Egyed* vezette Országos Vízgazdálkodási Hivatalba (OVGH) – *Mosonyi Emil* mellé. *Mosonyi* akkoriban váltotta *Szilágyi Gyula* bácsit a tanszék élén, s ajánlotta, menjek az OVGH-ba. *Szesztay Karcsi* évfolyamtársam is ott töltötte ezt a nyarat. A feladatom döntő részben az volt, hogy Emil bácsi lediktált cikkeit és könyvtervezeteit néztem át és javítottam a kisebb hibákat, amire neki nem volt ideje.

Amikor aztán befejeztem a magam egyetemet, akkor több helyre is elmentem, mint például a Bányászati Tervezési Intézetbe, ahol *Harsányi Szabolcs* volt a vízi osztály vezetője. Jellemző módon – hiába volt már diplomám – vagy két órán át kérdeztetett, „vizsgáztatott”, aminek végeztével jóindulatúan megjegyezte, hogy ha gondolom, felvesznek a céghez. Aztán voltam az ÁMTI-nál is, ahol akkoriban *Mátraiék (Mátrai István)* már a Tiszalök részletes terveit készítették... Jól emlékszem rá, hogy 1300.- Ft havi fizetést ígértek (Harsányiék kicsivel többet), míg Emil bácsiék csak 967 forintot tudtak volna fizetni. Apám akkor, – a rendszer által nem kegyeltként – mint segédmunkás dolgozott, tehát az a 3-400 forint bizony sokat hozott volna a konyhára, így elmentem Emil bácsihoz tanácsot kérni, ami a következő volt: - Nézd Jóska, én ebbe nem tudok beleszólni, de azt tudom, hogy igaz, most nálunk kapnád a legkevesebbet, de ha hozzánk jönnél és komolyan dolgoznál, akkor tíz év múlva jobb fizetésed lenne, mint azoknak, akik most ott állnak szolgálatba. Én mondtam ugyan, hogy Emil bácsi, nekem tíz év az nagyon sok, de aztán mégis elfogadtam az ajánlatát.

Így kerültem a KPM XIII. f osztályára (később annak tervezési osztályára), mert addigra megszűnt az OVGH. Itt megismertem az akkori korszak nagy mérnökeit,

Lampl Hugót, vagy a remek gépészt, *Binnyei Istvánt*, aztán *Sikó Attilát*, vagy *Lászlóffy Woldemárt* és másokat, akiket nagyon sokat tanultam. Vagy épp *Kessler Hubert* is említhetem, akinek akkor nem volt állása. Tudvalevő, hogy Hubert volt a háború előtt az Aggteleki barlang igazgatója, s amikor 1938-ban a Felvidék egy része újra magyar fennhatóság alá került, akkor Hubert kibontotta a barlang túoldalát elválasztó határrácsot és egy flintával, valamint nemzetiszín szalaggal átment a csehszlovák oldalra, hogy itt átveszi az igazgatást, és semmiféle rombolást nem enged meg. A háború után ezt nem bocsátották meg neki, pillanatokon belül kirúgták. Emil bácsi mindig szívesen segített a bajba jutott embereken, s felvette *Kessler* mint makettkészítőt. Így aztán készítette a tiszalöki vízlépcső makettjeit. Az egyszer sítétt tervet én adtam át neki, hogy azokról dolgozhasson. Így ismerkedhettem meg vele is. *Kessler* egy nagyon pozitív ember volt, a dolgokban mindig az értelmet, a jót, a hasznosat látta meg, s egyáltalán nem volt oda, hogy most neki ilyen munkát kell végeznie. A f osztályon ott voltak még *Békési János*, *Breinich Miklós*, meg kiváló technikusok, mint *Várszegi Feri*, vagy *Szögecs*, a szakszervezeti ember. Ezek szép idők voltak, a nagy tervezések időszak. Mint fiatalok nagy szabadsággal is rendelkezünk, mert akik idősebb mérnökökként felettünk lettek volna, azok az ÁMTI-ban, MÉLYÉPTERV-ben dolgoztak, vagy éppen a mezőgazdasági vízgazdálkodási vonalon az FM-nél, ill. az öntözések tervezésével voltak elfoglalva a MEVITERV kötetlékében...

A KPM említett f osztályán szervezték meg később a vízrajzi és a tervezési osztályt. Az előbbibe került *Breinich Miki*, mi pedig *Békésivel* a tervezési osztályon találtuk magunkat. Aztán a tervezési osztályt emelték be 1951 májusában a Víztervezési Irodába (a VITI-be). Így viszont megszűnt a KPM felügyelet, és az új f hatóság a Bánya- és Energiaügyi Minisztérium lett.

