

# HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY

HUNGARIAN JOURNAL OF HYDROLOGY



A MAGYAR HIDROLÓGIAI TÁRSASÁG LAPJA • 104. ÉVF. 4. SZÁM • 2024  
JOURNAL OF THE HUNGARIAN HYDROLOGICAL SOCIETY • VOL. 104, ISSUE 4 • 2024



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



## Hidrológiai Közlöny

A Magyar Hidrológiai Társaság lapja  
Megjelenik háromhavonként

### Főszerkesztő

Major Veronika

### Főszerkesztő-helyettes és olvasószerkesztő

Konecsny Károly

### Szakszerkesztő

Ács Éva

### Szerkesztőbizottság elnöke

Szöllősi-Nagy András

### Szerkesztőbizottság tagjai

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

### Kiadó

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



### Indexelik

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

## Tartalomjegyzék

Major Veronika: Előszó ..... 3

### TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

Nyiri Gábor, Szűcs Péter: Elérési idő új típusú meghatározása parti szűrésű rendszerekben működő vízkivételi műveknél ..... 4

Szalma Elemér: A Tisza-tó vízínövény társulásainak és élőhely-típusainak vegetáció térképe, hínártársulások dinamikájának alakulása ..... 18

László Elemér, Leelőssy Ádám, Hajnal Andor, Baksa Máttyás, Palcsu László: A trícium szerepe és viselkedése a légkörben és a csapadékban: természetes és antropogén hatások ..... 31

Fogarassy-Pummer Tímea, Markos Gábor, Vári Zoltán, Mekker Julianna, Szabó Zsóka, Bauer Márton, Gál Nóra Edit, Kun Éva, Jordánné Szűcs Andrea, Szöcs Teodóra, Fancsik Tamás, Püspöki Zoltán: A Duna–Tisza-köze negyedidőszaki képződményei mágneses szuszeptibilitás és karotázis korrelációs vizsgálatok alapján ..... 43

### FÓRUM

Tamás János, Nagy Attila, Kiss Nikolett Éva: Területi és települési vízgazdálkodás integrációs feladatainak áttekintése a Tisza-Körös völgyi Együttműködő Vízgazdálkodási Rendszer (TIKEVIR) hatásterületén ..... 63

Nagy Boldizsár: Visszhang ..... 68

### TÖRTÉNELMI PILLANATKÉP

Szlávik Lajos: 50 éve volt a Fehér- és a Fekete-Körös rendkívüli árvize ..... 73

### ESEMÉNYEK

Major Veronika: A Magyar Hidrológiai Társaság XLI. Országos Vándorgyűlése ..... 85

### NEKROLÓG

Solti Dezső – Szlávik Lajos megemlékezés ..... 88

Címlapkép: Gönyű, 2024. 09. 16. (Fotó: Romet Róbert OVF)



## Hungarian Journal of Hydrology

Journal of the Hungarian Hydrological Society  
Published quarterly

### Editor-in-Chief

Veronika MAJOR

### Deputy Editor-in-Chief and Copy Editor

Károly KONECSNY

### Assistant Editor

Éva ÁCS

### Editorial Board Chairman

András SZÖLLŐSI-NAGY

### Editorial Board Members

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

### Publisher

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



### Indexed in

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

### Contents

Veronika MAJOR: Foreword ..... 3

### SCIENTIFIC PAPERS

Gábor NYIRI, Péter SZŰCS: A new type of determination of transit time for water extraction structures operating in riverbank filtration systems ..... 4

Elemér SZALMA: Vegetation map of the aquatic plant associations and habitat types of Lake Tisza, regularities of the dynamics of water plants associations ..... 18

Elemér LÁSZLÓ, Ádám LEELŐSSY, Andor HAJNAL, Mátyás BAKSA, László PALCSU: The role and behaviour of tritium in the atmosphere and precipitation: natural and anthropogenic impacts ..... 31

Tímea FOGARASSY-PUMMER, Gábor MARKOS, Zoltán VÁRI, Julianna MEKKER, Zsóka SZABÓ, Márton BAUER, Nóra Edit GÁL, Éva KUN, Andrea JORDÁNNÉ SZŰCS, Teodóra SZŐCS, Tamás FANCSIK, Zoltán PÜSPÖKI: Quaternary formations of the Danube–Tisza Interfluve based on magnetic susceptibility and wireline log-correlations ..... 43

### FORUM

János TAMÁS, Attila NAGY, Nikolett Éva KISS: Review of integration tasks in regional and urban water management within the impact area of the Tisza–Körös Valley Cooperative Water Management System (TIKEVIR) ..... 63

Boldizsár NAGY: Rejoinder ..... 68

### HISTORICAL SNAPSHOT

Lajos SZLÁVIK: 50 years ago, there was the extraordinary flood of the Fehér- and Fekete-Körös rivers ..... 73

### EVENTS

Veronika MAJOR: The XLI. Annual National Conference of Hungarian Hydrological Society ..... 85

### OBITUARY

Dezső SOLTI – Commemoration by Lajos SZLÁVIK ..... 88

## Előszó



Címlapunk a 2024 szeptemberi árvíz emlékét idézi. A vízügyi ágazat példás összefogással, kitűnő szervezettséggel vette fel a harcot a Borisz névre keresztelt ciklon hatására kialakult árhullámokkal. A pontos előrejelzéssel támogatott védekezést példaszerű

kommunikáció kísérte. Tisztelet és hála a védekezésben részt vett szakembereknek!

A Hidrológiai Közöny 104. évfolyamának (2024) 4. számában hiánypótló szakmai közleményeket, izgalmas szakmai vitát mutat be és felidézük az 50 évvel ezelőtti Körösi árvíz eseményeit is.

*Nyiri Gábor és Szűcs Péter* az „Elérési idő új típusú meghatározása parti szűrésű rendszerekben működő vízkivételi műveknél” című közleményükben a hazai ivóvízellátás egyik fontos pillérével, a parti szűrésű rendszerekkel foglalkoznak. A hidrodinamikai modellezés eszközként használva vizsgálják a parti szűrésű rendszerek egyik fontos paraméterét, az elérési időt.

Hiánypótló, alapvető munka a Tisza-tó ökológiája kapcsán a hínárközösségek tipizálása, dinamikája, az élőhelykategorizálás- és a térképezés, mely *Szalma Elemér* „A Tisza-tó vízínövény társulásainak és élőhely-típusainak vegetáció térképe, hínártársulások dinamikájának törvényszerűségei” című közleményében olvasható. A tájékológiai szemlélet megjelenítésének kiváló példája a publikáció, hisz az abiotikus és biotikus adottságok, térbeli mintázatok okszerű, bizonyított összekapcsolását látjuk.

A trícium jelentősége különösen nőtt az utóbbi évtizedekben, mivel egyre szélesebb körben alkalmazzák a légköri folyamatok, a felszín és a légkör közötti kölcsönhatások kutatásában. A hidrológiai és a meteorológiai modellezésnél, a vízkészletek fenntartható kezelésénél, valamint a klímaváltozás hatásainak vizsgálatánál alkalmazható módszert mutat be *László Elemér, Leelőssy Ádám, Hajnal Andor, Baksa Mátyás és Palcsu László* „A trícium szerepe és viselkedése a légkörben és a csapadékban: természetes és antropogén hatások” című közleménye.

Nagy felbontású rétegtani tagolás és ezt megalapozó mélyfúrás geofizikai adatrendszer hiányában a Duna–Tisza-köze területére vonatkozó vízföldtani modellezések kényszerűen egyszerű földtani alapra épülnek. Ezért hiánypótló mű *Fogarassy-Pummer Tímea, Markos Gábor, Vári Zoltán, Mekker Julianna, Szabó Zsóka, Bauer Márton, Gál Nóra Edit, Kun Éva, Szűcs Andrea, Szőcs Teodóra, Fancsik Tamás és Püspöki Zoltán* „A Duna–Tisza-köze negyedidőszaki képződményei mágneses szuszceptibilitás és karotázs korrelációs vizsgálatok alapján” című közleménye. A szerzők 593 közelmúltban digitalizált mélyfúrás karotázs korrelációjára alapozva

mutatják be a térség negyedidőszaki rétegsorát. Az üledékföldtani egységek korát a terület magfúrásainak mágneses szuszceptibilitás adatokra épülő, közelmúltban publikált rétegtani beosztására alapozva adják meg.

A FÓRUM rovatunk első közleménye *Tamás János, Nagy Attila és Kiss Nikolett Éva* „Területi és települési vízgazdálkodás integrációs feladatainak áttekintése a Tisza-Körös völgyi Együttműködő Vízgazdálkodási Rendszer (TIKEVIR) hatásterületén”. 2024 márciusában került megrendezésre az ENSZ Víz Világnapjához kapcsolódóan a Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karán, a „Területi és települési vízgazdálkodás integrációs feladatainak áttekintése a Tisza-Körös völgyi Együttműködő Vízgazdálkodási Rendszer (TIKEVIR) hatásterületén” elnevezésű konferencia, mely során a résztvevők a TIKEVIR hatásterületére vonatkozóan, a területi és települési integrált vízgazdálkodást magában foglaló deklarációs anyagot készítették.

A FÓRUM rovat betölti igazi szerepét is, mivel teret ad a vitának. Ne feledjük, a konstruktív vita a szakma javára szolgál! A 2024/3 kötetünk e rovatában mutattuk be *Nagy Boldizsár* „Bős-Nagymaros: nemzetközi jog, politika, környezetvédelem” című könyvét, melyre *Zsuffa István, Szöllösi-Nagy András és Bogárdi János* „Megszólalunk, mert megszólítottunk – Reflexiók Nagy Boldizsár könyvére” című írásukban reagáltak. Jelen kötetünkben Nagy Boldizsár válaszát mutatjuk be, melyet a Reflexiókra adott.

TÖRTÉNELMI PILLANATKÉP rovatunkban a napjainkban is sok tanulsággal bíró Fehér- és a Fekete-Körös 1974-es árvizeit mutatja be *Szlávik Lajos* „50 éve volt a Fehér és a Fekete-Körös rendkívüli árvize” című dolgozata.

ESEMÉNYEK rovat a Magyar Hidrológiai Társaság Szolnokon tartott XLI. Országos Vándorgyűléséről számol be.

NEKROLÓG rovatunkban Solti Dezsőtől, okleveles mérnöktől, címzetes egyetemi docenstől búcsúzunk, aki a vízgazdálkodás területén végzett csaknem hat évtizedes munkásságáért, társadalmi tevékenységéért, életművének elismeréseként 2022-ben az MHT Tiszteleti tagja kitüntetésben részesült.

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

A Hidrológiai Közöny 2024-ben külön kötetben jelentette első angol nyelvű számát. A 2025-ben kiadásra kerülő angol kötetünkhöz is várjuk a magyar nyelvű dolgozatokhoz hasonlóan magas tudományos színvonalú angol nyelvű közleményeket! Az angol nyelvű kéziratokra vonatkozó közlési útmutató letölthető: <https://tinyurl.com/5c32k7br>. Good luck!

*Dr. Major Veronika*  
a Hidrológiai Közöny főszerkesztője

## Elérési idő új típusú meghatározása parti szűrésű rendszerekben működő vízkivételi műveknél

Nyiri Gábor<sup>1</sup>, Szűcs Péter<sup>2</sup>

<sup>1</sup> tudományos munkatárs, Miskolci Egyetem, Műszaki Föld- és Környezettudományi Kar, 3515 Miskolc, Egyetemváros (e-mail: gabor.nyiri1@uni-miskolc.hu)

<sup>2</sup> egyetemi tanár, az MTA levelező tagja, Miskolci Egyetem, Műszaki Föld- és Környezettudományi Kar, 3515 Miskolc, Egyetemváros (e-mail: peter.szucs@uni-miskolc.hu)

DOI:10.59258/hk.17595



### Kivonat

Tanulmányunkban a parti szűrésű vízbázisok vizsgálatával foglalkozunk. Kutatásunk tárgya az elérési idő, amely megmutatja, hogy a folyótól mennyi idő alatt ér el a termelőkhöz a víz. Ezen érték meghatározására sokféle módszer ismert az izotóphidrológiai vizsgálatoktól a numerikus modellezésig. A parti szűrésű rendszerek hidraulikájának nagyfokú változékonysága, valamint a kútkialakítás sajátosságai miatt ezen érték meghatározása nem magától értetődő. Kutatásunk során a numerikus modellezés eszköztárát használtuk. A Modflow, valamint a Modpath programok segítségével vízrészecskék elérési idejét, valamint azok eloszlását határoztuk meg. Permanens és tranziens modell segítségével vizsgáltuk továbbá azt, hogy a kútkialakítás, a termelt hozam változása, valamint egy ár hullám (azaz emelkedő folyóvízszint) milyen módon változtatja ezen elérési idő eloszlás görbéket. Az eloszlások jellemző értékeinek (minimum, medián) változását is nyomon követtük. Elmondható, hogy ezen eloszlási görbék használatával pontosabb képet kaphatunk az elérési idő értékéről, amely hatással lehet a parti szűrés tisztítási határfokának megbízhatóbb meghatározására is.

### Kulcsszavak

Parti szűrés, elérési idő, csápos kút, galéria, Modflow, Modpath.

## A new type of determination of transit time for water extraction structures operating in riverbank filtration systems

### Abstract

In our study, we deal with the examination of riverbed filtered (RBF) water bases. The subject of our research is the transit time, which shows how long it takes for the water to reach the production well from the river. Various methods are known for determining this value, from isotope hydrogeological studies to numerical modeling. The determination of this value is not self-evident due to the high degree of variability of the hydraulics of RBF systems, as well as the peculiarities of the well design. During our research, we used the tool of numerical modeling. Using the Modflow and Modpath programs, we determined the transit time of water particles and their distribution. With the help of a permanent and transient model, we also investigated how well design, changes in flowrate, and a flood influence these transit time distribution curves. We also monitored the changes in the characteristic values (minimum, median) of the distributions. It can be said that by using these distribution curves, we can get a more accurate picture of the value of the transit time, which can have an impact on the more precise determination of the cleaning efficiency of the RBF.

### Keywords

Riverbank filtration, transit time, horizontal collector well, gallery, Modflow, Modpath.

### BEVEZETÉS

A parti szűrésű rendszerek olyan hidrogeológiai adottságokkal rendelkeznek, amelyek alkalmasak nagy mennyiségű és jó minőségű ivóvíz kitermelésére. A folyamat során a felszíni víz közelében telepített vízbeszűrő műtárgyak (aknakút, csőkút, csápos kút, galéria) segítségével vizet termelünk, amely során depressziós tér alakul ki a kutak környezetében (Rózsa 2000). Ennek eredményeképpen a műtárgy környezetében a hidraulikus gradiens is változik, amelynek hatására szivárgás indul meg a folyó és a háttér felől (Kármán 2013). Ha a meder és a vízáradó közötti hidraulikai kapcsolat megfelelő, akkor a folyó felől nagyobb arányban (több mint 50%-ban) történik az utánpótlódás, ekkor beszélhetünk parti szűrésről (Ray és társai 2003, 123/1997 (VII.18.) Korm. rendelet). A nagy vízmennyiség mellett a parti szűrés sajátosságainak köszönhetően gyakran a termelt víz minősége ivóvíz haszno-

sításra is megfelelő, hiszen a parti szűrés folyamata során a folyóból beszivárgó víz a termelőkhöz elérve a különböző biológiai, kémiai és fizikai folyamatoknak köszönhetően akár ivóvíz minőségűre tisztulhat (Hiscock és Grischek 2002).

A parti szűrés jelentőségét mutatja, hogy ivóvízellátásunk nagyjából 35-40%-ban támaszkodik ilyen típusú vízbázisokra Magyarországon. Az ilyen típusú vízbázisok főbb vízkivételi műtárgyai között említhetjük a kutakat, a galériákat, valamint a csápos kutakat (Hu és társai 2016, Maeng és Lee 2019). Ezen műtárgyak megfelelő eszközök arra, hogy a parti szűrésű vízáradókra jellemző, viszonylag vékony, de jó hidraulikai adottságokkal rendelkező vízáradókból nagy mennyiségű vizet termeljenek. Fontos azonban ismerni ezen vízkivételi művek műszaki paramétereit és hidraulikai viszonyait. Az üzemszerűen működő műtárgyakat érintő hidraulikai vizsgálatok nehézkesen kivi-

telezhetőek, viszont a kút környezetében kialakuló áramlási viszonyok a mai modern számítástechnikai eszközökkel jól modellezhetőek. Munkánkban a numerikus modellezés eszközt használva a parti szűrésre jellemző egyik fontos paramétert, az elérési időt vizsgáljuk. A parti szűrés hidrogeológiai körülményei (folyó vízszintjének változása, kútkialakítás, termelt hozam változása stb.) ezt a paramétert erősen változóképpé teszik.

Munkánkban az elérési idő különböző megközelítési módjaira próbálunk rávilágítani és megmutatni, hogy hol tudjuk ezen ismereteket a gyakorlatban alkalmazni. Kutatásunk során vizsgáljuk a termelt hozam, valamint a folyó vízállásának elérési időre gyakorolt hatását. Számításaink, habár elsősorban elméleti jellegűek, a gyakorlat és az üzemelettők számára fontos kutatási irányokat adhatnak.

### ALKALMAZOTT MÓDSZER

A vízföldtani kutatások egyik leggyakrabban alkalmazott eszköze a véges differencia módszer. A módszer sajátossága, hogy a vizsgált térrészt egy rácshálóval osztjuk fel, és a rácsháló elemeiben számítjuk a vízforgalmat. Az elemek egymáshoz hézagmentesen csatlakozó téglalastestek. A téglalastestek között a Darcy-egyenlet, valamint a kontinuitási egyenlet segítségével számítjuk a hidraulikus emelkedési magasságot és a Darcy-fluxust. Minden egyes elemre összegezzük a vízmérleg-elemeit, majd összegezve a vízmérleg-elemeket meghatározzuk a modellezett tér vízforgalmát (Kovács 2004). Munkánk során a Groundwater Modeling System (GMS) modellezési környezetet használtuk, amely alkalmazza a Modflow programot. A kutak, valamint a galériák hidrodinamikai szimulációja a Modflow környezetben rutinszerűnek mondható. A csápos kutak esetében a nehézséget a vízszintesen, sugarasan elhelyezkedő szűrőcsövek okozzák. A Modflow Revised Multi-Node Well (MNW2) modulja többek között vízszintesen, vagy ferdén fűrt kutak modellezésére lett kifejlesztve. Az MNW2 csomag használatakor a felhasználó a kút karakterisztikáját, geometriáját könnyebben tudja meghatározni (Konikow és társai 2009).

Habár ezen modul a vízszintesen, illetve ferdén fűrt kutak hidraulikai modellezésére lett kifejlesztve, a korábbi tanulmányainkban bemutattuk, hogy igen hatékony csápos kutak hidraulikai modellezésére is (Nyiri és társai 2019, Székely és társai 2021).