Az Iroda vezetője 1956-ban *Reisenleitner Pali* bácsi volt, s ahol én dolgoztam ott *Pásztor Géza* volt az osztályvezető – s időközben itt is változások álltak be. Ide került a vízellátási szakterület is, s egy új csoport alakult ki *Kelemen Laci* részvételével. A nagy-m tárgyak vonatkozásában a tervezési feladatok kissé háttérbe szorultak, ami az én közvetlenebb szakterületemhez tartozott, így aztán amikor *Biczók Imre*, a Földmérési és Talajvizsgáló Vállalat (FTI) igazgatója több alkalommal is megpendítette nekem, hogy szeretnének bővíteni a profiljukon, ugyanis mérnökgeológiai osztályuk addig kisebb hidrogeológiai, vízbeszerzési, kútervezési munkákkal foglalkozott, szóval akkor úgy éreztem – alkalmas az idő, hogy hozzájuk átmenjek. Abban az időben az volt az elképzelésem, hogy talán ötévenként érdemes váltani, hogy szakmai területen bővebb tapasztalatot szerezzem az ember, hiszen abban az időben esélyem sem volt arra, hogy vezetői beosztást kaphassak.

1956. május 1-én kerültem az FTI mérnökgeodéziai osztályára, ahol *Tanay Jenő* volt a helyettes vezető. Itt az osztályon belül három szakosztály volt, s az egyiknek én lettem a vezetője. A nagy vízellátó rendszerekkel kapcsolatos kutatási feladatok voltak a szakosztály munkájában a meghatározóak. Tartott mindez az 1956 októberében

kitört forradalomig. A forradalom után átrendeződött a vállalatnál személyi tekintetben és a feladatok vonatkozásában is. Hozzánk került a vállalat korábbi személyzetéből, aztán *Marton Lajos* a Haditechnikai Intézetből, aki nem írta alá a hátsó segítségnyújtó levelet. Volt egy másik „aláírásmegtagadó” is, *Ivánka Pista*, aki addig – ezredesi rendfokozatban – az országos gázvédelmi parancsnok volt, aztán jött *Békési János* is. *Koltay Jóska* ugyancsak nálunk kötött ki, aki az OVF-ből jött és akit *Illés Gyurka* patronált hozzánk. Láthatóan jó társaság gyűlt ott össze, emlékeim szerint soha nem volt probléma, hogy ki honnan jött. Ami a feladatokat illeti, a szakosztályhoz tartozott egy gépkocsira szerelt fűróberendezés is, amellyel hidrogeológiai vizsgálatokat folytattunk, alkalmasint kutakat fűrtünk, s a cég talajmechanikai laboratóriuma mellett kialakítottunk egy geológiai laboratóriumot, amellyel földtani, vagy szilárdtestmechanikai vizsgálatokat tudtunk elvégezni. Mindezek mellett kisebb vízmelegítőket is terveztünk, vagy más mérnökgeológiai feladatokat is elláttunk. Ha például a Dunántúlon egy völgyzárógátat akartak építeni, akkor annak az elvégzését elvégeztük. Évekig dolgoztunk Komló vízellátásának fejlesztésén, de sokat foglalkoztunk a Tettye-forrás tározásának a kérdésével. A Fővárosi Vízmelegítő számára végigkutatottuk a Szentendrei-sziget vízadó rétegeit, amelyekre azóta már kiépültek a vízmelegítő kútjai... Volt még egy különleges feladatunk is, a Néphadsereg rakétatámaszpontjainak vízellátása, ugyanis azok a szovjet automatikák akkor még nem működtek megbízhatóan, ha volt megfelelő kondicionálás. Tehát, ha valahova telepíteni akartak egy bázist, akkor ott gondoskodni kellett a vízellátás feltételeiről...

A cégnél lassan úgy éreztem, hogy tovább kell lépniem, s miután *Stelczer Károly* többször hívott a VITUKI-ba, éltem a lehetőséggel. Nem maradtam azonban sokáig ott, mert amikor a VIZITERV-ből *Kovács György* átment az OVH-ba, akkor ott megüresült az Előzetes Munkálati Osztály. *György István* igazgató szólt nekem, s akkor már a Borsod-Abaúj-Zempléni megyei beruházás elvégzése egy újabb szakaszba lépett. *Kovács „Bobó”* kezdte a hidraulikai kutatási részt, s indult a mérnökgeológiai feltárás is – úgy gondoltam, szép, hasznos, és jó dolog a tudomány, de itt érdekesebb feladatok várnak. *Stelczer* és *György István* megegyeztek a távozásomról, s *Stelczerrel* a kapcsolatomban továbbra is igen normális volt, hiszen külsőként többször is dolgoztam a VITUKI-nál különböző munkákban.