Az elérési idő vizsgálatához, a Modpath programot alkalmaztuk, amely egy olyan széles körben alkalmazott részecskekövető program, amely a Modflow programmal együtt használható (Pollock 2016). A program segítségével követni tudjuk az advektív transzportfolyamatot, a vízrészecske útvonalát, és megfelelő eszköz arra, hogy meghatározzuk, egy adott vízrészecske az áramlási pálya mentén mennyi idő alatt ér el a folyótól a termelőkhöz. Fontos megemlíteni a módszer azon korlátját, hogy ebben az esetben a víz diffúzióval és diszperzióval történő keveredését figyelmen kívül hagyjuk. Ezen elhanyagolás véleményünk szerint nem okozhat nagy eltérést, azonban ennek a kérdésnek pontosabb vizsgálata jövőbeli feladataink tárgyát képezi majd.

Munkánkban a kúttól indított vízrészecskéket az áramlással ellentétes irányban követtük, így meghatározva az elérési idő értékét (Molson és Frind 2012). A kúttól indított vízrészecske elérési idejének meghatározásakor csak azon vízrészecskéket vettük számításba, amelyek a folyóból származnak.

### AZ ELÉRÉSI IDŐ VIZSGÁLATA PERMANENS ESETBEN

Parti szűrésű rendszerek esetében elérési időnek azt az időtartamot értjük, ami alatt a folyóból a termelőkhöz a víz eljut. Az elérési idő meghatározásának számos módja ismert.

Ismertek azok a módszerek, amelyek a víz valamilyen kémiai, vagy fizikai tulajdonságának vizsgálata alapján történnek, és valamilyen terepi méréshez, illetve vízmintavételi tevékenységhez kötődnek. Ezek esetében fontos, hogy olyan paramétert válasszunk, amely nem, vagy csak kismértékben változik az idő alatt, amíg a víz a termelőkhöz eljut. Ilyen módszer például a hőmérsékleten alapuló vizsgálat. Ennek lényege, hogy a folyó hőmérsékletváltozásában megjelenő maximumokat, illetve minimumokat megpróbáljuk detektálni a termelt víz hőmérséklet idősorában. Az idősorok szélsőértékeinek időkülönbségéből becslést tudunk adni az elérési idő értékére (Nagy-Kovács és társai 2019, Hoehn és Cirpka 2006).

Az elérési idő meghatározásánál a hőmérséklet mellett a különböző kémiai paraméterek, különösen a stabil izotópok vizsgálata kaphat nagy hangsúlyt. A különböző környezeti izotópok alkalmasak lehetnek arra, hogy meghatározzuk a parti szűrésű víz folyóból származó hánnyát, valamint az elérési időt (Kármán és társai 2014, Duy és társai 2019, Frei és Gilfedder 2021). A fent említett módszerek jellemzője, hogy egy jól behatárolható időtartományt – adott esetben egy pontos nap értéket – adnak meg. Ezen módszereket viszont nagyban befolyásolhatja a mintavételi időköz. Jellemzőjük továbbá a hőmérséklet vizsgálatához hasonlóan, hogy főként az adott kémiai vagy fizikai változások szélsőértékeinek időbeli eltolódását vizsgálja.

Ezen módszerek mellett természetesen megjelenik a számítógépes modellezés, amely egy jól kalibrált modell esetén ugyancsak jó becslést képes adni az elérési idő értékére. Korábbi munkánkban (Nyiri és társai 2022) már ismertettünk egy olyan számítási módszert csápos kutakra alkalmazva, amely a kitermelt hozammal súlyozza az elérési idő értékét. Ahhoz, hogy egy jellemző paramétert kapjunk az elérési idő, vagy más megközelítéssel élve a tartózkodási idő értékére, figyelembe vehetjük az adott cellából kitermelt hozamot is, vagyis meghatározható az adott cella vízforgalma. A vízforgalom meghatározása mellett vízrészecskéket is tudunk indítani az adott cellából a tartózkodási idő meghatározásához. A Modpath program lehetőséget biztosít arra, hogy a cella közepéből a csáp közvetlen környezetéből indítsunk vízrészecskét, így a cella által termelt hozamhoz egy tartózkodási idő adat is tartozhat. Ha tudjuk az egyes cellákból kitermelt hozamot, akkor megtehetjük azt, hogy a cellákhoz tartozó tartózkodási időt ezzel a hozammal súlyozzuk. Ezáltal megkaphatjuk a kútakból termelt kevert víz hozammal súlyozott

átlagos elérési idejét. Az alkalmazott módszer matematikai leírását az alábbi összefüggés adja meg:

$$T_{\text{átl}} = \frac{\sum q_{i,j} t_{i,j}}{\sum q_{i,j}} \text{ [nap]} \quad (1)$$

ahol,

$T_{\text{átl}}$ : átlagos elérési idő [nap],

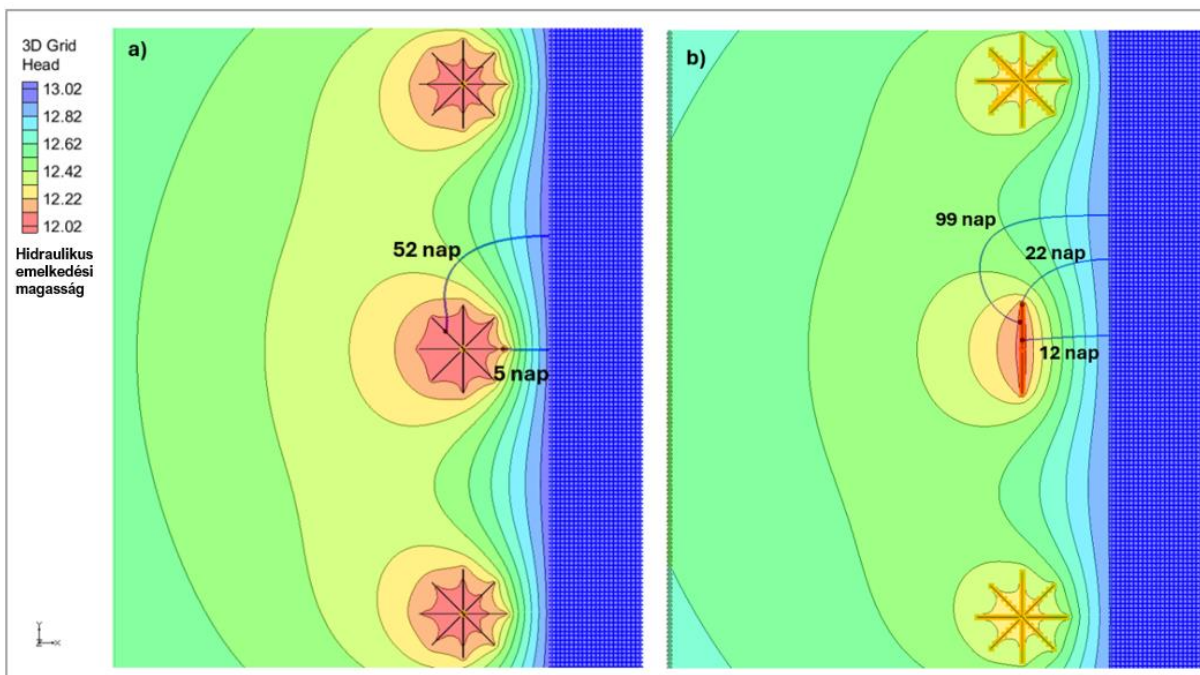
$q_{i,j}$ :  $i$ -edik csáp  $j$ -edik cellájának hozama,

$t_{i,j}$ :  $i$ -edik csáp  $j$ -edik cellájához tartozó tartózkodási idő [nap].

Az átlagos tartózkodási idő meghatározásának természetesen vannak korlátjai. A modellfelépítés szempontjából az egyik kritérium az, hogy a modell rácshálójának felosztása megfelelő finomságú legyen. Ez előrevetíti azt a legnagyobb korlátot, hogy nagy kiterjedésű, nagy cellamérettel rendelkező modelleknél a nem kellően finom felbontás

miatt az átlagos tartózkodási idő értékét nem tudjuk megfelelő pontossággal számítani (Nyiri és társai 2022).

Ha a modellezés eszközt használjuk, akkor a részecskövetés egyik fontos lépése, hogy eldöntsük, hogy a vizsgálni kívánt vízrészecskét honnan indítsuk. Különösen fontos kérdés ez csápos kutak esetében, ahol is a csápok különböző irányban, hosszban és magasságban történő kihajtása miatt a szűrőfelület vízszintesen orientált, több irányban kinyúló hengerpaláttal közelíthető. Ebből adódóan egy adott időpillanatban a folyóból a vízáadó rétegbe belépő vízrészecskék más-más időpontban érik el a csápot. Lesz olyan vízrészecske, ami hamar odaér a csáphoz, és lesz olyan, ami hosszabb időt tölt a vízáadó rétegben. Ezt a jelenséget szemlélteti az 1. ábra, amelyen látható, hogy a különböző vízrészecskékhez tartozó elérési idő értékek egy nagyságrendbeli különbséget is mutathatnak.



1. ábra. Különböző elérési idővel jellemezhető vízrészecskék csápos kút (a) és galéria (b) esetében. A színskála a hidraulikus emelkedési magasság eloszlását, míg a kék áramvonalak a vízrészecske útvonalát mutatják

Figure 1. Water particles characterized by different transit times in the case of horizontal collector well (a) and gallery (b). The colour scale shows the hydraulic head distribution, while the blue streamlines show the path of the water particle

Egy adott víztermelő műtárgy tervezésénél cél lehet az, hogy a kút kis mértékben, vagy egyáltalán ne termeljen a háttérből, viszont meglegyen a folyótól való megfelelő távolság annak érdekében, hogy a parti szűrésre jellemző vízminőségi változások a megfelelő idejű elérési idő megtartásával végbe menjenek. Elmondható, hogy alacsony elérési idő esetén a tisztítási hatások lecsökken, míg túl magas elérési idő esetén a kialakuló redox körülmények miatt vízkémiai probléma adódhat a termelt vízben (Schijven és társai 2002, Teng és társai 2018). Mindezen okok miatt fontos, hogy lehetőleg pontos képet kapjunk az elérési idő értékéről. Ennek érdekében az általunk vizsgált kúttípusok esetében nem egy, hanem a kutakat definiáló cellánként 125 db vízrészecskét indítottunk és az elérési idő értéket valószínűségi változóként kezeltük. Minden egyes vízrészecskére meghatároztuk az elérési idő értékét, és meghatároztuk azok eloszlását. Ennek eredményeképpen egy

kúthoz egy elérési idő eloszlást kaptunk, amely megmutatja, hogy az adott „korú” víz milyen arányt képvisel a termelt vízben. Mindegyik esetben csak azon vízrészecskék elérési idejének eloszlását számítottuk ki, amelyek a folyóból származtak. Ezt a módszert alkalmazva három parti szűrésű rendszerben alkalmazott kúttípust vizsgáltunk, egy hagyományos függőleges kutat, egy galériát, illetve egy csápos kutat. A célunk ezzel az volt, hogy összehasonlítsuk a különböző műtárgyakhoz tartozó elérési idő eloszlásokat eltérő hozamok esetében.

#### A permanens modell felépítése

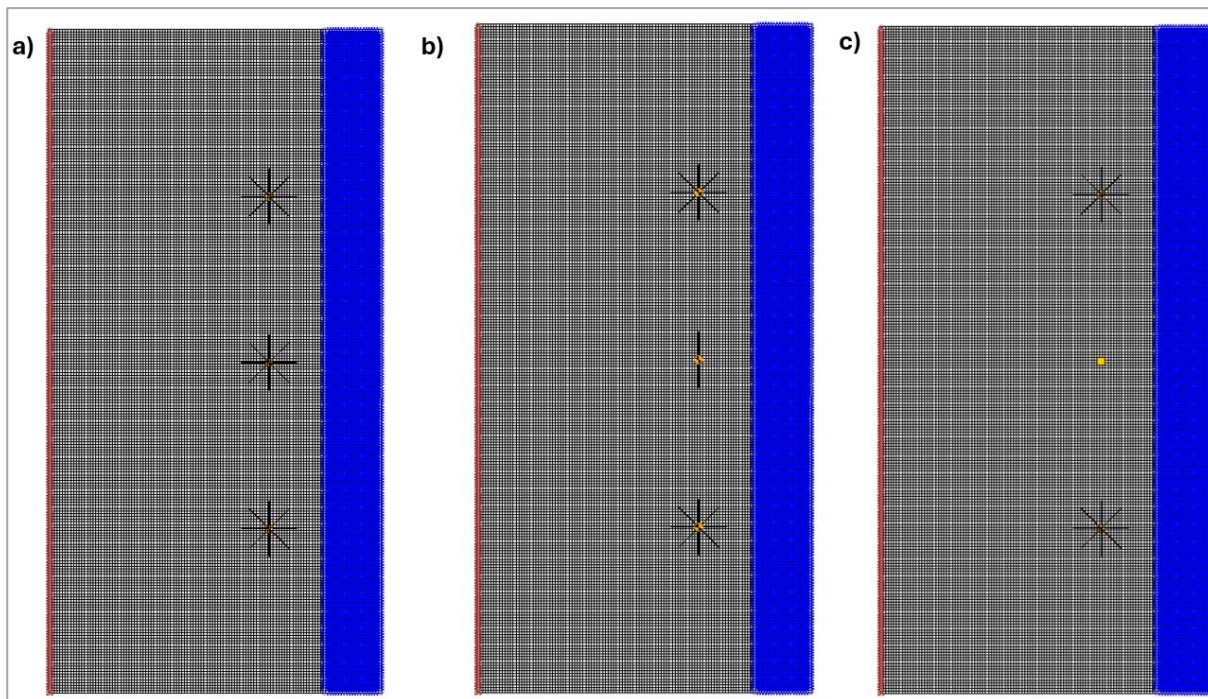
A számításokhoz használt modell felépítését jellemzi, hogy a modellterület szélessége 600 m, hosszúsága 1200 m, vastagsága 15 m. A cellák mérete 5 m x 5 m. A modell keleti oldalán egy folyó adta a határt, míg a nyugati oldalon GHB – General Head Boundary (általános nyomás-szintű határ) típusú peremfeltételt adtunk meg. Az északi

és déli perem vízáró. A parti szűrésű rendszerekre jellemző, hogy nem egy darab műtárgy biztosítja a vízkivételt, hanem egy kútsor. Ennek megfelelően három víztermelő műtárgyat építettünk be a modellbe annak érdekében, hogy ez a körülmény teljesüljön. A modellterületen mindegyik esetben két csápos kút között egy harmadik víztermelő műtárgy található, amelyre vizsgálatunk irányul. Fontos megjegyezni, hogy vizsgálatunk a két szélső kutat nem érinti, azok szerepe csupán annyi, hogy a középső, vizsgált kutat egy kútsor részeként tudjuk tekinteni. A modellben szereplő csápos kút 8 darab 50 m hosszú és 0,15 m sugarú csáppal rendelkezik. A vizsgált galéria 100 m

hosszú és 0,15 m sugarú, míg a vizsgált csőkút 5 m hosszban szűrőzött a vízadó rétegben. Jellemző továbbá a modellre, hogy a modell a Kelet-Nyugat irányú középvonalra szimmetrikus. Mindhárom vizsgált műtárgy hozamát változtattuk a számítás során, amely 2000, 3000, 4000, és 5000 m<sup>3</sup>/nap értékűnek választottunk. A modellek steady state, vagyis időben állandó állapotot mutatnak. A modellezett terület homogén, izotróp, amelynek főbb szivárgás-hidraulikai paramétereit – szivárgási tényező, vertikális és horizontális anizotrópia, mederkapcsolati hatásfok ( $C_{riv}$ ) – az 1. táblázat mutatja. A modell rácshálóját, valamint a víztermelő műtárgyak elhelyezését a 2. ábra mutatja.

1. táblázat. A modellben alkalmazott főbb paraméterek  
Table 1. Main parameters applied in the model

Paraméter	Érték
Horizontális szivárgási tényező (m/d)	160
Vertikális anizotrópia (Kh/Kv)	1
Horizontális anizotrópia (-)	1
$C_{riv}$ ([m <sup>2</sup> /d]/m <sup>2</sup> )	170



2. ábra. Az alkalmazott rácsháló és a víztermelő műtárgyak elhelyezkedése (a) csápos kút, (b) galéria, (c) kút  
Figure 2. The location of the water-producing structures in the grid (a) horizontal collector well, (b) gallery, (c) well

### A permanens modell számítási eredményei

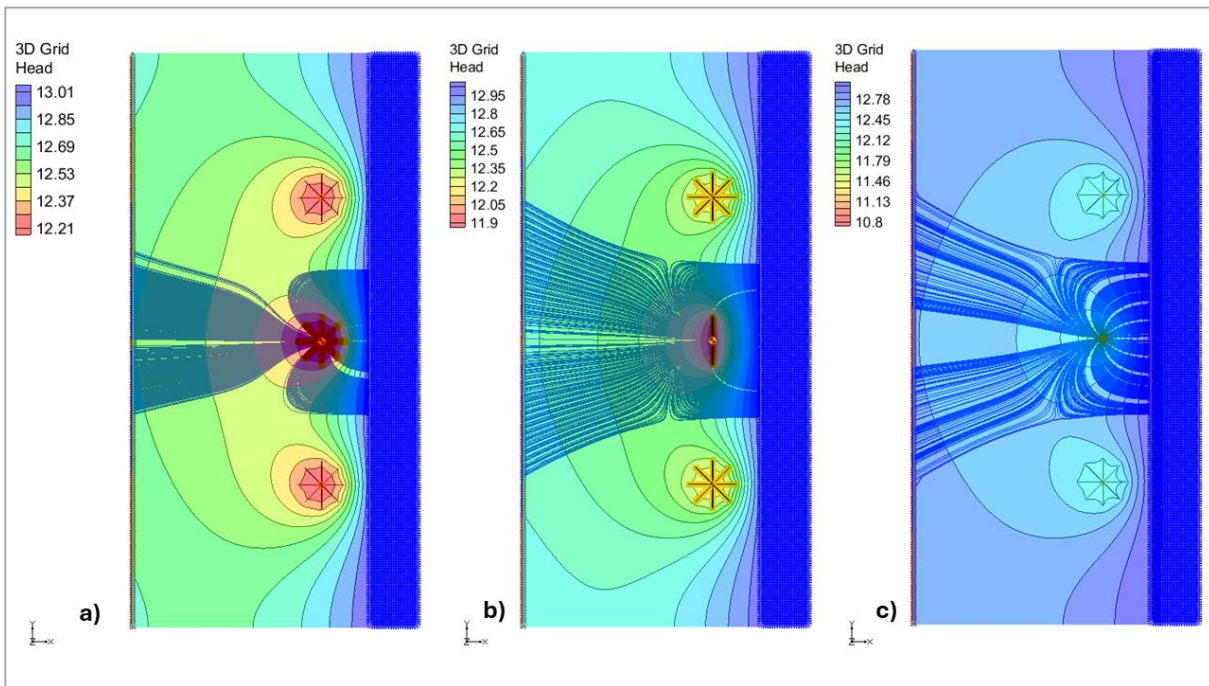
A modellfuttatás eredményeként elsőként egy potenciáleloszlást kaptunk, majd a vízrészecskék számolt áramlási pályáit is megjelenítettük (3. ábra). A modell futtatása után megvizsgáltuk, hogy a felépített rendszer tényleg parti szűrésű rendszernek minősül-e, vagyis, hogy a folyó felőli vízáramlás a termelt vízben több-e 50%-nál. A

részecskekövetés módszerét alkalmaztuk ennek meghatározására. Eredményeként elmondható, hogy a felépített rendszerben mindhárom kúttípus esetén 80% fölött volt a folyóból származó víz részaránya, tehát a rendszer ténylegesen is parti szűrésű rendszernek mondható. Az eredményeket a 2. táblázat mutatja, amelyben látható, hogy a hozam növelése ezt az arányt nem befolyásolta.



2. táblázat. A folyóból származó víz százalékos aránya a termelt vízben, különböző hozamok és kúttípusok esetében  
Table 2. Percentage of river water in produced water for different yields and well types

Hozam (m <sup>3</sup> /nap)	Csápos kút (%)	Galéria (%)	Kút (%)
2000	84,6	83,5	87,6
3000	84,6	83,8	87,6
4000	84,6	83,7	87,6
5000	84,6	84,1	87,6
6000	84,6	84,1	87,3



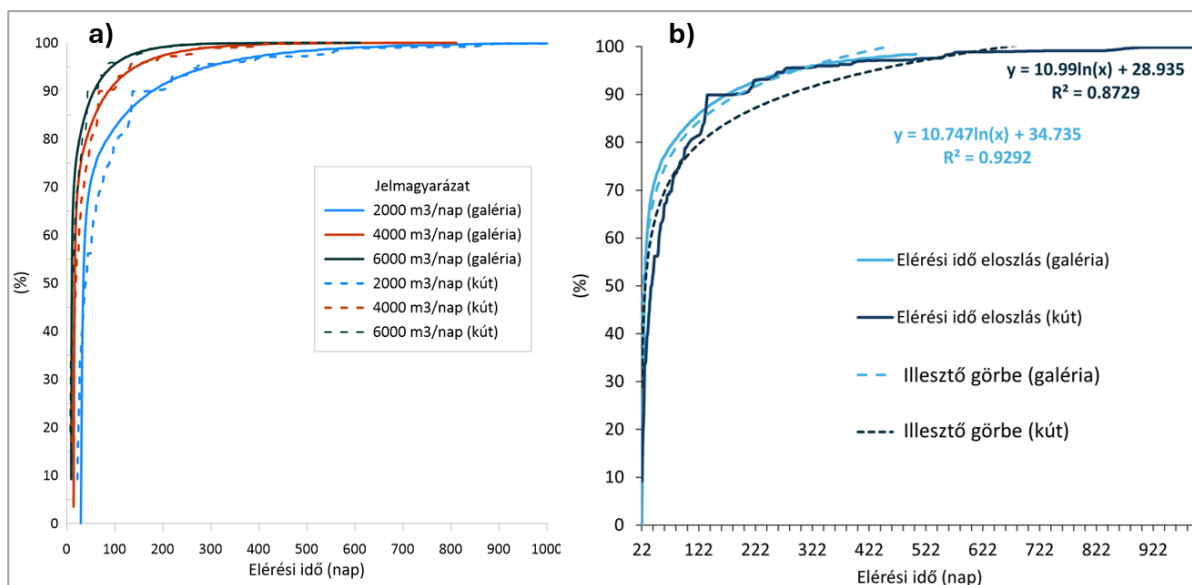
3. ábra. A számítási eredményként kapott potenciál eloszlás, valamint a vizsgált kutakból indított vízcseppcskék áramlási pályája. a) csápos kút, b) galéria, c) kút

Figure 3. The potential distribution obtained as a result of the calculation, as well as the flow path of the water particles launched from the tested wells. a) horizontal collector well, b) gallery, c) well.

Következő lépésként a különböző víztermelő műtárgyakhoz tartozó elérési idő eloszlásokat számoltuk ki. A kút és a galéria esetében nagy hasonlóságot tapasztaltunk minden hozam esetében. Az elérési idő eloszlásokat különböző termelési hozamok esetén a 4. ábra mutatja. A 4.b ábrán a 2000 m<sup>3</sup>/nap hozamhoz tartozó elérési idő eloszlás görbék, valamint azok illesztése látható. Ezek alapján megállapítható, hogy az elérési idő eloszlás görbe logaritmikus jelleget mutat, illetve a kút és a galéria esetében gyakorlatilag megegyeznek. Ez az elrendezés geometriájára vezethető vissza. Elmondható, hogy radikálisan nem befolyásolja az elérési idő eloszlást az, hogy a víztermelést biztosító perforált cső vízszintesen vagy függőlegesen van elhelyezve. Galéria és függőleges kút esetében ugyanaz az elérési idő eloszlás tapasztalható. A hozam növekedésével a görbék meredeksége kismértékben növekszik, és kisebb elérési időknél érik el a maximumot.

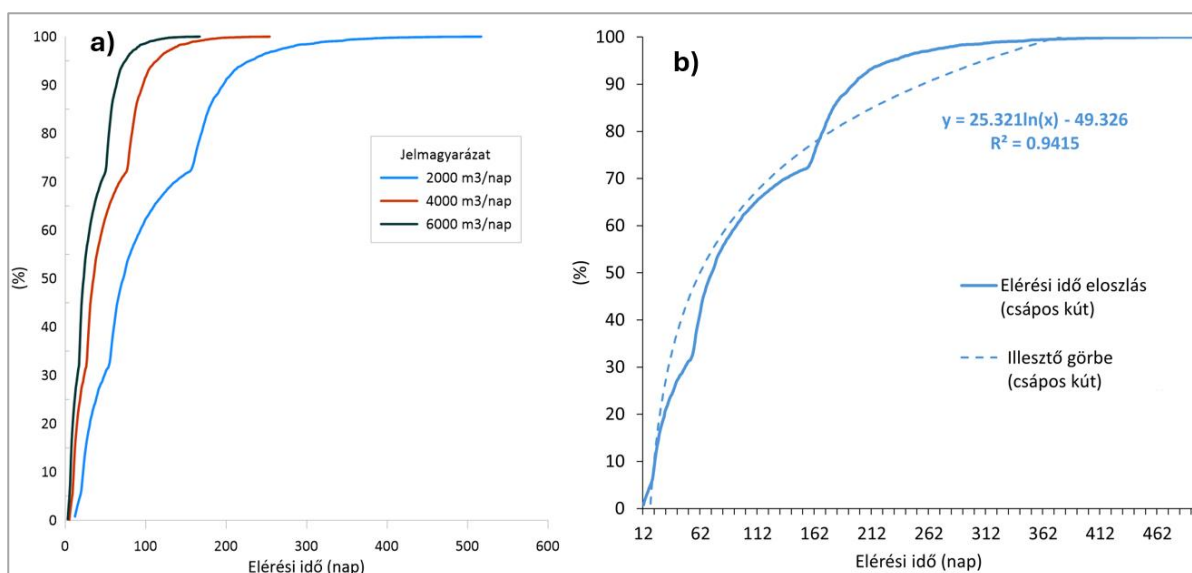
Vizsgálataink során csápos kút esetében is meghatároztuk az elérési idő eloszlást több hozam értékre vonatkoztatva. Az eredményeket három hozam érték esetében

az 5. ábra mutatja. Az ábrán látható, hogy a galéria, illetve a kút esetétől eltérően máshogy futnak le az eloszlási görbék. A görbe egésze logaritmikus jelleget ölt, azonban meredeksége nem egyenletes (5.b ábra). A teljes görbén belül négy szakaszt láthatunk, amely a csápos kút, illetve a modell geometriájára vezethető vissza. A modell szimmetriája miatt az észak-keleti és dél-keleti irányban, északi és déli irányban, valamint észak-nyugati és dél-nyugati irányban kinyúló csápok csáp párokat alkotnak, amelyek hatása felfedezhető az elérési idő eloszlási görbék lefutásában. Az 5. ábra egy-egy görberésze a keleti irányban kinyúló csáp, valamint a többi csáp pár hatását mutatja, így a szimmetrikus kialakítás miatt négy görberész adódik. A háttér felé kinyúló nyugati csáp csak a háttérből termel, így azon részecskék elérési ideje nem jelenik meg az 5. ábra görbéin. Jellemző még az eloszlási görbére, hogy a hozam növekedésével a görbe meredeksége növekszik, ami azt jelenti, hogy a görbe két szélsőértéke közötti különbség csökken. Ez azt jelenti, hogy a hozam növekedésével a kút kisebb időtartományból származó vizet termel.



4. ábra. Kút és galéria elérési idő eloszlása különböző hozamok esetén (a), valamint a  $2000 \text{ m}^3/\text{nap}$  hozamhoz tartozó elérési idő eloszlásokra illesztett logaritmusos görbe (b)

Figure 4. Transit time distribution curves in case of gallery and well for different flowrates (a) and the logarithmic curve fitted to the transit time distribution curve for the yield of  $2000 \text{ m}^3/\text{day}$  (b)



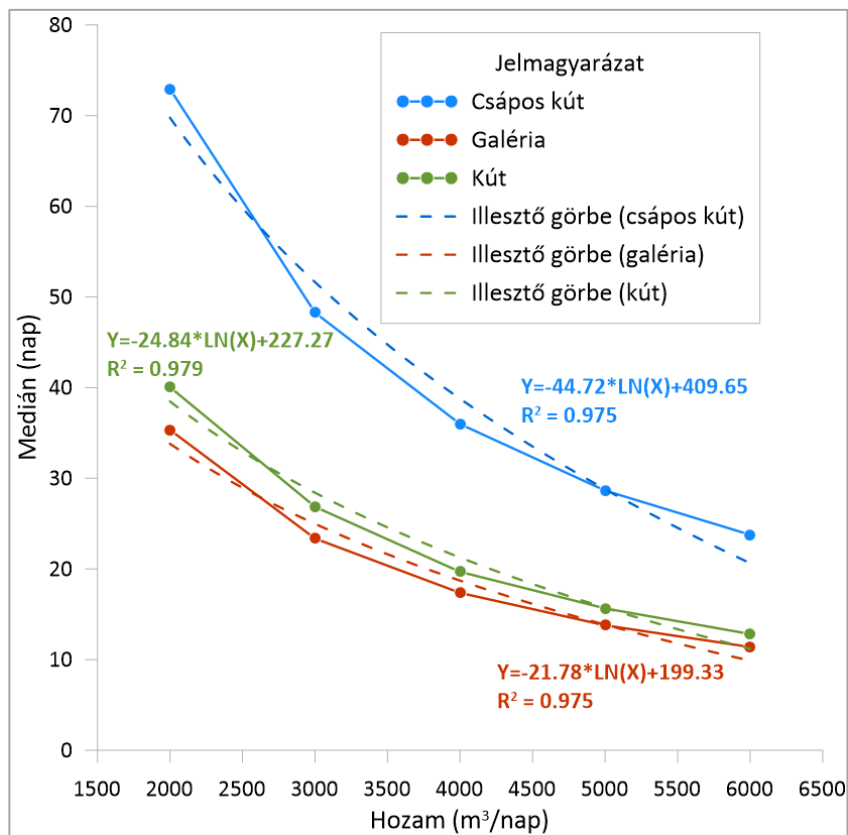
5. ábra. Csápos kúthoz tartozó elérési idő eloszlási görbék különböző hozamok esetében (a), valamint a  $2000 \text{ m}^3/\text{nap}$  hozamhoz tartozó elérési idő eloszlásra illesztett logaritmusos görbe (b)

Figure 5. Distribution curves of the transit time belonging to the horizontal collector well in the case of different flowrates (a) and the logarithmic curve fitted to the transit time distribution curve for the yield of  $2000 \text{ m}^3/\text{day}$  (b)

A számolt elérési idő eloszlás görbék által tehát pontosabb képet kaphatunk a parti szűrésű rendszerben tapasztalható elérési időről. Egy eloszlási görbe meg tudja nekünk mondani a termelt vízről, hogy adott nap alatt a termelt víz hány százaléka ért a folyóból a termelőkúthoz.

Fontos kérdés azonban, hogy ezeket az eloszlási görbéket jellemezzük egy kifejező elérési idő értékkel. Mivel az elérési idő nagy intervallumok között mozoghat (néhány naptól akár több száz nap) a gyakorlat számára fontos adnunk egy irányszámot, ami jellemzi az elérési idő eloszlást. A kapott eloszlási idő értékek nagy intervallumára való tekintettel a görbék mediánját javasoljuk irányzámmá megadni. Az elérési idő eloszlási görbe mediánja megmutatja, hogy a termelt víz 50%-a milyen elérési idő értékkel

jellemezhető. Az eloszlási görbék mediánját meghatároztuk mindegyik hozam érték és kúttípus esetében. Az eredményeket a 6. ábra mutatja. Megállapítható, hogy a csápos kút esetében alapvetően magasabb elérési idő értékek figyelhetők meg, mint a galéria esetében. Ennek oka a vízkivételbe bevont térrész nagyságának különbsége. A galéria esetében kisebb ez a térrész, kevesebb szűrőfelület áll rendelkezésre, ezáltal nagyobb depresszió alakul ki (3. ábra). A nagyobb depresszió nagyobb hidraulikus gradiens értéket vonz magával, ezért a szivárgás sebessége megnő. Csápos kút esetében viszont ez a beáramlási felület nagyobb, így kisebb depressziót okoz a vízáradó rétegben. Megállapítható továbbá, hogy a hozam növekedésével az elérési idő eloszlási görbe mediánja logaritmusos csökkenést mutat (6. ábra).



6. ábra. Az elérési idő eloszlási görbék mediánjának változása a termelt hozam függvényében (pontokkal jelzett folyamatos vonal), valamint a rá illesztett logaritmusos görbék (szaggatott vonal)

Figure 6. The change in the median of the transit time distribution curves as a function of the produced yield (continuous line with dots) and the fit curves (dashed line)

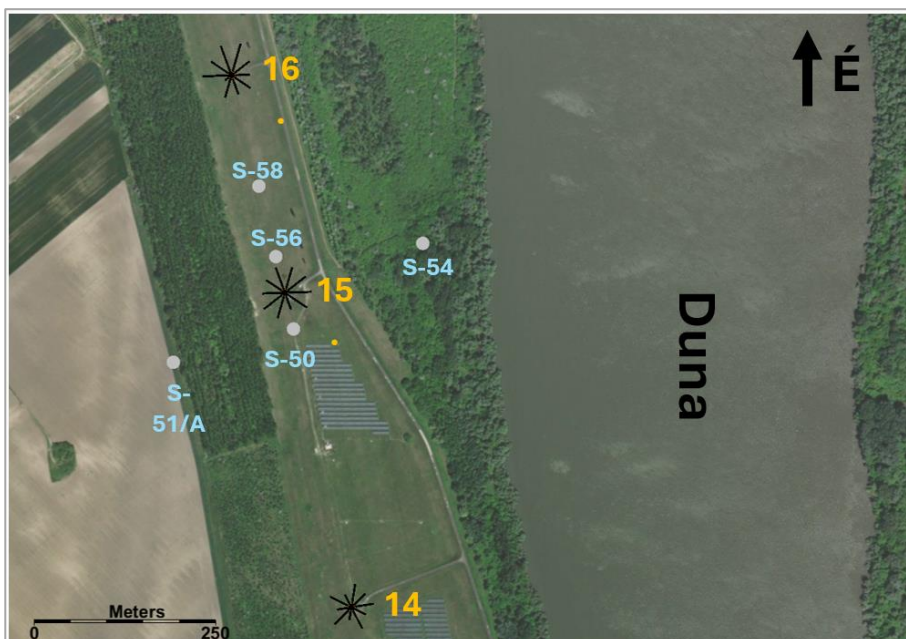
## ELÉRÉSI IDŐ ELOSZLÁS VIZSGÁLATA ÁRHULLÁM ESETÉN

### A surányi vízbázis bemutatása

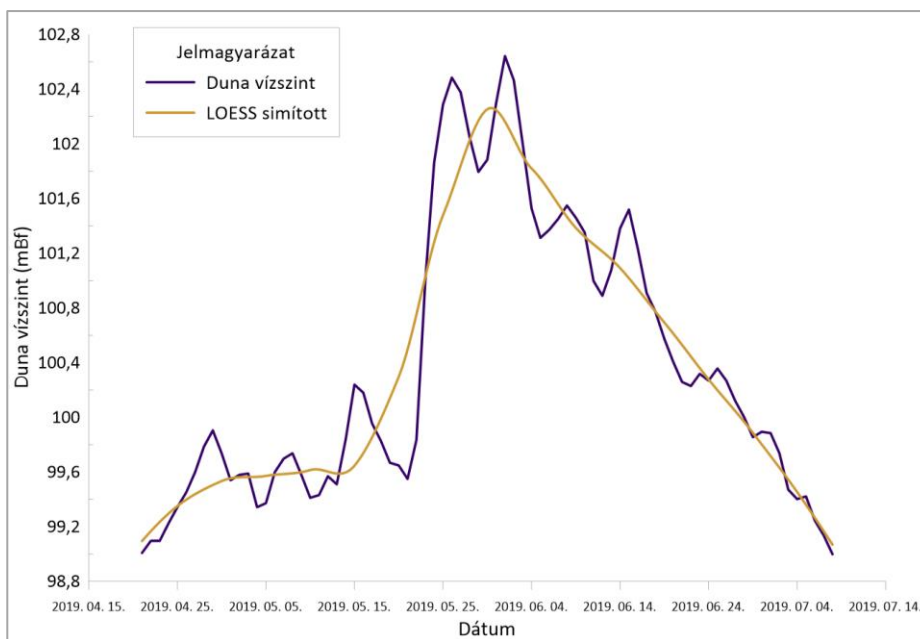
Munkánk során szeretnénk volna azt vizsgálni, hogy egy adott árhullámnak milyen hatása van az elérési idő eloszlásra, valamint hogyan befolyásolja az eloszlási görbe jellemző értékeit. Ezt a folyamatot azonban permanens állapotban nem lehet tanulmányozni, hiszen ez egy időben lezajló folyamat. Éppen ezért tranzienstani modell építésére volt szükség. Korábbi kutatásaink eredményeképpen rendelkezésünkre álltak a Szentendrei-szigeten található surányi kútsor adatai, így az árhullám hatását valós földtani környezetben igyekeztünk szimulálni. A surányi kútsor 20 törpe-csáposkútból áll, amelyek nagy jelentőséggel bírnak Budapest vízellátását illetően. Vizsgálatunk a 15. számú termelőkútra fókuszálódott, mivel ennek környezetében olyan figyelőkutak találhatóak, amelyekben a közelmúltban folyamatos vízszintregisztrálás történt, így segítségünkre voltak a hidrodinamikai modell kalibrálásában. A 15. számú termelőkút 10 csáppal rendelkezik, amelyek 0,3 m átmérőjűek és hosszuk 20 és 35 m között változik. A kútnak — a Duna vízállástól függően — nagyjából 280 m távolságra helyezkedik el a parttól (7. ábra). A terület sekélyföldtanát a Duna folyó alakította. A terület földtanára jellemző, hogy alapvetően folyóvízi üledékek alkotják. A sziget északi végétől Alsógöd magasságáig oligocén agyagra települtek ezen folyóvízi üledékek, míg ettől délre homokos agyagos képződmények alkotják a folyóvízi üledékek fekvését (Góczán 1955). A

surányi kútsort jellemző földtan alapvetően két fő rétegre tagolódik, egy kisebb átteresztőképességű felső homokos, iszapos rétegre, valamint az alatta található fő vízádot jellemző kavicsos rétegre.