A VIZITERV-nél főbb feladataink a Borsod-Abaúj-Zempléni megyei vízlepcsés rendszerhez kapcsolódtak, s ennek során dolgoztunk először számítógéppel a hidraulikai feladatokon. Ezek a gépek a Nehézipari Minisztérium Markó utcai épületében voltak. Ott volt az egyik első Elliot-803B masina, amelyik még „lámpás” rendszer volt, ennek megfelelően óriási terméket foglalt el. Az előtérben lehetett vele „beszélgetni”, s a programokat lyukszalagon adtuk be. A gép szorgalmasan „24 órázott”, így be volt osztva, mikor melyik cég mennyi időt kap a használatra. Nekünk hónapokon keresztül éjjel 1-2 óra között dolgozott. Az egyik alkalommal derült ki, hogy a Borsod-Abaúj-Zempléni megyei csúcsidőben leengedett víztömeg Nagymaroshoz megint csúcsidőben érkezik, s a leengedett víztömeg Szapnánál kb. fél méteres duzzasztást okoz. Aztán természetesen ellapul... Mindez

nem volt veszélyes, természetesen az adott partokat megfelelő megerősítéssel védeni kellett volna. Tehát nem mondhattuk, hogy mindez katasztrófát okozna. Ezeket a tényeket mindig egyeztetettük a csehszlovák féllel, s nekik is hasonló volt a véleményük.

Az egyeztetés másik területe a hidrogeológiai viszonyok tisztázása volt. Ez nem volt egyszeri feladat, mert az érintett Duna kizárólagos magyar státusa 1919-ben szakadt meg, ezt követően az észlelési adatok egyenértékűek már nem voltak magától értetődőek. Tehát a vízállás-vízhozam idősort egyeztetni kellett, ami számos ok miatt hosszadalmas munka volt. Megállapodtunk, hogy az egyeztetések eredményét a tervezés számára közösen adjuk ki. Ugyancsak közös értékeket kellett kimunkálni a meteorológiai viszonyok tekintetében is.

Egy alkalommal *Dégen Imre* titkárságáról üzenet érkezett, hogy *Dégen* elvtárs találkozik csehszlovák partnereivel – talán *Rohli*eknek hívták, már nem emlékszem – megnézik a dunakiliti építkezést, meg egy-két helyszínt a Szigetközben, s *Melegh Gyuszival* ketten szakértőként mi is legyünk a kíséretében. Találkozás másnap reggel 9-kor Győrben, az Aranycsillag szálloda presszójában. Hát ez nem volt akkoriban egyszeri feladat, ezért megkértük a dunakiliti mérnöki ellenőrt, küldjön értünk kocsit, hogy időben a megbeszélés helyére lehessünk. Akkoriban nem tartottak kocsit a cégnél, hanem túrataxit béreltek, ez olcsóbb volt, tehát ezzel utaztunk. Nem emlékszem már az okokra, de bizony negyed órát késtünk. Biztattuk ugyan menet közben a sofőrt, hogy nyomja jobban a gázpedált, de a Warszawa nem bírt gyorsabban menni. Nagyon be voltunk rezelve, mert ismertük *Dégent*, aki nem tartotta az ilyen lazaságot, s már útközben különböző kifogásokat latolgattunk, hogy fogjuk mentesíteni magunkat... Beérve a presszóba meglepetve láttuk, nincs ott *Dégen*! És senki nincs ott a szleppel... El nem mehettek, mert nélkülünk nem tudtak volna a terepre kijutni. Mit tehetünk mást, mint vártunk! Vártunk vagy húsz percet, aztán gondoltuk, addig míg megérkeznek gyorsan megreggelizünk! Elmúlt majd egy óra, vagy tán több is, amikor megérkezett *Dégen*, lila volt a feje a méregtől, ott volt vele *Breinich Miki* is. Üdvözölt bennünket, nem mentette magát csak közölte, elromlott a kocsija, s most javítja a VIZIG. Egy Csajkával jött – mert mindig ahhoz választotta a kocsit, milyen vendéggel találkozott, ha egy nyugatival, akkor a Mercédészét használta, ha a békétaborból volt valakivel találkozója, akkor a Csajkát. Nos, ez a Csajka most bedöglött. A partner miniszterrel Rajkán volt a találkozó, s a késés nagyon kellemetlen lett volna. Kiszárváratva jött a sofőr, hogy nem tudják a VIZIG-en megjavítani a kocsit, mert a sebválogatóval van valami gond. Mi pedig már régen elküldtük azt a kocsit, amivel jöttünk, s mikor *Dégen* hozzánk fordult: Juhász elvtárs, van kocsijuk? akkor csak széttártuk a kezünket... Miután a VIZIG-nek sem volt használható kocsija, beültünk valamennyien a botladozó Csajkába, amely úgy működött, hogy automatikusan felkapcsolt egy normális sebességfokozatba, aztán minden elzets jelzés nélkül visszament az egyes fokozatba. Ez eléggé zavart utazási tempót jelentett, ami a kocsinak sem tett jót, meg nekünk sem. Eleinte három percenként kapcsolt vissza, aztán már egyre gyakrabban,