A terület vízforgalmát alapvetően meghatározza a Duna folyam. A Duna vízszintjének ingadozása ismert, és nagymértékben befolyásolja a területen a hidraulikus gradiens értékét és ezáltal a szivárgási sebességet. A Duna vízállás adatait alapvetően két alkalommal alkalmaztuk a modellezési folyamat során. Egyik pont a modellkalibráció, amikor is a modell vízföldtani paramétereit állapítottuk meg, másik pont pedig egy adott árhullám modellbe történő beépítése volt. A vizsgált árhullám egy 2019. április 21. és 2019. július 8. között lezajló markáns árhullám volt, ami több mint 3 m-es vízszintváltozást okozott a folyó vízállásában. A modellezés során fontos volt számunkra, hogy az árhullám jellegét megtartsuk, viszont a kisebb, napi ingadozásoktól eltekintünk annak érdekében, hogy az áradó ág és az apadó ág elérési idő eloszlásra gyakorolt hatását egyértelműen meghatározhatjuk. Ennek érdekében a vízállás idősoron LOESS simítást (Cleveland 1979) alkalmaztunk. Ennek hatására az áradó és az apadó ágon bekövetkezett apróbb vízszintváltozásokat elhanyagoltuk, így tisztán az árhullám jellegét tudtuk modellünkbe beépíteni. Az eredeti vízállás idősort, valamint a „simított” idősort a (8. ábra) mutatja.



7. ábra. A surányi kútsor 15. számú csáposkútjának (sárga) környezete a figyelőkutakkal (kék)  
 Figure 7. The surroundings of horizontal collector well No. 15 (yellow) of the Surány well group with the monitoring wells (blue)

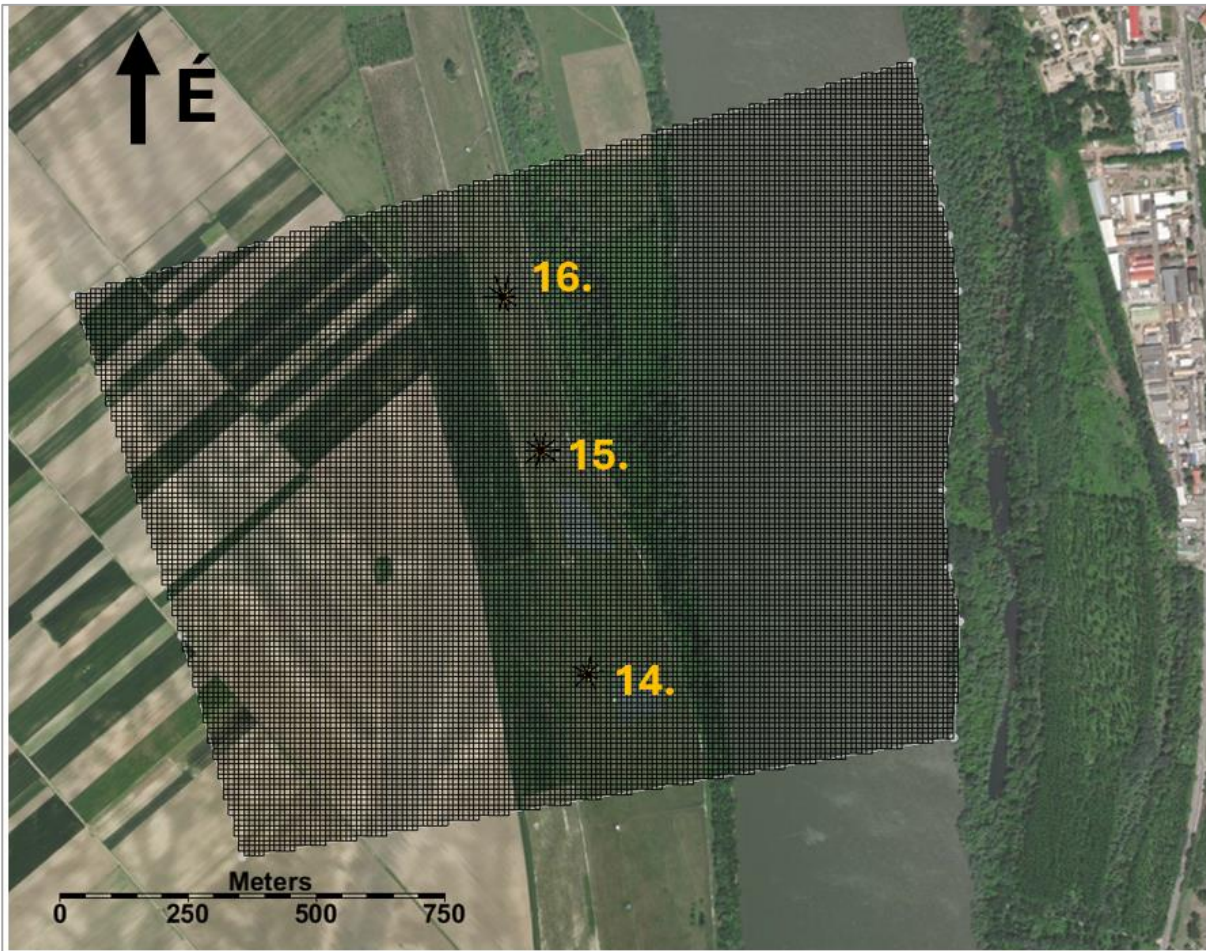


8. ábra. Az eredeti Duna vízállás és a LOESS simítás eredményeképpen kapott vízállás idősor  
 Figure 8. The original water level and the water level time series obtained as a result of LOESS smoothing

#### A tranziens modell felépítése és kalibrációja

A modellezett terület nagyjából 2 km<sup>2</sup>-t fed le, és a surányi kútsor 14., 15., és 16. kútját foglalja magában. Kiemelnénk, hogy vizsgálatunk tárgya kizárólag a 15. számú termelőkút, azonban mivel a két szomszédos kút termelése hat leginkább a vizsgált kút környezetének vízszintjére, így ezen kutakat célszerű volt a modellünkbe beépíteni. A modell rácsháló 10x10 m-es cellákból, valamint két rétegből áll, amelyek együttes vastagsága 20 m. Az északi és a déli peremen vízáró peremet alkalmaztunk, a keleti perem folyó (RIV) cellákkal lett

definiálva. A vizsgált kútsor egy szigeten helyezkedik el, így a nyugati peremet célszerű volt GHB cellákkal definiálni. A modell rácshálóját a 9. ábra szemlélteti. Modellben definiált kutak hozama, akárcsak a Duna vízállása napi ingadozást mutat, így ennek megfelelően tranziens modell felépítésére került sor. A termelt hozamok 0 és 4000 m<sup>3</sup>/nap között voltak. Az adatokat a Fővárosi Vízművek bocsájtotta rendelkezésünkre. Ezen adatokat csak a modell kalibrálásában játszottak szerepet, további szimulációink a korábban ismertetett árhullám hatásait vizsgálta.



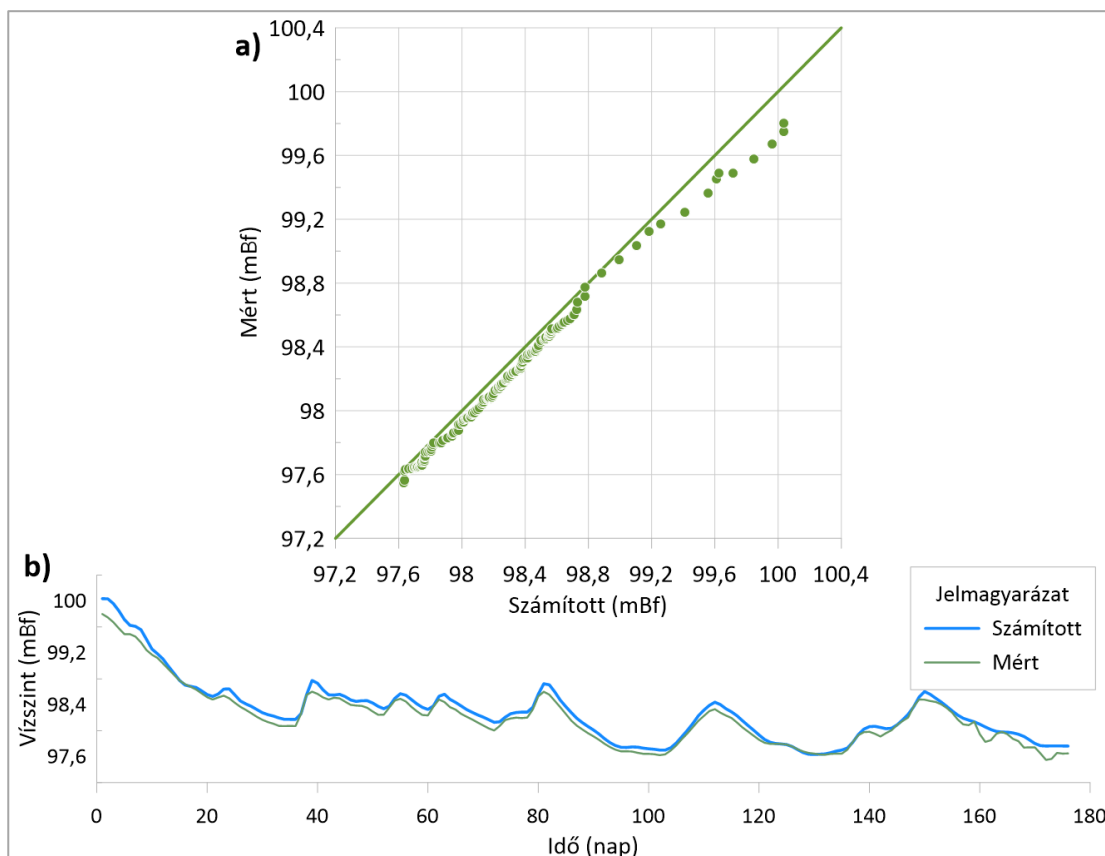
9. ábra. Az alkalmazott tranziens modell rácshálóját a termelőkutak helyzetével  
 Figure 9. The grid network of the applied transient model with the location of the production wells

A modellépítés következő lépése a modell kalibrálása, amely során a mért adatokhoz viszonyítjuk a modell által számított adatokat. A területen a 15. kút környezetében található figyelőkutakból rendelkezésünkre álltak folyamatos vízszint mérések, amelyek lehetővé tették a modell kalibrálását. A folyamat során az ismert Duna vízállást, valamint az abban az időszakban termelt hozamokat definiáltuk a modellben, és a vízföldtani paramétereket változtatva

ellenőriztük, hogy a figyelőkutakban mért vízszint adatsort visszakapjuk-e a számított adatokban. A kalibráció sikeresnek mondható, hiszen mindegyik figyelőkút esetében a mért és a számított vízszintek jól lefedték egymást. Az S-54-es figyelőkút esetében a 10. ábra mutatja a kalibráció eredményét. A surányi kútsor 15. számú termelőkútját vizsgáló tranziens modellben a kalibráció eredményeképpen alkalmazott paramétereket a 3. táblázat mutatja.

3. táblázat. A 15. számú termelőkutat vizsgáló tranziens modellben alkalmazott vízföldtani paraméterek  
 Table 3. Main parameters of the transient model

Paraméter	Érték
Horizontális szivárgási tényező (m/nap)	125
Vertikális anizotrópia (-)	1
Fajlagos tárolási tényező (1/m)	0,005
Fajlagos hozam (-)	0,25
Porozitás (-)	0,25

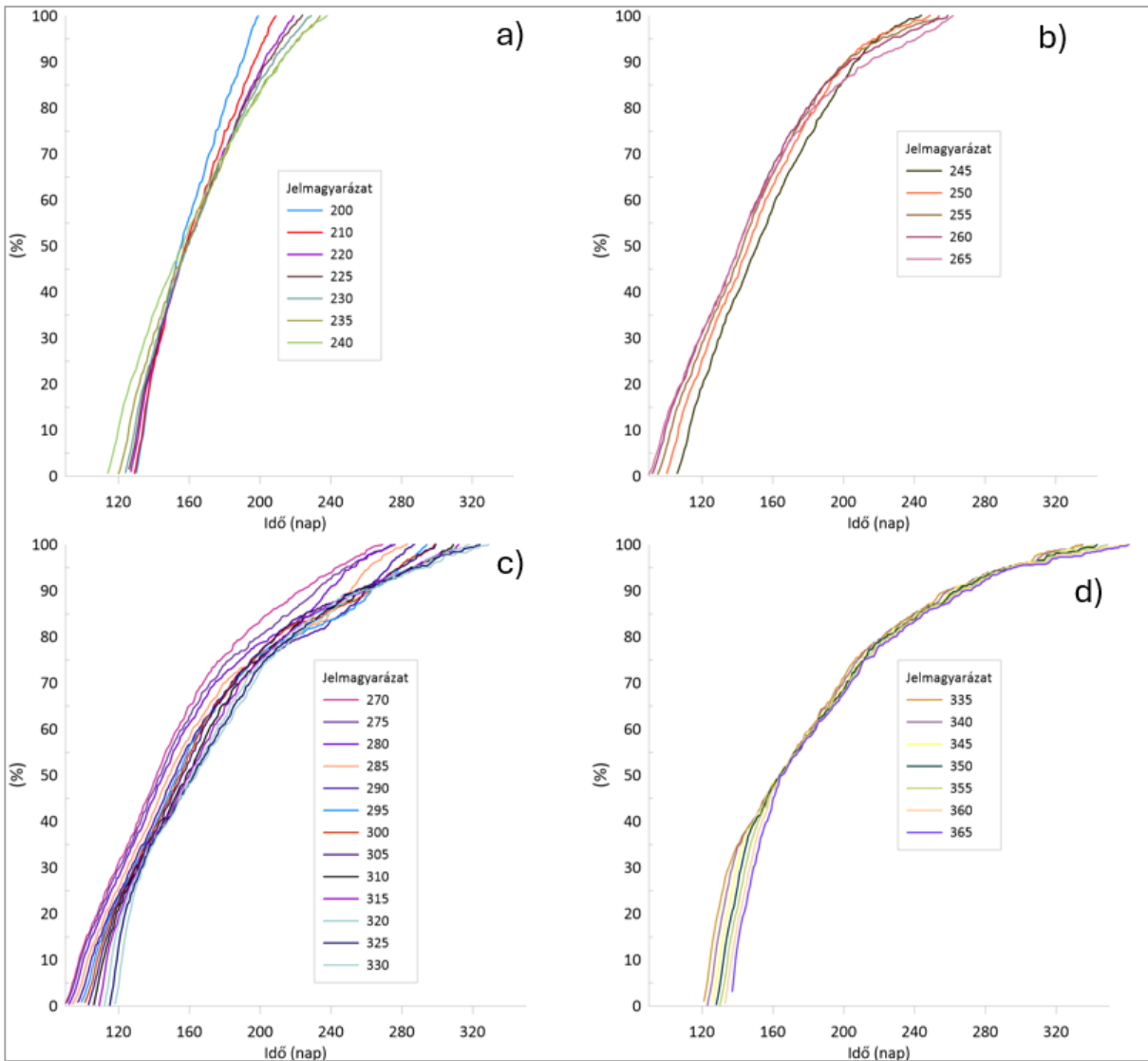


10. ábra. Kalibrációs eredmények az S-54-es figyelőkút esetében. A mért és számított vízszintek keresztábrája (a), valamint az S-54 figyelőkútban mért és a numerikusan számított vízszintek idősorai (b)  
 Figure 10. Calibration results for the S-54 monitoring well. The cross plot of the measured and calculated water levels (a), and the time series of the measured and numerically calculated water levels in the S-54 monitoring well (b)

#### A tranziens modell segítségével számított eredmények

A tranziens modell építésével célunk az volt, hogy kizárólag az árhullám elérési időre gyakorolt hatását vizsgáljuk. Ezen cél elérése érdekében kizárólag a Duna vízállásának változását építettük be a kalibrált modellbe, a kutak pedig konstans vízhozammal termeltek. A 14., 15., és 16. számú termelőkutak hozamát a rendelkezésünkre álló termelési adatok átlagára állítottuk be, amelyek értékei rendre: 2150, 1830, és 2700 m<sup>3</sup>/nap. Az így felépített tranziens modell egy évet fedett le, amelynek a 200. napjáig a folyó vízszintje a 99 mBf-i értéket tartotta, a 200. napon kezdődött az árhullám (8. ábra), majd az árhullám lecsengése után a folyó vízszintje visszatért a 99 mBf-i értékre. Ennek oka az, hogy szükséges volt egy kellően hosszú időintervallum annak érdekében, hogy az elérési idő eloszlási görbéket elő tudjuk állítani. Az elérési idő eloszlási görbéket előállításához az MNW2 által érintett cellák mindegyikéből 125 db vízrészecskét indítottunk, és a folyót elérő részecskékre meghatároztuk az elérési idő értékét, majd vettük ezen értékek eloszlását. Időben a 200. naptól, az árhullám kezdetétől kezdtük a részecskék indítását, és 5

naponta ezt megismételtük egészen a modellezett időszak végéig. Így egy eloszlás görbe sereget kaptunk, ami jellemzi az árhullám előtti, az áradó ág, az apadó ág, valamint az árhullám utáni időszak elérési idejét. Megállapítható, hogy ezen eloszlás görbéknél változékonyságot tapasztalhatunk, amelyeket a 11. ábra mutat. Elsősorban megállapítható, hogy bármelyik eloszlási görbét nézzük, egy adott időponthoz tartozó vízrészecskék elérési ideje széles spektrumot, akár 120 napot is felölel. Ez azt jelenti, hogy a kútaknába érkező, elérési idő szempontjából kevert víz igen változatos elérési idővel rendelkezik. Ez gyakorlatilag akkor is fennáll, ha nem változtatjuk a hozamot és a folyó vízállása hosszú távon is egyenletesnek mondható. A 11. ábra a) és d) részén láthatjuk az árhullám előtti és utáni eloszlás görbéket, ezek nagyjából egyöntetű, hasonló lefutású, gyakran egymást szinte fedő görbék. A 11. ábra b) és c) része mutatja az áradó és az apadó ágot, ahol a görbék jobban elválnak egymástól. A b) ábrán látható, hogy az idő előrehaladtával az eloszlás görbék az y tengelyhez közelednek, míg a c) ábrarész esetében a görbék távolodnak az y tengelytől. Az árhullám emelkedő ágában tehát csökken az elérési idő, míg a csökkenő ágában nő az elérési idő értéke.

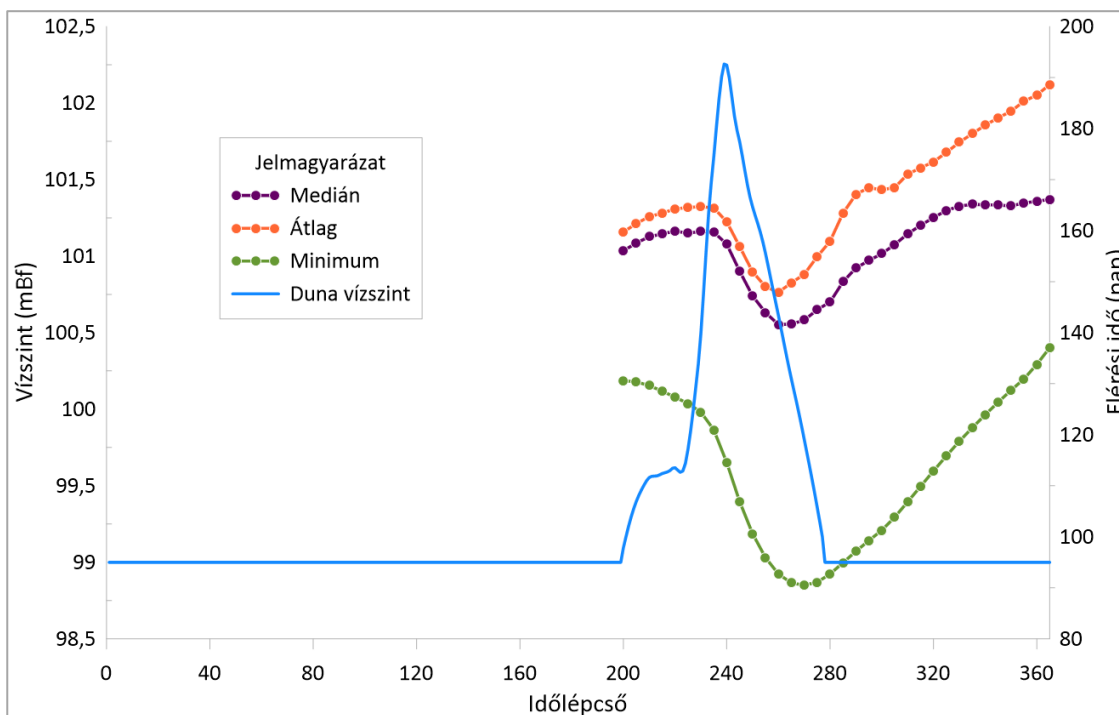


11. ábra. A folyó vízállásának különböző szakaszaiban előálló elérési idő eloszlás görbék. a) árhullám előtti időszak; b) áradó ág; c) apadó ág; d) árhullám utáni időszak

Figure 11. Transit time distribution curves at different stages of the river's water level. a) period before the flood; b) rising limb; c) falling limb; d) period after a flood

Az elérési idő eloszlási görbéket több karakterisztikus pontjával is jellemezhetjük. Leggyakrabban ilyen esetekben a minimum-, és a maximumhely, az átlag, valamint a medián értékek adhatnak fontos információkat. A görbék szélsőértékei közül a minimumhely azt az időtartamot adja meg, ami alatt egy advektív módon terjedő jelzőanyag leg hamarabb elérheti a termelőkut valamelyik csápját. Ez fontos információt adhat szennyeződés terjedés vizsgálata során, azonban nem jellemzi teljes mértékben a szivárgási folyamatot. A maximumhely érték esetünkben nem ad releváns információt, hiszen ezen érték igen érzékeny a modellezett időszak hosszára. A modellezett időszakot meghaladóan nem érkezik vízcsepe, így ennek a vizsgálatát elvetettük. Az átlag érték megfelelő paraméternek tűnhet, azonban az átlag igen érzékeny a maximum és a minimum értékre, így közvetetten eltorzítja az elérési időről alkotott képünket és ezáltal érzékeny a modellezett időszak hosszára. A medián esetében azonban nem adódik

ilyen jellegű probléma. Ha az elérési idő eloszlás mediánjára például 150 napot kapunk, akkor az azt jelenti, hogy a kútaknába beérkezett termelt víz 50%-a biztos, hogy 150 nappal idősebb. Vízkor alatt itt azt az időtartamot értjük, amit a vízcsepe a vízadóban eltölt. Ezen megállapításokat jól szemlélteti a 12. ábra, amelyen láthatjuk a modellben definiált vízállás idősort, valamint az 5 naponta meghatározott elérési idő eloszlások minimumát, átlagát és mediánját. A 12. ábra jól mutatja, hogy az átlag, medián és minimum esetében is látható egy markáns csökkenés az elérési időben, amit az árhullám okoz, azonban az átlag esetében utána egy folyamatosan növekvő tendenciát láthatunk, amely a modellezett időszak hosszának a hatása. Minél több idő telik el, annál több részecske érkezik be a kútba, így az átlag folyamatosan növekedést mutat. A medián esetében azonban az árhullám okozta csökkenés után stagnáló értékeket figyelhetünk meg, ami újból a „zavartalan” állapotot tükrözi.



12. ábra. A modellezett időszakban megadott Duna vízszint (bal tengely), valamint az elérési idő eloszlási görbék minimuma, mediánja és átlaga (jobb tengely) az eltelt idő függvényében

Figure 12. The minimum, median and average of the distribution curves of the Danube water level and the transit time given in the modeled period

Elmondható továbbá, hogy esetünkben a Duna vízállásának növekedése késleltetve indukálja az elérési idő csökkenését. Esetünkben nagyjából 25-30 napos eltolódás van az árhullám maximuma és az elérési idő eloszlás mediánjának minimuma között. Az elérési idő eloszlás mediánjában és átlagában a vizsgált árhullám 18 napos csökkenést, a minimum esetében pedig 39 napos csökkenést okozott. Mindezek alapján elmondható, hogy egy adott árhullám az elérési idő eloszlás minimumára nagyobb hatással van, mint az átlagra, vagy a mediánra. Egy adott árhullám esetében tehát a minimum elérési idő értékek esetében várhatjuk a drasztikusabb változást.

#### AZ ELÉRÉSI IDŐ ALKALMAZÁSI JAVASLATA A TISZTÍTÁSI HATÁSFOK MEGHATÁROZÁSÁBAN

A parti szűrésű ivóvíz-előállításban két fő tisztítási fázis van jelen: az egyik a természetes parti szűrés fázisa, a másik pedig a kezelőművi mesterséges technológiai sor. A két folyamat egymást erősen kiegészíti. A parti szűrés hatékonyságától függően alkalmazandó a mesterséges technológiai sor. Ha a parti szűrés megfelelő hatékonyságú, akkor a kútból kitermelt víz alkalmas ivóvíznek, így fertőtlenítés után a víz az elosztó vezeték hálózatba engedhető (Tolnai 2008). Ilyen szerencsés vízkivétel történik például a Szentendrei-sziget surányi kútsoránál. Ha a parti szűrés nem megfelelő hatékonyságú, akkor a kitermelt kútvíz további kezelésre szorul, mielőtt az elosztó hálózatba kerül. A parti szűrésű rendszert illetően is igaz az, hogy a rendszer két végpontját - a folyót és a termelőkutat - eltérő minőségű víz jellemzi. A termelőkút oldalán van a jobb minőségű víz. A két végpont közötti minőségkülönbség jelenti a javulás mértékét, tehát a kettő aránya jelenti a tisztítási hatásfokot (Tolnai 2008). Egy mesterséges rendszer esetén a technológiai lépcsők megfelelő kivitelezésével és a

tisztítási folyamatokat befolyásoló körülmények megfelelő megválasztásával ezt a hatásfokot nagymértékben tudjuk befolyásolni. A parti szűrés esetén viszont erre nincs lehetőségünk. Ez a rendszer hidraulikai, hidrodinamikai, kémiai és mikrobiológiai szempontból is rendkívül dinamikus. Ha a rendszer két végpontjának vízminőségi különbségét vizsgáljuk, és meg akarjuk határozni a tisztítási hatásfokot, akkor vízminőt kell vennünk a folyóból, valamint a termelt vízből. Általában ez ugyanazon a napon szokott történni, vagy pedig mérésorozat esetén bizonyos időközönként. A felszín alatti hidraulikai viselkedés ismeretében azonban szükségszerű, hogy a folyóból egy adott időpontban belépő víz minőségét azután vizsgáljuk a termelőkútban, miután az a víztömeg el is érte a termelőkutat. Ezt annak az érdekében szükséges tennünk, hogy a tisztítási hatásfok vizsgálata ugyanazon víztömegre vonatkozzon. Mindezen okokból javasoljuk a tisztítási hatásfok számszerűsítésénél figyelembe venni az elérési idő eloszlást. Az elérési idő eloszlás ilyen módon történő figyelembevétele pontosabb képet adhat a parti szűrésű rendszerek viselkedéséről.

#### ÖSSZEFOGLALÁS

Tanulmányunkban a hazai ivóvízellátás egyik fontos pillérével, a parti szűrésű rendszerekkel foglalkoztunk. A hidrodinamikai modellezés eszközeit használva vizsgáltuk a parti szűrésű rendszerek egyik fontos paraméterét, az elérési időt. Problémaként vetődik fel az elérési idő modellezéssel történő számítása esetén, hogy a vízrészecskék nem azonos idő eltelté után érik el a víztermelő műtárgyat (különösen csápos kutak esetében), hanem több útvonalon, hosszabb-rövidebb idő alatt. A probléma relevanciáját megvizsgáltuk három vízkivételi műtárgy – csápos kút, galleria, kút – esetében. A szakirodalomban fellelhető elérési



idő meghatározási módszerek mellett egy más megközelítést alkalmaztunk az elérési idő pontosabb meghatározására, amelyhez kapcsolódóan az alábbi főbb megállapításokat tudjuk tenni:

- A vízrészecskék útjának vizsgálatokor szembesülünk azzal a problémával, hogy a különböző vízrészecskék különböző idő alatt érik el a termelőket. Az elérési idők közötti különbség akár egy nagyságrend is lehet. Célszerű lehet tehát az elérési idő valószínűségi alapon történő kezelése, annak érdekében, hogy pontos képet kapjunk az elérési idő értékéről. Eloszlási görbék felvételével meghatározhatjuk, hogy egy adott korú víz milyen arányban vesz részt a termelt víz összetételében.
- Az eloszlási görbék logaritmikus jelleget mutatnak.
- Az eloszlási görbék jellemzésére azok mediánját célszerű használni annak érdekében, hogy a jellemző számérték ne legyen érzékeny a szélsőértékek (különösen a maximum) nagymértékű eltérésére, valamint a modellezett időszak hosszára.
- Az elérési idők eloszlási görbéinek mediánja a termelt hozam növelésével logaritmikus csökkenést mutat.
- A parti szűrésekre jellemző tisztítási hatások értékét a gyakorlatban nagyjából ugyanazon időpontban vett vízminták alapján számoljuk. Célszerű lehet ez esetben az elérési idő eloszlási görbének a figyelembevétele annak érdekében, hogy ugyanaz a víz kerüljön mintázásra, ami a folyótól a termelőkhöz eljutott.
- A folyó vízállásának változása az elérési idő eloszlási görbének alakjára és karakterisztikus értékeire (medián, átlag, minimum) hatással van. Vizsgálataink során azt tapasztaltuk, hogy egy árhullám a legnagyobb változást a minimum értékben okozza. Az árhullám okozta elérési idő csökkenés az általunk vizsgált esetben nagyjából egy hónapos eltéréssel jelentkezik az árhullám tetőzéséhez képest.

A parti szűrésű rendszerek eme fontos paraméterének vizsgálata nem egy lezárt fejezet. Ezen rendszerekre jellemző dinamikus változások nagymértékben befolyásolják a lezajló hidraulikai folyamatokat. Jövőbeli célunk ezen komplex hatások további vizsgálata, valamint a tisztítási hatások számítására tett javaslat kidolgozása és további gyakorlati javaslatok tétele.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-4-II-ME/5 kódszámú Új Nemzeti Kiválósági Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült. Köszönet illeti a közlemény bírálóit hasznos és értékes tanácsaikért.

## IRODALOMJEGYZÉK

123/1997. (VII. 18) Korm. rendelet a vízbázisok, a távlati vízbázisok, valamint az ivóvízellátást szolgáló vízellátási létesítmények védelméről

Cleveland, W.S. (1979). Robust Locally Weighted Regression and Smoothing Scatterplots Journal of the American Statistical Association, 74. pp. 829-836. <https://doi.org/10.1080/01621459.1979.10481038>

Duy, L.N., Nguyen, V.D., Heidbuchel, I., Meyer, H. (2019). Identification of groundwater mean transit times of

precipitation and riverbank infiltration by two-component lumped parameter models, Hydrological Processes, 33 (24). <https://doi.org/10.1002/hyp.13549>

Frei, S., Gilfedder, B.S. (2021). Quantifying residence times of bank filtrate: A novel framework using radon as a natural tracer, Water Research, 201. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117376>

Góczán L. (1955). A Szentendrei sziget geomorfológiai fejlődéstörténete. Földrajzi Értesítő, 4. pp. 301-316.

Hiscock, K.M., Grischek, T. (2002). Attenuation of groundwater pollution by bank filtration J. Hydrol., 266. pp. 139-144. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00158-0](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00158-0)

Hoehn, E., Cirpka, O.A. (2006). Assessing residence times of hyporheic ground water in two alluvial flood plains of the Southern Alps using water temperature and tracers Hydrol. Earth Syst. Sci., 10, pp. 553-563. <https://doi.org/10.5194/hess-10-553-2006>

Hu, B., Teng, Y., Zhai, Y., Zuo, R., Li, J., Chen, H. (2016). Riverbank filtration in China: A review and perspective, Journal of Hydrology 541. pp. 914-927. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.08.004>

Kármán K. (2013). A parti szűrésű vízbázisok és jelentőségük, Magyar Tudomány, 174(3) pp. 1300-1307.

Kármán K., Maloszewski P., Deák J., Fórizs I., Szabó Cs. (2014). Transit time determination for a riverbank filtration system using oxygen isotope data and the lumped-parameter model, Hydrological Sciences Journal, 59(6), pp. 1109-1116. <https://doi.org/10.1080/02626667.2013.808345>

Konikow, L.F., Hornberger, G.Z., Halford, K.J., Hanson, R.T., Harbaugh, A.W. (2009). Revised multi-node well (MNW2) package for MODFLOW ground-water flow model. Techniques and Methods 6-A30. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, p. 67. <https://doi.org/10.3133/tm6A30>

Kovács B. (2004). Hidrodinamikai és transzportmodellelés I. (Processing Modflow környezetben), Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, Szegedi Tudományegyetem, Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék, GÁMA-GEO Kft. ISBN 963 661 636 1

Maeng, S.K., Lee, K-H. (2019). Riverbank Filtration for the Water Supply on the Nakdong River, South Korea, Water, 129. <https://doi.org/10.3390/w11010129>

Molson, J.W., Frind, E.O. (2012). On the use of mean groundwater age, life expectancy and capture probability for defining aquifer vulnerability and time-of-travel zones for source water protection, Journal of Contaminant Hydrology, 127. pp. 76-87. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2011.06.001>

Nagy-Kovács Zs., Davidesz J., Mártonné Czihai K., Till G., Fleit E., Grischek T. (2019). Water quality changes during riverbank filtration in Budapest, Hungary, Water, p. 302. <https://doi.org/10.3390/w11020302>

Nyiri G., Székely F., Zákányi B., Szűcs P. (2019). Horizontális és csápos kutak hidraulikai modellezése különböző számítási eljárások segítségével, Hidrológiai Közöny, 99. évf. 4. szám, pp. 35-41.

Nyiri G., Kovács B., Zákányi B., Szűcs P. (2022). Tartózkodási idő vizsgálata csápos kutak esetében, Hidrológiai Közlöny, 102. évf. 4. szám, pp. 62-66.

Pollock, D.W. (2016). User guide for MODPATH Version 7—A particle-tracking model for MODFLOW: U.S. Geological Survey Open-File Report 2016-1086, p. 35. <https://doi.org/10.3133/ofr20161086>

Ray, C., Melin, G., Linsky, R.B. (2003). Riverbank filtration: Improving Source-Water Quality, Springer Science and Business Media, ISBN 1402011334

Rózsa A. (2000). Beszivárgás vizsgálatok a Szentendrei-Duna medrében, Hidrológiai Közlöny, 80. évf. 2. szám, pp. 119-125.

Székely F., Nyiri G., Szűcs P., Zákányi B. (2021). Analytically supported numerical modeling of horizontal and

radial collector wells, Journal of Hydrologic Engineering, 26(12).

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0002137](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0002137)

Schijven, J.F., Hassanizadeh, S.M., Bruin, H.A.M. (2002). Column experiments to study nonlinear removal of bacteriophages by passage through saturated dune sand, Journal of Contaminant Hydrology 58(3-4). pp. 243-259. [https://doi.org/10.1016/S0169-7722\(02\)00040-2](https://doi.org/10.1016/S0169-7722(02)00040-2)

Teng, Y., Hu, B., Zheng, J., Wang, J., Zhai, Y., Zhu, C. (2018). Water quality responses to the interaction between surface water and groundwater along the Songhua River, NE China, Hydrogeology Journal, 26 (5). pp. 1591-1607. <https://doi.org/10.1007/s10040-018-1738-x>

Tolnai B. (szerk.) (2008). Vízellátás, Mátyus Sándor nyomán, A Fővárosi Vízművek Zrt. üzemeltetői ismeretanyaga, Budapest.

## A SZERZŐK



**NYIRI GÁBOR** 2013-ban végzett a Miskolci Egyetemen környezetmérnök alapszakon, majd tanulmányait a Miskolci Egyetem hidrogeológus mérnöki mesterszakán folytatta, ahol 2015-ben szerzett okleveles hidrogeológus mérnök végzettséget. 2015-től 2016-ig az Északmagyarországi Regionális Vízművek Zrt. környezetvédelmi megbízottja. 2016-tól a Miskolci Egyetem Mikoviny Sámuel Földtudományi Doktori Iskolájának PhD hallgatója. Fő kutatási területe a parti szűrésű rendszerekhez, valamint a csápos kutakhoz kapcsolódik. Abszolutóriumot 2021. július 12-én szerzett, PhD értekezését 2022. júliusában sikeresen megvédte. Jelenleg a Miskolci Egyetem, Víz- és Környezetgazdálkodás Intézetének tudományos munkatársa.



**SZŰCS PÉTER** a Nehézipari Műszaki Egyetem Bányamérnöki Karán szerzett kiegészítő geofizikus-mérnöki oklevelet 1988-ban. Oktatói és kutatói pályájának elején először a Geofizikai Tanszéken, majd az MTA Bányászati Kémiai Kutatólaboratóriumában dolgozott. 1993-ban Dr. Univ. címet, majd 1996-ban PhD doktori oklevelet szerzett. 2009-ben megszerzi az MTA doktora tudományos címet, illetve sikeresen habilitált (Dr. habil.) a Miskolci Egyetemen. 1998 óta a Miskolci Egyetem Hidrogeológiai – Mérnökgeológiai Tanszékén dolgozik. 2010-től a tanszék vezetője. 2010-ben egyetemi tanári kinevezést kapott. Az MTA-ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport vezetője 2012-től 2022-ig. Publikációinak száma több mint 640. 2022-ben az MTA levelező tagjává választották. 1998-tól a Magyar Hidrológiai Társaság tagja.