úgyhogy a végén meg kellett elégednünk az egyes sebességi fokozat maximumával, azaz kb. 20 km-es sebességgel. Közben rádión utolértük *Erhard Gyurkát*, aki egy Warszawával utazott Dunakilitibe, hogy azonnal jöjjön értünk. Ahogy mentünk Mosonmagyaróváron keresztül mindenki megbámult bennünket, hogy a kicsicsázott elegáns Csajka lépésben megy, benne négy sötét ruhás valaki, meg a gépkocsivezető, s az utasok állandóan hátra-hátra néznek – persze mert várták, mikor éri már utol őket a Warszawa. Mikor kiértünk a városból megjött a felmentő kocsis. Dégen villámgyorsan beszállt az autóba, alig tudtuk követni... Persze ebben a kocsiiban aztán alaposan szorongtunk!

Én annyit embert noszogatni, mint ahogy a sofőr nőtárgatta Dégen – még nem láttam! Percenként rászólt, hogy menjünk gyorsabban, a sofőr pedig ugyanazt válaszolta mindig, ez a kocsis nem tud gyorsabban menni! Közben ahogy rieknek sikerült a budapestiekkel beszélni, hogy azonnal küldjék a feleséget Mercédesszel a határra. A magyar delegáció óriási szerencséjére amikor Dégen a rajkai állomásra értünk, épp akkor nyitották a csehszlovák oldali határsorompót, s jött tárgyalópartnere a kíséretével együtt át a határon. Semmi kérdés nem volt, s addigra odaért már a Mercedes is. Hogy milyen vágat bonyolított le a Pestről Rajkáig, jobb ha nem gondolunk bele! Úgyhogy, amikor a kölcsönös üdvözlések után továbbindultunk Kilitibe, akkor már ebbe a kocsiiba szálltunk be. Persze ekkor még a helyszín egyáltalán nem volt kiépítve, hiszen még csak elvezetéses kutatások zajlottak abban az ártéri erdőben, s a bögölyök és szúnyogok világa uralkodott. Én tudtam, hogy a helyszín miként fog kinézni, de a hivatalosok erre nem voltak felkészülve. Akkoriban még újak voltak Magyarországon azok a fehér nejloningek, Dégenen is egy ilyen volt plusz sötét öltöny. A hőmérséklet pedig vagy 35 fok. Az öreg levette a zakóját. Nem mertem neki szólni, de láttam, hogy néhány perc múlva újra visszavette. Nyilván idő közben tönkrecsápkedték a bögölyök-szúnyogok. Jellemző, hogy nem izgett-mozgott, nem csapkodott, fegyelmezetten tette, hogy rajta él sködjének a helyi rovarok legügyesebbjei. A bemutató nagyon jól sikerült, mindenki meg volt elégedve. Az ebéd a győri VIZIG egy kisebb motoroshajóján volt. Este Győrben, a szálloda különtermében volt a jegyzet könyv aláírása, aminek végigtárgyalása feltűnt nekem sokáig tartott. Erre mi már nem voltunk hivatalosak, ki is küldtek minket a folyosóra. Úgy 11 óra tájban végre sikerült az egyezséget tető alá hozni, s a jegyzet könyv aláírásakor már valamennyien koccinthatunk.

Amikor 1967-ben megalakult a VIKÖZ, akkor *Kertai Ede* azt mondta, miután itt most már a munkák lelassultak – gyakorlatilag le is álltak, *Takács István* (Bizsu) vette át tőlem az osztályt - én pedig a VIZITERV-t átkerültem a VIKÖZ-be főtechnológusnak, oly formában, hogy a vízgazdálkodási kérdések főtechnológusa *Papp István* lett, én pedig első sorban a vízkészlet-gazdálkodási kérdések gazdája lettem. Ekkor került oda *Békési János* is, aki igazgatóhelyettesként a feleségem lett. Éveken keresztül dolgoztunk nagy szorgalommal, s addig nem is volt semmi bajom, míg *Muts dr.* oda nem került igazgatónak. Nekem túl „piroska” volt, s én sem gondolta, hogy egy