A Szentendrei-szigeten lévő két csápos kút sor (Fotó: Nyiri Gábor)  
A series of radial wells on Szentendre Island (Photo: Gábor Nyiri)

## A Tisza-tó vízínövény társulásainak és élőhely-típusainak vegetáció térképe, hínártársulások dinamikájának alakulása

Szalma Elemér<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Szalma Bt. 6772 Deszk, Kertész köz 5. (e-mail: szalma56@gmail.com)

<sup>2</sup> Magyar Hidrológiai Társaság Vizes élőhely-védelmi szakosztály

DOI:10.59258/hk.17596



### Kivonat

A Kiskörei-tározó, Tisza-tó 1994. és 1998. évekre vonatkozó térinformatikai támogatású vegetáció-térképei 2000-2001. években készültek el, ezek részletes kiértékelése 2004. évben fejeződött be. A Kiskörei-tározó magasabbrendű vízínövényeinek megjelenését és terjedését elsődlegesen, a víztest áramlási viszonyai (lotikus, lenticus), a víz tápanyag-ellátottsága (eu- és mezotróf) és a vízutánpótlás milyensége (felszíni, felszín alatti) határozzák meg. Ezek alapján a tározóban három: 1. áramlóvízű, 2. eutróf állóvízű (mocsári) és 3. disztróf állóvízű (polihumózus vízű, láptavi) élőhelytípusokat tudunk azonosítani. A térinformatikai támogatottságú vegetáció-térképek lehetőséget biztosítottak arra, hogy az egyes élőhelytípusokat és a hozzá tartozó társulások mind térbeli, mind időbeli változásait nyomon követhessük, ezáltal az összefüggéseket, rejtett törvényszerűségeket, korábbi és jelenlegi terepbotanikai tapasztalatokkal kiegészítve, újra értelmezzük.

### Kulcsszavak

Tisza-tó, Kiskörei-tározó, vegetáció térkép, vízínövény társulások, áramlóvízű élőhelyek, eutróf állóvízű (mocsári) élőhelyek, disztróf (láptavi) élőhelyek, geofizikai vizsgálatok.

## Vegetation map of the aquatic plant associations and habitat types of Lake Tisza, regularities of the dynamics of water plants associations

### Abstract

The GIS-supported vegetation maps of the Kiskörei reservoir and Lake Tisza for the years 1994 and 1998 were published in 2000-2001. were completed in 2004, their detailed evaluation was completed in 2004. The appearance and spread of the higher-order aquatic plants of Kiskörei Reservoir are primarily determined by the movement conditions of the water body (lotic, lentic), the nutrient supply of the water (eu- and mesotrophic) and the quality of the water supply (surface, subsurface). Based on these, we were able to identify three habitat types in the reservoir: 1. flowing water, 2. eutrophic stagnant water (swamp) and 3. dystrophic stagnant water (polyhumous water, bog lake). Geospatial-supported vegetation maps provided the opportunity to track the spatial and temporal changes of each habitat type and its associated associations, thus reinterpreting the connections and hidden regularities, supplemented by previous and current field botanical experiences.

### Keywords

Lake Tisza, Kiskörei reservoir, vegetation map, aquatic plant associations, flowing water habitats, eutrophic standing water (marsh) habitats, dystrophic (bog) habitats, geophysical investigations.

### KUTATÁSOK ELŐZMÉNYEI

A Kiskörei-tározó a Tisza folyó második vízlépcsője, egy mesterségesen létrehozott és működtetett rendszer, melyet 1973-ban helyeztek üzembe. A tározó területe 124 km<sup>2</sup>, hosszúsága 27 km. A tározóban található szigetek összterülete 43,0 km<sup>2</sup>. A meder közepes vízmélysége 1,3 m, a maximális vízmélysége 17,0 m. A Tisza hossza a tározóban 33,6 km. A tározó víztere nem összefüggő, ugyanis öt medencére különíthető el. Ezek a Tisza vízfolyásával szemben a felvív felé haladva, az Abádszalóki-medence, a Sarudi-medence, a Poroszlói-medence, a Valki-medence és a Tiszafüredi böge vagy -medence.

Az elmúlt 50 év alatt a Kiskörei-vízlépcső és tározó (Tisza-tó) edényes flórája átalakult. Ez a folyamat napjainkban is tart. A tározó területén található magasabbrendű fás- és lágyszárú növényfajok száma már megközelíti a százat. Ennek a folyamatnak részét képezi az is, hogy a növényzet területi aránya évről-évre növekszik, így pl. a vízi- és mocsári növényzet egyre nagyobb területeket hódít el a nyílt vízfelület rovására. A növekedés mértéke eltér a

különböző medencékben, jelezve, hogy a tározóban jelentősen eltérő élettjak alakultak ki.

A Kiskörei-tározó térségben végzett, a terület vegetációjára irányuló kutatások a hatvanas évek elején kezdődtek el (*Bodrogközy 1965*), melyek a Tiszafüred környéki, még a tározás előtti hullámtér jellegzetes vizes élőhelyeinek megismerésére irányultak. A tározó 1973-as üzembe helyezése után, a tározótérben található holtmedreket, és ezzel párhuzamosan az Abádszalóki-kísérleti tározót, mintegy négy éven keresztül (1973 és 1977 közötti időszakban) vizsgálták (*B. Tóth 1977, Bancsi 1977, Hamar 1987*). A megfigyelések célja a tározás során a növényzetben történt változások regisztrálása, és a várható hidrobiológiai-hidrobotanikai folyamatok előrejelzése volt. Az egész tározó területére vonatkoztatott (124 km<sup>2</sup>) első vegetáció térkép 1981-ben készült el (*Sass 1987*), mely kiszámú növénykategóriát (erdő, bokros-cserjés, víznövényzet) tartalmazott és a tározótérrel általános áttekintést adott. 1983-ban a tározó 14 kiválasztott részterületéről, légifelvételek alapján, 1:5000 méretarányú vegetáció térkép

készült. A vizsgálat célja itt a tározó részterületein található növényfajok területi részesedéseinek meghatározása volt. A Kiskörei-tározó hínár- és mocsári vegetációjának és ezek társulás-szerkezeti változásainak részletes tanulmányozása 1993-ban kezdődött el (*Pomogyi és Szalma 1995, 1996*). A tározó első, a vegetációt részletesen feltáró, vegetáció térképe, az 1994. évi légifelvétel alapján 1995-ben készült el (*Pomogyi és társai 1996*). Ez a munka folytatódott tovább 1998-ban (*Pomogyi és Szalma 1998*). A tározóban, a vízi-, a mocsári-, a magassásos-, a magas-körös- és az erdőtársulásokat figyelembe véve, azok több mint 50 különböző szintű cönotaxonomiai egységeit különítettük el.

### A TÉRKÉPEZÉS MÓDSZERTANI KÉRDÉSEI

Az 1994. évi és az 1998. évi vegetáció-térképezés során az egyes állományfoltokat kódszámokkal láttuk el és ezekhez rendeltük az egyes cönózisokat (ökológiai közösségeket). Már a térképezés elején felmerült, hogy minden egyes vegetációfolt fitocönózisnak tekinthető-e? Ha a Zürich-Montpellier metodológia (*Braun-Blanquet 1964*) vegetáció-térképezésben történő alkalmazását vesszük figyelembe, akkor a terepen elkülönített konkrét vegetációs egységeknek egy absztrakció során létrehozott konkrét szüntaxon nevet kell adni, ami vagy asszociáció, vagy annak alacsonyabb egységei, ugyanis ezeknek vannak konkrét irodalomban hozzáférhető standardjai. Ha ez alapján járunk el, akkor a vegetáció-térképre az átmeneti állományok (komplexek) foltjai egyáltalán nem kerülhetnek fel, mivel nem tudjuk őket azonosítani megfelelő irodalmi standardok hiányában, tehát a térkép hiányos lesz. Ebből adódó következő kérdés, hogy adható-e minden állományfoltok egy „absztrakt” cönotaxon név? A feloldást abban találtuk meg, hogy a fitocönózisokat egyszerű szerveződési szintként tekintettük, a rájuk jellemző fajösszetételen kívül más feltételeket nem állítottunk fel, és legalább két cönotaxon névvel jellemeztük azokat. Az így definiált vegetációs egységeket önálló organizációs szintként kezeltük, a további információvesztés lehetőségének csökkentése érdekében. Ez ellenben maga után vonta a különböző cönotaxonomiai egységek magas számát. A táblázatokba a hivatalos társulásneveket vastag (bold) betűvel szedtük, míg az általunk használt „absztrakt” (nem hivatalos) cönotaxon neveket dőlt betűvel jelezzük.

### KUTATÁSI EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE

A Kiskörei-tározó (Tisza-tó) 1994. és 1998. évi térinformatikai támogatású vegetáció-térképeit az *1. ábra* mutatja be (*Szalma és társai 2002*). A tározóban előforduló vízi-, mocsári- és erdőtársulásainak, szubasszociációknak, vagy azok synuziumainak vagy állománykomplexeinek 1994. és 1998. évekre vonatkoztatott területi részesedéseit és az elkülöníthető foltok számát az *1. táblázatban* foglaltuk össze.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a tározó makrovegetációjának területi részesedése a vizsgált időszak alatt, a nyílt vízi területek rovására 4,5 km<sup>2</sup>-el növekedett. Ez az érték 1994-ben 66,85 km<sup>2</sup> volt, ami a tározó területére vonatkoztatva 52,6%-os borítottságot jelentett.

Az 1998-ban végzett vizsgálatok alapján a makrovegetáció összterületi részesedése 71,38 km<sup>2</sup> –re emelkedett, ami 56,2%-os borítottságnak felelt meg. A légifelvételken megfigyelhető összes foltok számában jelentős csökkenést tapasztaltunk. 1994-ben 3283 „vegetációs foltot” azonosítottunk, 1998-ban a foltoknak a száma már „csak” 2175 db. volt, mely az egyes élőhelyekre jellemző növényállományok növekedésének dinamizmusát szemlélteti (*Szalma és társai 2002*).

### A KISKÖREI-TÁROZÓ MAGASABB RENDŰ VÍZINÖVÉNYEINEK JELLEMZŐ ÉLŐHELY-TÍPUSAI ÉS AZOK JELLEMZÉSE

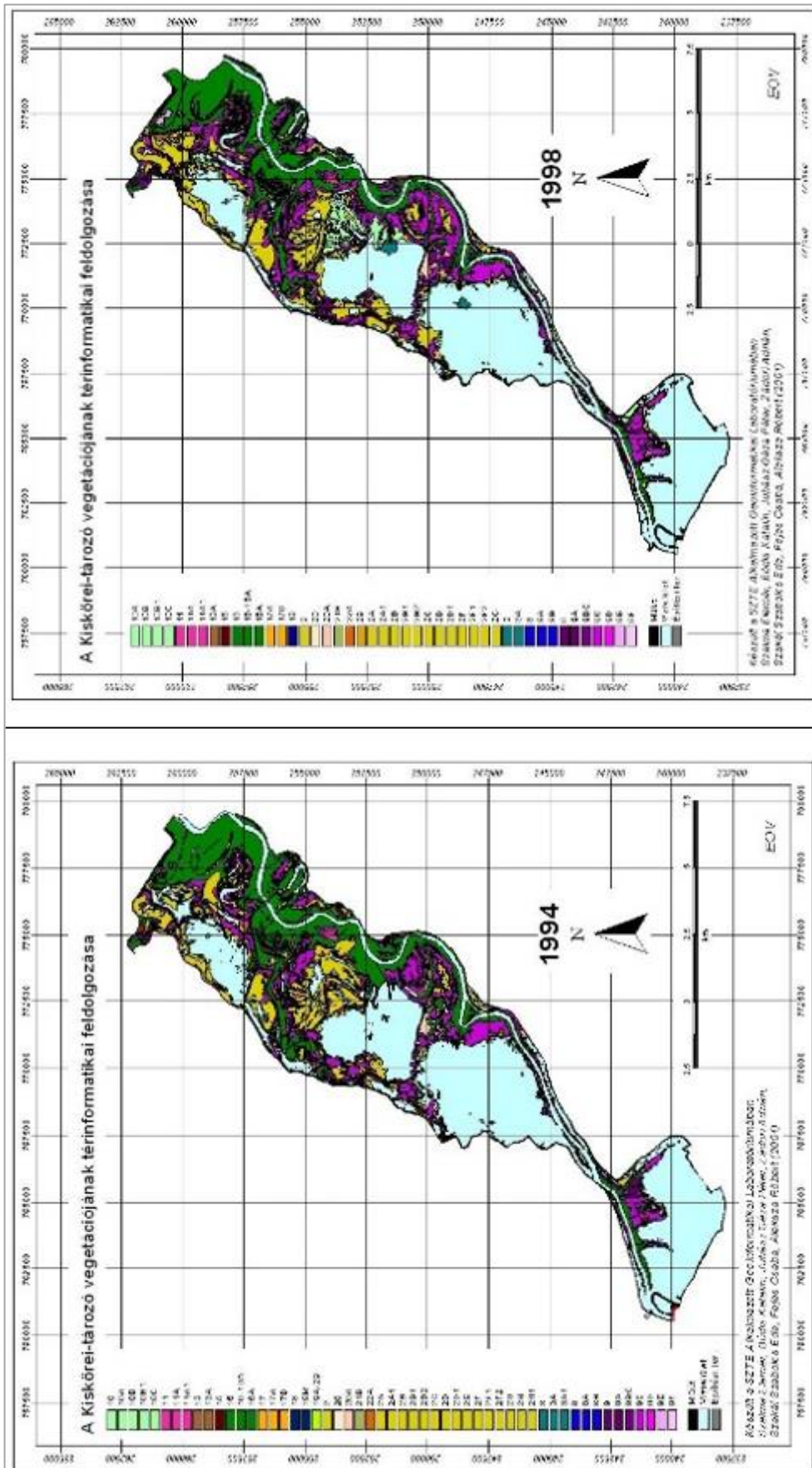
A kutatás egyik fontos megállapítása volt, hogy a Kiskörei-tározó magasabbrendű vízinövényeinek megjelenését és terjedését elsődlegesen a víztest áramlási viszonyai (lotikus, lentikus), a víz tápanyag-ellátottsága (mezo-eutróf) és a vízutánpótlás milyensége (felszín és felszín alatti) határozzák meg. Ezek alapján a tározóban három: *1. áramlóvízű, 2. eutróf állóvízű (mocsári)* és *3. disztróf állóvízű (polihumózus vízű), láptavi* élőhelytípusokat tudunk azonosítani.

#### Áramlóvízű élőhelyek

Az áramlóvízű élőhelyek cönózisainak tározótérben való elterjedését az 1994. és 1998. évekre vonatkozóan a *2. ábra* szemlélteti.

A részletes vizsgálati eredményeket, a tározóban előforduló cönózisok jegyzékét, kódjait, foltok számát és területi részesedésüket a *2. táblázatban* rögzítettük.

Cönózisai a tározótérben mindenütt előfordulnak, ahol időszakos -pl. szél által keltett hullámozás - vagy állandó vízmozgás figyelhető meg. Ilyen területek a Tisza folyó partszegélye, az öblítő csatornák és a tározó nyíltvízi medencéi. Populációit jellemzően pionír, évelő, hydro-hemikriptofita fajok alkotják. Más társulásokban nem versenyképesek, a szukcesszió kezdeti stádiumát képviselik. Élőhelyeiken általában könnyen regenerálódnak. A Kiskörei-tározóban e cönózisok területi részesedése mindig alacsony, 1994-ben 2,05 km<sup>2</sup> volt, ez az érték 1998-ra 3,44 km<sup>2</sup> –re emelkedett. A foltok számában ugyan erre az időszakra vonatkozóan csökkenés volt megfigyelhető, míg összterületi értékük növekedett. Ez azt jelenti, hogy a betelepülés kezdeti stádiumában a szétszóródott foltok növekedésük során összenőttek. A polikormon-foltok mérete információt nyújt azok koráról. A *Potamogeton* fajok polikormon képzésénél megfigyelhető volt, hogy bizonyos idő eltelte után a foltok növekedése során először az állomány közepe "fellazult", majd gyűrűszerű körré fejlődött. A *Nymphoides* polikormonok esetében a foltok növekedése során ez a fellazulás nem volt megfigyelhető. Az egyes fajok polikormonjainak, -„atolljainak” (*Varga 1931*) - növekedése, a víztest áramlási viszonyainak megváltoztatásával, megfelelő életteret biztosítanak a hydrotherophyta fajok betelepüléséhez, melynek eredményeként újabb, eutróf tavi élőhelyek kialakulását, és azok területi növekedését teszik lehetővé. Ezen komplexek cönózisait, a foltjaik számát és területi részesedéseit a *4. táblázatban* foglaltuk össze.



1. ábra. A Kiskörei-tározó vegetáció-térképe 1994-ben és 1998-ban  
 Figure 1. Vegetation map of the Kiskörei reservoir in 1994. and 1998.

1. táblázat. A Kiskörei-tározó különböző cönózisainak területi részesedése és foltjainak száma az 1994. és 1998. évekre vonatkozó vegetáció-térképeken

Table 1. The area share of the various coenoses of the Kiskörei reservoir and the number of patches, on the vegetation maps for the years 1994 and 1998

A vegetáció-térképek térinformatikai feldolgozásának eredményei					
Kiskörei-tározó		1994	1994	1998	1998
Kódok	CÖNÓZISOK	Foltok száma	Terület (km <sup>2</sup> )	Foltok száma	Terület (km <sup>2</sup> )
1	Növénymentes nyílt víz	69	57,322	35	52,786
10 (10B)	<i>Trapo-Nymphoidetum</i>	20	0,8622	43	2,042
10A	<i>Nymphoidetum peltatae</i>	309	1,1615	142	2,293
10B1	<i>Trapo-Nymphoidetum najadetosum</i>	27	0,2423	1	0,005
10C	<i>Trapo-Nymphoidetum utricularietosum</i>	1	0,001	4	0,266
11	<i>Nymphaeetum albo-luteae</i>	107	0,8404	13	0,048
11A	<i>Nymphaeetum albo-luteae trapetosum</i>	20	0,8002	3	0,168
11A1	<i>Nymphaeetum albo-luteae trapetosum + ceratophyllosum demersi</i>			8	0,209
11B	<i>Nymphaeetum albo-luteae nupharetosum</i>	1	0,0002	1	0,0001
13	<i>Najadetum marini</i>	81	0,2314		
13A	<i>Najadetum marini trapetosum</i>			2	0,142
15 (15A)	<i>Salicetum albae-fragilis</i>			3	0,013
16	Telepített erdő, erdősáv, irtásrét, újulatok	110	15,115	26	2,067
16-16A	Vegyes			30	14,698
16A	Telepített erdő mocsári elemekkel (nád, gyékény, sás, harmatkása)	136	11,4328	148	5,949
17	<i>Myriophyllo-Potametum</i>	40	0,0881		
17A	<i>Potametum perfoliati</i>	31	0,3172	2	0,045
17B	<i>Potametum pectinati</i>			2	0,002
17D(C)	<i>Potametum lucentis</i>	2	0,0022	27	0,328
18	<i>Ceratophylletum demersi</i>	9	0,0978	23	0,412
18M	<i>Ceratophylletum demersi myriophylletosum verticillati</i>	1	0,0145		
20 (20A)	<i>Potentillion anserinae</i>	19	0,6481	18	0,932
(21) 21A	<i>Lemno-Spirodeletum wolffietosum arrhizae</i>	1	0,0341		
21B	<i>Lemno-Spirodeletum wolffietosum arrhizae ceratophyllosum</i>	1	0,002	1	0,015
22A	<i>Hydrochari-Stratiotetum</i>			1	0,009
29 (19)	<i>Caricetum acutiformis</i>	1	0,0116	6	0,129
19A	<i>Caricetum elatae</i>				
2 (2B)	<i>Trapetum natantis</i>	353	5,8733	197	9,498
2A	<i>Trapetum natantis potametosum nodosi</i>	153	1,1612	46	1,713
2A1	<i>Trapetum natantis potametosum nodosi + najadosum</i>	1	0,1978	6	0,164
2B1	<i>Trapetum natantis + mocsári elemekkel</i>	24	0,3946	8	0,222
2B2	<i>Trapetum natantis ceratophyllosum</i>			6	0,8
2C	<i>Trapetum natantis najadetosum marini</i>	11	0,0314	13	0,146
2D	<i>Trapetum natantis utricularietosum neglecti</i>	38	7,2748	14	2,511
2D1	<i>Trapetum natantis utricularietosum neglecti + ceratophyllosum</i>	4	0,1941	2	0,329
2F	<i>Trapetum natantis nymphaetosum</i>	41	1,8248	100	1,454
2F1	<i>Trapetum natantis nymphaetosum + ceratophyllosum</i>			55	1,272
2F2	<i>Trapetum natantis nupharetosum</i>			1	0,007
2G	<i>Trapetum natantis ceratophylletosum demersi</i>	3	0,1004	2	0,05
2H	<i>Trapetum natantis salvinietosum</i>	2	0,1026		
2H1	<i>Trapetum natantis salvinietosum ceratophyllosum demersi</i>	2	0,0312		
3 (14)	<i>Potametum nodosi</i>	89	0,5503	28	0,757
3A	<i>Potametum nodosi nymphoidetosum peltati</i>	6	0,0169	3	0,02
3A1	<i>Potametum nodosi nymphoidetosum peltati -Cladophora-s</i>	1	0,002		
8	<i>Glycerio-Sparganietum</i>	3	0,0028	1	0,005
8A	<i>Glycerietum maximae</i>	7	0,0215	3	0,037
8B	<i>Sparganietum erecti</i>	54	0,0437	10	0,028
9	<i>Scirpo-Phragmitetum</i>	26	0,1167	7	0,357
9A	<i>Phragmitetum communis</i>	512	1,6822	448	2,299
9B	<i>Typhetum latifoliae</i>	13	0,0198	11	1,042
9C	<i>Typhetum angustifoliae</i>	815	15,1587	643	18,637
9D	<i>Phragmitetum communis sparganietosum erecti</i>	4	0,0226	2	0,0071
9E	<i>Phragmitetum communis glycerietosum maximi</i>	2	0,0096	16	0,259
9F	<i>Schoenoplectetum lacustris</i>	133	0,1145	14	0,0002
	Összesen	3283	124,1721	2175	124,1722

A kevert állományok létrejötte az áramlást kedvelő fajok számára a csekély versenyképességük miatt nem kedvező. Ezért fajaiknak, újabb nyíltvízi területek elfoglalását teszi szükségessé. *Kitka* (2003) vizsgálatai szerint ezen cönózisok állományainak terjedése az 1994-es és az 1998-as éveket összehasonlítva, mindig a tározó belseje, vagyis a nyílt vízfelületek felé történt. A vizsgálatokból egyértelműen látszott, hogy a nyílt vízfelszínnek területéből legnagyobb részt az áramlóvízű élőhelyekre jellemző fajok cönózisai foglalták el.

A Kiskörei-tározóban, az áramlóvízi élőhelyeket indikáló hydro-hemikriptofita fajok (*Szalma* 1998a) közül, eddig a következők jelenlétét tudtuk regisztrálni, *Potamogeton nodosus*, *Potamogeton natans*, *Potamogeton pectinatus*, *Potamogeton perfoliatus*, *Potamogeton lucens*, *Myriophyllum spicatum*, és *Nymphoides peltata*.

A tározóban előforduló társulásai:

*Potametum nodosi* (Soó 1960, Passarge 1964)  
*Potametum perfoliati* (Koch 1926, em. Passarge 1964)  
*Potametum lucentis* (Hueck 1931)  
*Potametum pectinati* (Carstensen 1955)  
*Myriophyllo-Potametum* (Soó 1934)  
*Nymphoidetum peltatae* (Allorge 1922, Bellot 1951)

#### **Eutróf állóvízű (mocsári) élőhelyek és élőhely komplexek**

Az élőhelyek cönózisainak tározótérben való elterjedését az 1994. és 1998. évekre vonatkozóan a 3. ábra szemlélteti.

A részletes vizsgálati eredményeket, a tározóban előforduló cönózisok jegyzékét, a foltjaik számát és területi részesedésüket a 3-4. táblázat foglalja össze.

A 3. és a 4. táblázat eredményeiből kitűnik, hogy a tározó eutróf állóvízű élőhelyeinek összterületi részesedése 1994. és 1998. között, eltérő élőhelytípus komplexeket alkotó állományok területeivel együtt (3. táblázat) 2,2 km<sup>2</sup>-rel növekedett.

A tározó térben az eutróf állóvízű élőhelytípus állományok területi növekedésének egyik előfeltétele, az áramlóvízű és/vagy a mocsári társulások folyamatos térhódítása. Ezen állományok terjedése, illetve polikormonjainak növekedése újabb életteret biztosítanak az oda betelepült, ezekkel állomány-komplexeket alkotó eutróf állóvízű élőhelyekre jellemző, hydro-therophyta életformájú (*Szalma* 1998a, 1998b) populációk számára. Az eutróf állóvízű élőhelyek populációit kivétel nélkül egyéves /vagy turionnal áttelelő inváziós fajok alkotják, ezért az élőhelyeken –társulások karakter fajainak termőhely-igényeit figyelembe véve- általában magas borítási /egyedszám értékkel lehet azokat jellemezni. Élőhelyüket meghatározó vízutánpótlásuk tápanyagban gazdag felszíni vizekből történik. Élénk dinamikájú társulások, melyek állományai évről évre számottevő különbségeket mutatnak a záródás, a horizontális mintázat, foltosság, zonalitás tekintetében. A termőhely vízellátottsága szempontjából az állandó vízborítást igénylik, vízszint-ingadozással szemben nem érzékenyek.

Az eutróf állóvízi- és áramlóvízi állomány-komplexek összterületi értéke, a négy év alatt 1,71 km<sup>2</sup>-rel növekedett.

A tározóban megfigyelt cönózisait a 4. táblázat foglalja össze.

A tározó eutróf álló- és disztróf állóvízi állomány-komplexek összterületi értéke csak kis mértékben (0,48 km<sup>2</sup>-rel) növekedett. Ez megfelel annak a ténynek, hogy a tározóban a disztróf állóvízű élőhelyek földrajzilag élesen lehatárolható területekhez köthetők, és élőhelyek szempontjából is eltérőek.

A tározóban előforduló eutróf állóvízű élőhelyekre jellemző fajok, a *Trapa natans*, a *Hydrocharis morsus-ranae*, a *Ceratophyllum demersum*, az *Utricularia australis*, a *Lemna minor*, a *Spirodela polyrhiza*, a *Wolffia arrhiza* és a *Salvinia natans*.

Syntaxonómiai szempontból a következő asszociációk jelenlétét tudtuk regisztrálni:

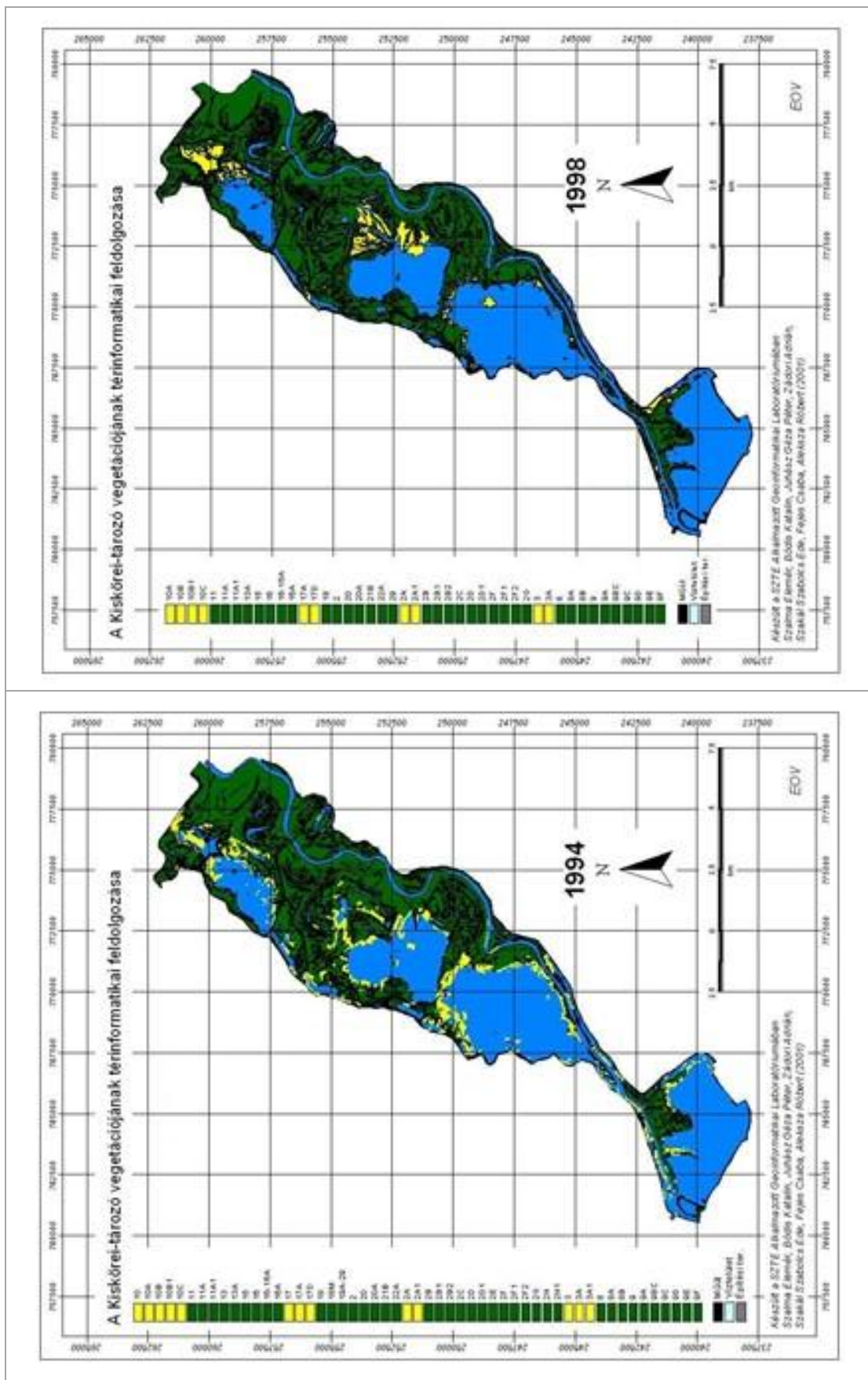
*Trapetum natantis* (V. Kárpáti 1963)  
*Hydrocharitetum morsus-ranae* (van Langendonck 1935)  
*Salvinio-Spirodeletum* (Slavnić 1956)  
*Lemnetum minoris* (Soó 1927)  
*Ceratophylletum demersi* (Hild 1956)  
*Wolffietum arrhizae* (Miyav. & J. Tx. 1960)

Az 1994 -es vegetációtérkép alapján a tározó hínártársulásai közül a *Trapetum natantis* a legnagyobb területi részesedésű asszociáció. Napjainkra szinte az egész tározó területét uralja. Karakter faja a sulyom (*Trapa natans*) kevés kivétellel szinte minden társulásban jelen volt, azokkal állomány komplexeket alkotva. Többek között ezt támasztotta alá, a több mint 180 cönológiai felvétel eredménye is.

A-tározó területén 1996-ban került először sor a sulyom (*Trapa natans*) állományait alkotó egyedek morfológiai vizsgálatára, melyek célja e növényfaj terjedésével kapcsolatos információk kibővítése volt (*Szalma* 1998b, *Szalma és Pomogyi* 1999). A vizsgálatok során a következőket tudtuk megállapítani.

A homogén sulyomos állományból származó sulyom minták emerz (rozetta) és szubmerz levélzete minden esetben jól fejlettek voltak. A *Potamogeton nodosus* és *Nymphoides peltata* (áramlóvízű élőhelyek) kevertállományokból származó sulyomok esetében a szubmerz levélzet csak az aljzathoz közeli nóduszokon volt megfigyelhető. Az emerz levélzet területi értékei alulmaradtak a homogén sulyomos értékeivel szemben. Itt a sulyom a rá jellemző „Trapoid” növekedési forma helyett „Natopotamid” növekedési formává alakult, hasonlóan az öt körülvevő *Potamogeton sp. hydro-hemikriptofita* állományokhoz.

A víz alatti hajtások hossza a kevert állományokban a vízmélység másfél- vagy kétszerese volt. Ugyanakkor a homogén sulyomosban két és fél vagy háromszoros értéket is elérte. Megállapítottuk, hogy ez a tulajdonság a sulyomot versenyképesebbé teszi más fajokkal szemben, ugyanis, szinte minden esetben föléjük nőve, árnyékolásával - azonos élőhelytípuson belül - ki tudja szorítani azokat (interspecifikus kompetíció). A homogén sulyomosban mért magas hajtáshossz értékek a fajon belüli versengést (intraspecifikus kompetíció) is nagyon jól szemléltették.



2. ábra: Áramlózivű élőhelyek elterjedése (sárga szín) a Kiskörei-tározóban, az 1994. és 1998. évben  
 Figure 2: Distribution of habitats with flowing water (yellow color) in the Kiskörei reservoir, in 1994 and 1998



2. táblázat. Az áramlóvízű élőhelyek cönózisai és kódjai, a foltok számai és területi részesedésük  
Table 2. Coenoses and codes of flowing water habitats, numbers of patches and their territorial share

Kódok	ÁRAMLÓVÍZŰ ÉLŐHELYEK CÖNÓZISAI Cönózisok	1994	1994	1998	1998
		Foltok száma	Terület (km <sup>2</sup> )	Foltok száma	Terület (km <sup>2</sup> )
10A	<i>Nymphoidetum peltatae</i>	309	1,1615	142	2,2930
17	<i>Myriophyllo-Potametum</i>	40	0,0881		
17A	<i>Potametum perfoliati</i>	29	0,2461	2	0,0450
17B	<i>Potametum pectinati</i>			2	0,0020
17D(C)	<i>Potametum lucentis</i>	2	0,0022	27	0,3280
3 (14)	<i>Potamogetum nodosi</i>	89	0,5503	28	0,7570
3A	<i>Potametum nodosi- Nymphoidetum peltatae</i>	6	0,0169	3	0,0200
	Összesen	475	2,0651	204	3,4450

Vizsgálataink során, a tározó területén a sulyom „Tra-poid” növekedési formájának két altípusát is el tudtuk különíteni. Ezeket oldalhajtásainak (rozetta) megjelenésétől és számától függően neveztük el:

1. "árnyékforma" (1. fotó) – melyek csak egyetlen le-vélrózsát (rozettát) fejlesztettek
2. "fényforma" (2. fotó) – melyek egy termésből fejlődő több oldalhajtással és rajta több rozettával rendelkeztek.



1. fotó. A sulyom (*Trapa natans* L.) ún. „árnyékformájának” fo-tója. (Fotó: Szalma E)  
Photo 1. The photo of so-called "shadow form" of *Trapa na-tans* L. (Photo by E. Szalma)

A két forma megjelenését elsősorban az árnyékolás erőssége befolyásolta. Az „árnyékforma” a más fajokkal kevert, vagy a 100% összborítású homogén sulyomos állományokban, míg a „fényforma” csak a homogén állományok nyíltvíz felőli szélén fordult elő. Érdekes eredménynek bizonyult, hogy a sulyom belső állományaiban az érett termések száma mindig alacsonyabb volt, mint a nyíltvíz felőli részen. Ezek alapján megállapítottuk, hogy a sulyom terjedésében jelentős szerephez jutnak, az ún. „fényformához” tartozó egyedek, mivel az egy egyedre vonatkozó terméshozamuk nagyobb, mint a homogén állományokban található egyedeké, ezzel jobban elősegítik az állományok növekedését és/vagy terjedését.



2. fotó. A sulyom (*Trapa natans* L.) ún. „fényformájának” fo-tója (Fotó: Szalma E.)  
Photo 2. The photo of the so-called "form of light" of *Trapa na-tans* L. (Photo by E. Szalma)

#### Disztróf állóvízű (láptavi) élőhelyek

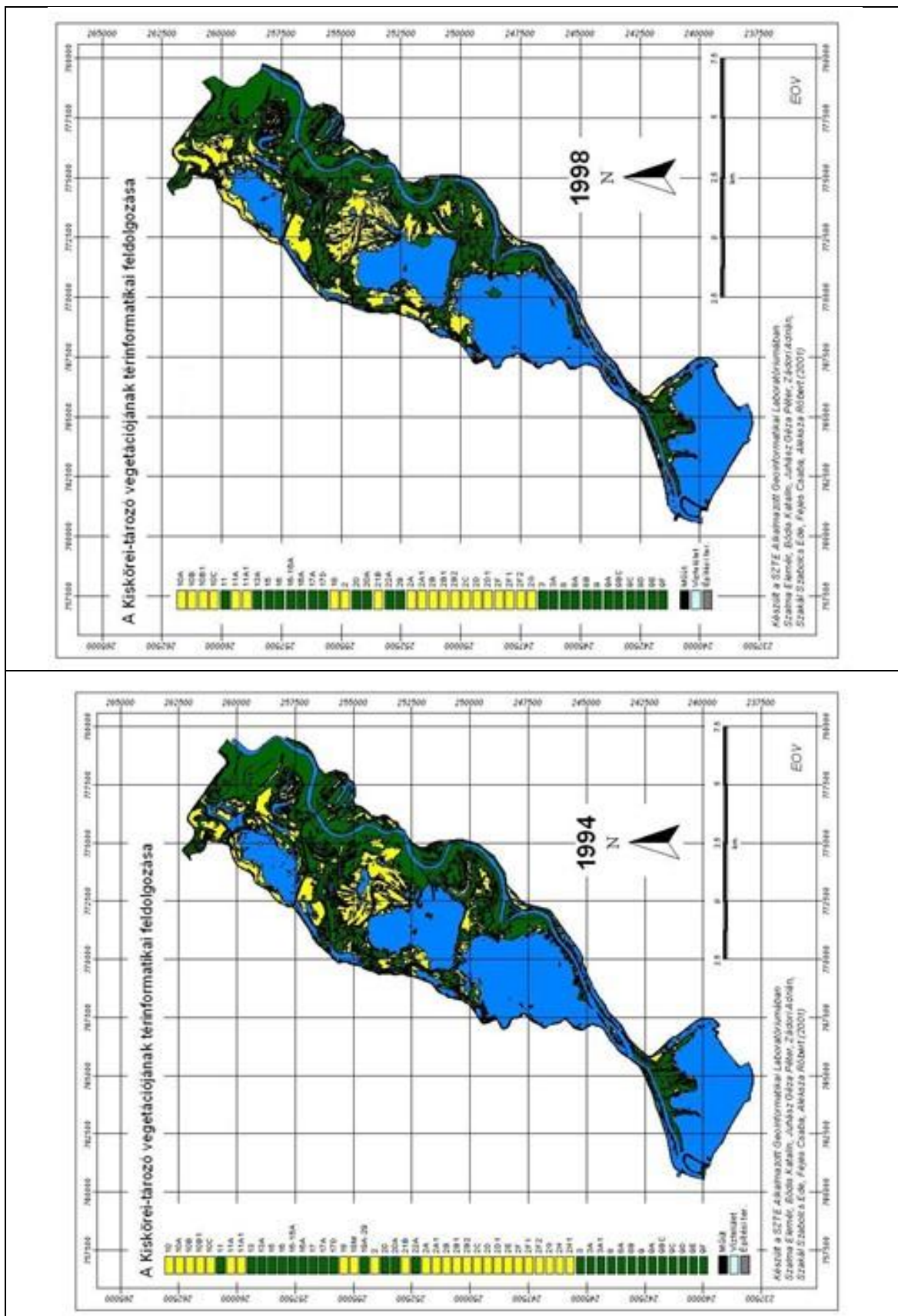
A Kiskörei-tározó disztróf állóvízű élőhelyeinek területi részesedése a négy év alatt csekély mértékben változott (1994-ben 3,46 km<sup>2</sup>, 1998-ban 3,17 km<sup>2</sup>). Ez összefüggésbe hozható azzal, hogy ezek az élőhelyek jól körülhatárolható területekhez köthetők, melyek az Óhalászi-, a Csapói-, a Hordódi-Holt-Tisza, a Nagymorotva és a Szartos (4. ábra).