ilyen gondolkodású ember, mint amilyen én vagyok, jól együtt tud majd velem ködni... Akkor már többször hívtak a miskolci egyetemre, ahol én felkértél adóként 1958-tól dolgoztam. 1966-ban kineveztek félállásban egyetemi docensnek. Ilyen elzmenyek után 1976-ban felkértek az Egyetemen, adjam be a pályázatomat egy kiírt egyetemi tanári állásra. Miután *Dégent* akkor küldték nyugdíjba, bejelentkeztem az új feleségemhez, *Gergely István*hoz, hogy elmenetelemet pártfogolja. Meglepetésemre két nap múlva fogadott, és belement a távozásomba. Egyetlen egy kérésem volt, hogy ha lehet, ne „nyúljanak utánam”, mert az egyetem erre érzékeny... *Gergely* megígérte mindezt, azzal tetézve, hogy a káderanyagomat csak hetekkel később fogják elküldeni Miskolcra. Ez nagy szerencse volt, mert kinevezésem (1976. július 1.) után az akkori dékán, aki egyébként a 80-as években az MSZMP KB tagja is volt, egy alkalommal elkapott, s mondta: Ha korábban láttam volna a káderanyagodat, akkor bizony nem kerülhetél volna ide hozzánk!

Egyébként az oktatásban már régóta részt vettem, hiszen 1951-ben írtam az első egyetemi jegyzetemet, még hozzá vízérhasznosítás témában, amit *Mosonyi Emil* eladásaira alapozva készítettem el. Volt az, aki erre biztatott, mert később megjelent könyvének megírására akkor még nem volt ideje, s hogy addig is legyen valami a hallgatók kezében, amiből készülni tudnak. Aztán a *Pattantyús*-féle Áramlási gépek tanszéken is egy évig külső gyakorlatvezető, ill. diplomatervező konzulens voltam, aztán az 50-es évek elején több alkalommal tartottam eladást *Mosonyi Emil* helyett, mert Emil bátyánk nagyon elfoglalt volt. Elfordult, hogy kapott egy telefont *Vas Zoltántól*, hogy a Gazdasági Bizottság eltt szerepel a vízért megkérde, s neki ott meg kell jelennie, akkor a titkárnak je hívtott, hogy azonnal menjek és ugorjak be helyette. Ilyenkor kínkeservesen sikerült csak megtudni, hogy hol tartanak a hallgatók az anyagban, milyen téma következik.

A miskolciakkal 1958-ban kerültem először kapcsolatba. Megjelent az FTI-nél egy úr, *Kovács Lajos*, a bányamérnöki kar egyetemi tanára, s – *Vendel Miklós* tanszékvezető kérését tolmácsolva – felkérte, vállaljam el a mérnökgeológia tárgy eladásait a soproni egyetemen. Hogy miért épp Sopronban, annak külön története van! Amikor a Miskolci Egyetem megalakult, akkor még nem volt meg az egyetem épülete, s megkérdezték a Földes Ferenc gimnáziumban kezdte. A bányamérnöki szak pedig Sopronban megkötött. Amikor elkészült az egyetemi épület, akkor az idősebb, nemzetközi hírű professzorok, mint pl. *Vendel Miklós*, vagy *Tárczy-Hornoch Antal* nem voltak hajlandók átköltözni Miskolcra, s jó darabig az oktatói kar Sopronban maradt, s itt rekedt a bányamérnöki kar két felsőbb évfolyama. Aztán a bányamérnök hallgatók első két évfolyama már Miskolcon tanult, míg a felsőbb évfolyamok továbbra is Sopronban. Így én is Sopronban kezdtem az oktatást a negyedéveseknél, azokat oktattam, akik 1959-ben végeztek. 1960 májusában aztán a párt mindenható oktatáspolitikusa, *Orbán László* véget vetett a professzorok különállásának. Sopronban egy értekezleten bejelentette, szeptembertől minden bányamérnök hallgató Miskolcon fogja folytatni tanulmá-

nyait, s azokat a professzorokat, akik nem voltak hajlandók átköltözni, máris nyugdíjazták.

A Miskolci Nehézipari M szaki Egyetemen a VIKÖZ-höz képest a munka alapvetően más volt. A légkör sokkal nyugodtabb. A mérnökgeológia tárgyat akkor már 17 éve oktattam, a hidrogeológiát pedig docensi kinevezésem után, tehát számomra már az is egy régi tárgy volt. Ez a két tárgycsoport jó darabig feladataim nagy részét kitöltötte. Amikor odakerültem már akkor kialakult meggyőződésem volt, hogy Magyarországon a mérnököket földtani tekintetben „nem talpalják meg”. Ma egy mérnök számára a földtan – idegen. Ugyanakkor létesítményeinket bele kell illeszteni a természetbe, tehát nem biztos, hogy az az elv, ami a század első felében uralkodott, pl. a vízterméknél is, hogy nagyra kell építeni, lássék monumentalitása, vagy egy sírhely feltétlenül piramis kell legyen... Ahhoz, hogy a műtárgyak lehet legbelesimuljanak a környezetbe, természetbe, olyan emberek kelljenek, akik értenek a műszaki földtanhoz. Olyan ismeretek kelljenek, amelyekben a földtan klasszikus tudománya és a mérnöki tervezés összeépül, amelyek le tudják „fordítani” a tudományt a mérnöki tervezés számára. Amikor elfogadtam *Vendel Miklós* felkérését, akkor tudatosult bennem, hogy a Miskolci Egyetem az, ahol ezt a tudást közvetíteni lehet a hallgatóknak, mert a Budapesti M egyetemen a geológia tananyaga egyre sorvad és kevésbé hatékony. A mérnökgeológusnak ötvöznie kell magában a természettudós és a mérnök gondolkodásmódját...

Mint említettem, 1949-ben, harmadéves mérnökhallgatóként léptem be a Magyar Hidrológiai Társaságba, s azóta vagyok tagja. Az eltelt évtizedekben nagyon sok tisztséget töltöttem be. 1951-től néhány évig volt a Társaságnak egy Tudományos Bizottsága, amelynek elnöke voltam, olyan, nálam sokkal nagyobb tekintélyű tagok társaságában, mint pl. *Woynarovich Elek*. Hosszabb időn keresztül a Társaság titkára is voltam, de aztán némi „világnézeti” támadások nyomán lemondtam... Akkor *Papp Ferenc* professzor volt a Társaság elnöke, s egy vasárnap délelőtt beállított lakásunkba az öreg, óriási megtiszteltetés volt persze, s próbált kapacitálni, ne tegyem... Nagyon tiszteltem az öreget, s hosszas rábeszélése után tovább vittem az ügyeket, s aztán már nem figyeltem a támadásokra. Azt követően csak a Hidrológiai Közlöny szerkesztőbizottságában vállaltam feladatot évtizedeken keresztül. Aztán *Illés Gyurka* elnöksége idején voltam alelnök, meg társelnök. A fordulat évében, 1990-ben, kellett valaki, aki *Bencsik Béla* után átveszi az elnöki feladatokat, akkor kéznél voltam és megválasztottak.

Sokan azt gondolták, hogy én majd díszelgek el, s mindenki csinálhatja azt, amit eddig. Én másképp gondoltam. A Társaság alapszabályának szerkesztése, hozzáidomítása a mindenkori jogi fejleményekhez hosszú éveken át az én dolgom volt. Ezt a feladatot átadtam *Szigyártó Zoltánnak*, aki ezt nálam is alaposabban látta el, én pedig hozzáfogtam a Társaság átalakításához. Ebben az időben egyre gyorsuló ütemben megszűnt az addigi állami támogatás, a biztos, langyos állami fürdővíz lekidobták bennünket. Megszűntek az állami privilégiumok, amik ugyan semmi jelentőséget nem adtak a Társaságnak, de nem is engedték elpusztulni. Ebben a helyzetben nem volt könnyű fenntartani a Társaságot, s ha arra gondolunk, hogy nagy múltú társaságok, egyesületek elemeire estek szét, akkor nagy teljesítmény volt az életben tartás. Megpróbáltam visszatérni a kezdeti formákhoz, pl. a vezetőség ciklusát az államban szokásos 5 évről 3-ra csökkentettem. Amíg én voltam az elnök a 3 éves ciklusban dolgoztunk. Az utánam következők ezt megemelték 4 évre, szerencsére az „ötéves terv” üteméhez már csak sem ragaszkodtak.

Ennek a Társaságnak addig van jövője, ameddig sokrétű sége megmarad. Ami a tagság korösszetételét illeti, minden hasonló tudományos egyesület korösszetétele megegyezik a miénkkel. Szerintem két generáció ki fog maradni, akik nem lesznek tagok. Akik a 80-as években végeztek, azok közül nehezen lehet tagokat verbuválni, mert azok racionálisabban gondolkodnak annál, minthogy úgy vállaljanak munkát, hogy abból semmi előnyük nem származik. A most végzők talán jobban megtalálhatók lesznek, akiknél az összetartás gazdasági előnyt jelenthet. *(Az interjú 1998-ban készült! A szerk.)* Ki fogják alakítani azt a társasági életet, ami régen volt. Szóval a Társaság fenn fog maradni, de csak akkor, ha nem a „vízügy mészék vállalat”... Ez volt a legnagyobb gondom azokkal az urakkal, akik ebben a kérdésben nagyon keményen mást akartak. Amikor a Társaság az első háború idején alakult (a Magyarhoni Földtani Társulat Hidrológiai Szakosztályaként) akkor a „víz ügye” tartotta össze a tagokat és nem a „vízügy”. Ebben is nagy vitám volt Illés Gyurkával, aki egy időben át akarta nevezetni a Társaságot Magyar Vízgazdálkodási Társaságra. Haragudott is rám érte. Én első sorban nem olyanokkal akarok találkozni a Társaságon belül, akikkel amúgy mindennap találkozom, hanem pl. egy biológussal, aki a halak hasvízkórjáról tart nekem előadást, mert ahhoz én nem értek, de a munkámban fel tudom használni.

Szóval a szakmai sokszínűség eldönti a Társaság jövőjét és a Társaság értelmét!

Nekrológ

Dr. Benedek Pál az MTA doktora, a VITUKI Vízműnység-védelmi Intézetének nyugalmazott igazgatója, a VTK Innosys-tem Kft. alapító tagja, szép és tartalmas életének 92. évében, 2016. július 23-án elhunyt.

Benedek Pál 1924. november 17-én született Mezőtúron. 1947-ben a József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mérnöki és Építészmérnöki Kar Mérnöki osztályán szerzett mérnöki oklevelet. 1947-64. között a Mélyépterv vezető tervezésként dolgozott, majd 1964-től 1984-es nyugdíjba vonulásáig a VITUKI Vízműnység-védelmi F osztályát, illetve Vízműnység-védelmi Intézetét vezette. 1989-ben alapította meg a VITUKI (VTK) Innosystem Kft-t, ahol haláláig a cég elnökeként dolgozott.



A Mélyéptervben az 50-es években tervezett első szennyvíztisztító telepek még a német hagyományokat követve csepegető testekből álltak. Dr. Benedek Pál azonban, a korszerű eleveniszapos elvezető biológiai szennyvíztisztítók alkalmazását javasolta, amelyek tervezéséhez, amerikai szakmai eredményekre támaszkodva tervezési irányelveket dolgozott ki, melyeket hivatalosan is elfogadtak.

1964 elején a VITUKI-ba azzal a feladattal érkezett, hogy teremtesse meg a víz- és szennyvíztisztítási, tehát a víztechnológiai kutatás-fejlesztés alapjait. E feladatot támogatva létesült a pécsi szennyvíztisztító telep területén egy fél üzemi kísérleti berendezés, majd a 80-as években Balatonfüreden a kísérleti szennyvíztisztító telep.

A 60-as évek közepén a Balaton ugrásszerű eutrofizációja óriási kutatási kihívást jelentett a F osztály számára. Dr. Benedek Pál vezetésével olyan kiváló szakemberek kapcsolódtak be ebbe a munkába, mint dr. Felföldy Lajos a szakma elismert biológusa, a fiatal vegyészmérnök, Literáthy Péter és később mások.

A 70-es évek kezdetén a VITUKI-ból kutató központ, a F osztályból Vízműnység-védelmi Intézet lett. Dr. Benedek Pál vezetésével az évtizedet a magyarországi vízműnység szabályozás megalapozása és nemzetközi hírű kutatóhely kialakítása fémjelzte.

A hazai munkásságát kiterjedő nemzetközi szakmai kapcsolatrendszer segítette. A vezetése alatt működő Vízműnység-védelmi Intézet az ágazat nemzetközi kapcsolatainak bölcsje lett. Konferenciák sokaságán tartott előadásokat az eleveniszapos szennyvíztisztítás különböző vonatkozásairól. 1961-ben az új hamburgi szennyvíztisztítót ismertető ATV (Abwassertechnische Vereinigung) konferencián az amerikai Eckenfelder professzorral és Downing angol professzorral együtt kérték fel előadás megtartására. 1965-ben az angliai Harrogate-ben közre-

mködésével alakult meg az IAWPR (International Association of Water Pollution Research), a nemzetközi szennyvízkutatási társaság, melynek Magyarországot képviselő vezető tagjává, majd később tiszteletbeli tagjává választották.

1970-ben Alaszkában, a Fairbanks-i egyetemen, majd San-Franciscóban és Honoluluban az IAWPR konferenciákon tartott előadást. 1987-ig számos nemzetközi konferencián öregsítette a VITUKI és a magyar vízügyi ágazat hírnevét. 1987-ben elnöke az IAWPRC Budapesten megrendezett a „Nagy Szennyvíztisztító Telepek Tervezése és Üzemeltetése” című konferenciájának.

Dr. Benedek Pál osztrák és német kapcsolatai is kiválóak voltak. Szoros, sok évtizedes barátság fűzte a bécsi egyetem két professzorához, W. von der Emde professzorhoz és utódához Helmut Kroiss-hoz. Sok személyes szállal kötődött a németországi egyetemekhez, azok professzoraihoz, melyhez a keretet a Német Szennyvíztechnikai Szövetség (ATV) jelentette. 2008-ig minden évben látogatta az ATV „Essener Tagung” konferenciáit. Ezek kiadványai jelentős mértékben segítettek a magyar szakemberek munkáját, nem csak a szennyvíztisztítás, hanem a hulladékgyártás területén is.

1983-ban a Magyar Tudományos Akadémián sikerrel védte meg akadémiai doktori disszertációját a vízműnység-védelem témakörben. Szakmai munkásságát négy könyv fémjelzi. 2001-ben kitüntették az akkor frissen alapított Reitter Ferenc díjjal. Köszönészávaiban ezt hangsúlyozta:

„... csak arra vagyok büszke, hogy kiváló tudósok, nemzetközi hírű mérnökök és a „zászlót” továbbvivő szakemberek kerültek ki a „csapatomból”...”

Benedek Pál iskolateremtő mérnök és tudós volt. Jelentős szakmai eredmények mellett Dr. Benedek Pál emberiség nagyságát a munkatársaihoz való viszonya koronázta meg.

Minden „kutató” beosztású munkatársától megkövetelte az angol nyelvű tudását, annak elsajátítását és a tudományos fokozat megszerzését. Keze alól került ki számos egyetemi doktor, kandidátus, valamint MTA doktor és akadémikus is.

Szigorúsága, és magas elvárása ellenére közvetlen munkatársai, az intézeti kollegák rajongásig szerették, az ágazatban dolgozó munkatársak pedig szintén tisztelték.

Pali tudása bennünk, azokban él tovább, akiknek a kezébe szakmát adott, akikkel megszerettette ezt az ágazatot, és akiket megtanított a becsületos munka tiszteltetésére. Hiteles és kedves embersége örök példa számunkra. Köszönjük Pali!

Nyugodj békében!

Dr. Major Veronika
a VTK Innosystem ügyvezető igazgatója,
a Hidrológiai Közlöny Szerkesztőbizottságának tagja



MAI PARTNER A HOLNAPÉRT

Társaságunk az 1990-ben alakult szolnoki KEVITERV AKVA KFT-vel egyesülve, jelenleg a legnagyobb Kelet-magyarországi mérnökirodaként tevékenykedik a régióban. Elismert, megbízható tervezői illetve szakértői tevékenységünket munkatársaink sokéves tapasztalata, felkészültsége és folyamatos szakmai továbbképzése szavatolja. Megbízóink elégedettsége számunkra a fejlődés alappillére. Alkalmazottaink létszáma megközelíti az 50 főt, külső szakértőink létszáma pedig a 30 főt. Eredményeink és partnereink létszámának bővülése együttesen igazolják, hogy jó úton haladunk, amit pénzügyi mutatóink is alátámasztanak.

Mindig megújulni képes mérnökszervezetünk magas színvonalú műszaki mérnöki szolgáltatásokkal áll az önkormányzatok, a gazdálkodó szervezetek, a mezőgazdasági és az ipari termelők, a szolgáltató szervezetek és a magánszemélyek rendelkezésére. Minőségpolitikánk és irányítási rendszereink is megkövetelik, hogy szerteágazó tevékenységünk minden eleme megfeleljen az egyre növekvő Megrendelői igényeknek, követelményeknek. Mérnökirodánk 100 %-ban magántulajdonú. Egyes szakmai szervezeti tagságaink:

- Magyar Mérnöki Kamara (kollégáink az MMK Jász-Nagykun-Szolnok megyei szervezetének alapítói)
- Magyar Hidrológiai Társaság (MHT)
- Építési Vállalkozók Országos Szakszövetsége (ÉVOSZ)
- Magyar Szennyvíztechnikai Szövetség (MASZESZ)
- Magyar Társaság a Feltárásnélküli Közműtechnológiáért (HSTT)

Társaságunk legfontosabb tevékenységei:

- ◆ döntéselőkészítő tervek, megvalósíthatósági tanulmányok készítése
- ◆ projektkoordinátori és projektmenedzseri feladatok ellátása
- ◆ ajánlati tervek összeállítása, közbeszerzési dokumentációk elkészítése
- ◆ pályázati, engedélyezési és kiviteli tervek készítése
- ◆ egységes környezethasználati engedélyezések lebonyolítása
- ◆ környezeti hatástanulmányok és NATURA 2000 hatásbecslések készítése
- ◆ műszaki ellenőri és beruházás lebonyolítói feladatok ellátása
- ◆ próbaüzemi dokumentációk összeállítása és próbaüzemek irányítása
- ◆ FIDIC-mérnöki feladatok teljes körű ellátása
- ◆ szakértői, szaktanácsadói feladatok ellátása

Látogasson el honlapunkra: www.aquareateam.hu

Legyen Ön is a Megrendelőnk!



Clean water is a matter of trust.