Általános tapasztalat, hogy ezek víztestei humusz-szakban gazdagok, sötétbarna színűek, eltérnek a tározótérben található víztestektől (Bárdosi és társai 2000). Jellemző cönózisaikkal kapcsolatos adatokat az 5. táblázatban foglaltuk össze.

Jellemző fajaik kivétel nélkül adaptálódtak a víztest időszakos anaerob viszonyaihoz (Decay 1980, 1981, Decay és Klug 1979, 1982, Armstrong 1979, Armstrong és Beckett 1987, Szalma és Kiss 2006a, b). Ezekben az élőhelyeken előfordult jellemző növényfajok: *Nymphaea alba*, *Nuphar lutea*; *Stratiotes aloides* L, *Myriophyllum verticillatum*, *Riccia fluitans*, *Lemna trisulca*, *Utricularia vulgaris*, *Ricciocarpus natans*.

#### Társulásaik:

*Nymphaetum albo-luteae* (Nowinski 1928)  
*Myriophylletum verticillati* (Gaudet 1924)  
*Stratiotetum aloidis* (Nowinski 1930)  
*Lemnetum trisulcae* (Knapp et Stoffers 1962)  
*Ricciatum fluitantis* (Slavinč 1956)  
*Lemno-Utricularietum vulgaris* (Soó 1928)



3. ábra. Az eutróf állóvíz élőhelyek elterjedése (sárga szín) a Kiskörei-tározóban, az 1994. és a 1998. évben (Szalma és társai szerkesztése 2001)  
 Figure 3. Distribution of eutrophic stillwater habitats (yellow color) in the Kiskörei reservoir, 1994. and 1998. years (Edited by Szalma et al. 2001)

3. táblázat. Eutróf állóvíz (mocsári) hydro-therophyta állomány foltjainak száma és területi részesedéseik  
Table 3. Number of patches of eutrophic stagnant water (marsh) hydro-therophyta population and their territorial shares

Kódok	EUTRÓF ÁLLÓVIZEK FELVÉTELEZETT CÖNÓZISOK	1994		1998	
		Foltok száma	Terület (km <sup>2</sup> )	Foltok száma	Terület (km <sup>2</sup> )
18	<i>Ceratophylletum demersi</i>	9	0,0978	23	0,4120
18M	<i>Ceratophylletum demersi myriophylletosum</i>	1	0,0145		
(21)21A	<i>Lemno-Spirodeletum wolffietosum arrhizae</i>	1	0,0341		
21B	<i>Lemno-Spirodeletum wolffietosum arrhizae ceratophyllosum</i>	1	0,0020	1	0,0150
2 (2B)	<i>Trapetum natantis</i>	353	5,8733	197	9,4980
2B2	<i>Trapetum natantis ceratophyllosum</i>			6	0,8000
2D	<i>Trapetum natantis utricularietosum neglecti</i>	38	7,2748	14	2,5110
2D1	<i>Trapetum natantis utricularietosum neglecti ceratophyllosum</i>	2	0,1230	2	0,3290
2G	<i>Trapetum natantis ceratophylletosum demersi</i>	3	0,1004	2	0,0500
2H	<i>Trapetum natantis salviniatosum</i>	2	0,1026		
2H1	<i>Trapetum natantis salviniatosum ceratophyllosum demersi</i>	2	0,0312		
	<b>Összesen</b>	<b>412</b>	<b>13,6537</b>	<b>245</b>	<b>13,6150</b>

4. táblázat. Eutróf állóvíz - áramlóvízi komplexeket alkotó állományok foltjainak száma és területi részesedéseik  
Table 4: Number of patches of stands forming eutrophic standing water - flowing water complexes and their territorial shares

Kódok	EUTRÓF ÁLLÓVÍZI / ÁRAMLÓVÍZI KOMPLEXEK	1994		1998	
		Foltok száma	Terület (km <sup>2</sup> )	Foltok száma	Terület (km <sup>2</sup> )
10(10B)	<i>Trapo-Nymphoidetum</i>	20	0,8622	43	2,0420
10B1	<i>Trapo-Nymphoidetum najadetosum</i>	27	0,2423	1	0,0050
10C	<i>Trapo-Nymphoidetum utricularioetosum</i>	1	0,0010	4	0,2660
2A	<i>Trapetum natantis potametosum nodosi</i>	153	1,1612	46	1,7130
2A1	<i>Trapetum natantis potametosum nodosi + najadosum</i>	1	0,1978	6	0,1640
	<b>Összesen</b>	<b>202</b>	<b>2,4645</b>	<b>100</b>	<b>4,1900</b>

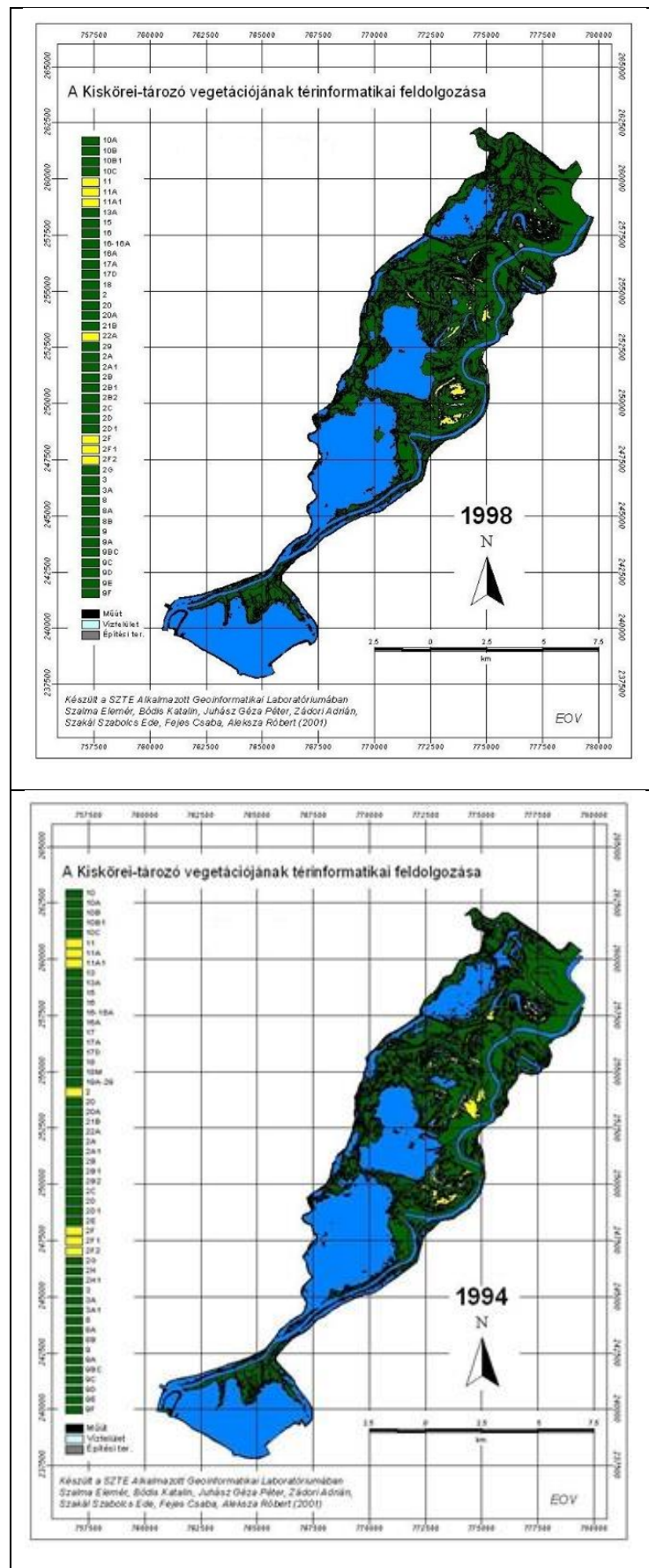
A tározó disztróf (láptavi) állóvízű élőhelyei, az Óhalászi-, a Csapói-, a Hordódi-Holt-Tisza, a Nagymorotva, és a Szartos kettős vízutánpótlásúak, ami azt jelenti, hogy felszíni és szezonálisan felszín alatti vizekből táplálkozik. Ennek eredménye egyrészt, hogy a holtágak vízkémiai adatai eltérnek a tározótér nyíltvízi kémiai adatsoraitól. Másrészt pedig a közvetlen felszíni vízutánpótlás lehetővé teszi az eutróf állóvízű fajok betelepülését, a disztróf-eutróf komplexek létrejöttét (6. táblázat).

A holtágakban szezonálisan változó oxigén-rétegzettség volt megfigyelhető. A kialakult oxigén-rétegzettség (anaerobia) ideje alatt, a fenékközeli réteg növényi tápanyagban mindig szegény volt (KÖTIVIZIG 2001 adatai alapján).

Ezt erősítik Tóth és Almási (2001) hidrogeológiai kutatásainak eredményei is, melyekben rámutatnak, hogy a Tisza Kiskőrei-tározó Poroszlói- és Tiszavalki-medencét érintő szakaszán mintegy 50 km átmérőjű felfelé

áramló felszínalatti vízmozgás figyelhető meg. Ennek a kiáramlási (csapolási) területei a fent említett holtmedrek. A hidrobotanikai eredményeken kívül ezt látjuk alátámasztani az Óhalászi Holt-Tisza víztestének rétegzettség vizsgálati eredményei is (Teszárné és társai 2005).

A hidrobotanikai, vízkémiai és hidrogeológiai vizsgálatok eredményeit messzemenőig alátámasztják a területre vonatkozó geofizikai vizsgálatok eredményei is, melyek alapján a következőket tudtuk megállapítani. A fent említett élőhelyek kivétel nélkül mélyszerkezeti árok szélén, mélyszerkezeti vonalak (geológiai törésvonalak) mentén, tehát mélyszerkezeti medence (felső) peremi részén helyezkednek el. Kizárólag a Poroszlói-, Tiszavalki és a Tiszafüredi-medencék alatt találhatóak olyan nagyon markáns szerkezeti vonalak vagy törésvonalak, melyek lehetővé teszik anaerob felszín alatti vizek közvetlen területre való kiáramlását (Kiss és Szalma 2007, Szalma és Kiss 2006a, 2006b) (5. ábra).



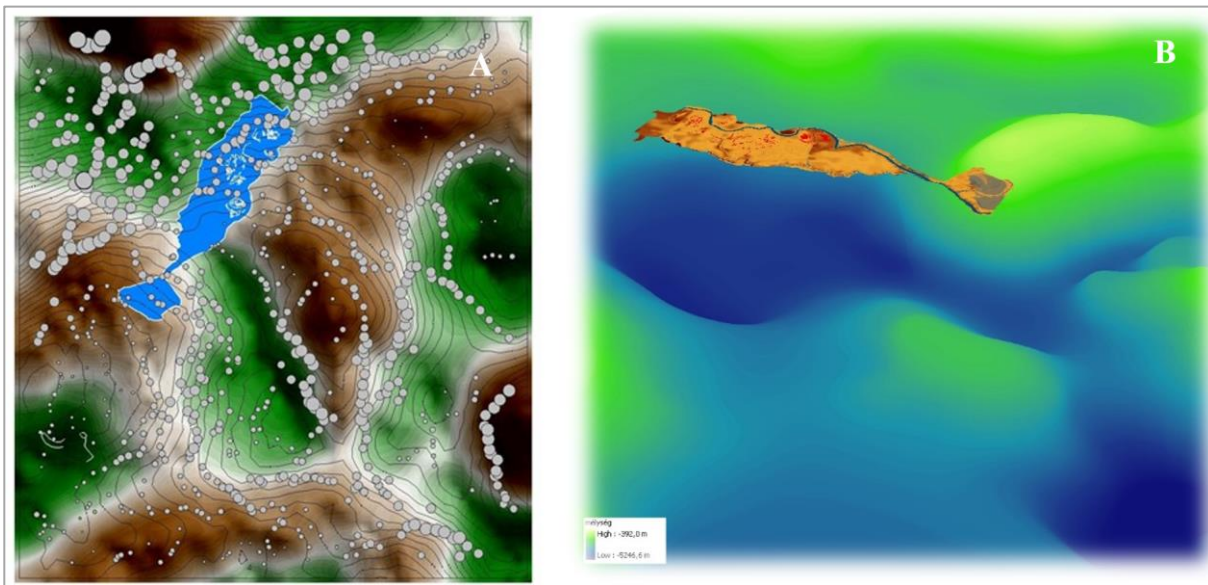
4. ábra. Disztróf (Láptavi) állóvízű élőhelyek elterjedése (sárga szín) a Kiskörei-tározóban 1994-ben és 1998-ban (Szalma és társai szerkesztése 2001)  
 Figure 4. Distribution of dystrophic (Moor lake) stillwater habitats (yellow color) in the Kiskörei reservoir in 1994 and 1998 (Edited by Szalma et al. 2001)

5. táblázat. Disztróf állóvízű (Láptavi) állomány foltjainak száma és területi részesedése  
Table 5. The number and territorial share of patches of dystrophic standing water (Moor lake) stock

DISZTRÓF ÁLLÓVIZŰ (Láptavi) ÉLŐHELYEK TÁRSULÁSAI					
	Kiskörei-tározó	1994	1994	1998	1998
Kódok	Cönózisok	Foltok száma	Terület (km <sup>2</sup> )	Foltok száma	Terület (km <sup>2</sup> )
11	<i>Nymphaetum albo-luteae</i>	107	0,8404	13	0,0480
11B	<i>Nymphaetum albo-luteae nupharetosum</i>			1	0,0001
22A	<i>Hydrochari-Stratiotetum</i>			1	0,0090
		<b>107</b>	<b>0,8404</b>	<b>15</b>	<b>0,0571</b>

6. táblázat. Disztróf– eutróf komplexek állomány foltjainak száma és területi részesedése  
Table 6. The number and territorial share of patches of dystrophic - eutrophic complexes

EUTRÓF ÁLLÓVIZI / DISZTRÓF ÁLLÓVIZI KOMPLEXEK					
	Kiskörei-tározó	1994	1994	1998	1998
Kódok	Cönózisok	Foltok száma	Terület (km <sup>2</sup> )	Foltok száma	Terület (km <sup>2</sup> )
11A	<i>Nymphaetum albo-luteae trapetosum</i>	20	0,8002	3	0,1680
11A1	<i>Nymphaetum albo-luteae trapetosum ceratophyllosum</i>			8	0,2090
2F	<i>Trapetum natantis nymphaetosum</i>	41	1,8248	100	1,4540
2F1	<i>Trapetum natantis nymphaetosum ceratophyllosum</i>			55	1,2720
2F2	<i>Trapetum natantis nupharetosum</i>			1	0,0070
		<b>61</b>	<b>2,6250</b>	<b>167</b>	<b>3,1100</b>



5. ábra. Kiskörei-tározó gravitációs Bouguer-anomália és gravitációs lineamentek térképe (A), Kiskörei-tározó és mélyszerkezeti árok kapcsolata 3 D ábrázolásban (B)

Figure 5. Kisköre reservoir gravity Bouguer anomaly and map of gravity lineaments (A), relationship between Kisköre reservoir and deep structural trench in 3D representation (B)

## ÖSSZEFOGLALÁS

A kutatás egyik fontos megállapítása volt, hogy a Kiskörei-tározó magasabbrendű vizenővényeinek megjelenését és terjedését elsődlegesen a víztest áramlási viszonyai (lotikus, lentikus), a víz tápanyag-ellátottsága (mezo- eutróf) és a vízutánpótlás milyensége (felszín és felszín alatti) határozzák meg. Ezek alapján a tározóban három – 1. áramlóvízű, 2. eutróf állóvízű (mocsári) és 3. disztróf állóvízű (polihumózus vízű,) – láptavi élőhelytípusokat tudunk azonosítani. Áramlóvízű élőhelyek populációit tipikusan

pionír, élő, hydro-hemikriptofita fajok alkotják. Más társulásokban nem versenyeznek, a szukcesszió kezdeti stádiumát képviselik. Élőhelyeiken általában könnyen regenerálódnak. A Kiskörei-tározóban e cönózisok területi részesedése mindig alacsony. Az eutróf állóvízű élőhelyek populációit kivétel nélkül egyéves /vagy turionnal áttelelő inváziós fajok alkotják, ezért az élőhelyeken –társulások karakter fajainak termőhely-igényeit figyelembe véve – általában magas borítási /egyedszám értékkel lehet azokat jellemezni. Élőhelyüket meghatározó vízutánpótlásuk táp-

anyagban gazdag felszíni vizekből történik. Más élőhely-típusokkal állomány komplexeket alkothatnak. A Poroszlói-, Tiszavalki és a Tiszafüredi medencék holtmedrei alatt található, nagyon markáns geológiai szerkezeti vonalak lehetővé teszik anaerob felszín alatti vizek közvetlen területre való kiáramlását, ezzel disztróf állóvízű (polihumózus vízű, láptavi) élőhelytípusok kialakulását, karakter populációinak megjelenését.

## IRODALOMJEGYZÉK

*Armstrong, W. (1979).* Aeration in higher plants. Adv. Bot. Res., 7. pp. 225-332. [https://doi.org/10.1016/S0065-2296\(08\)60089-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2296(08)60089-0)

*Armstrong, W., Beckett, P.M. (1987).* Internal aeration and the development of stelar anoxia in submerged roots. A multishelled mathematical model combining axial diffusion of oxygen in the cortex with radial losses to the stele, the wall layers and the rhizosphere. New Phytol 105. pp. 221-245. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1987.tb00860.x>

*B. Tóth M. (1977).* A tározó területén fekvő holtágak hidroökológiai viszonyai. In: Bancsi, I. (szerk): Adatok a Tisza környezettani ismertetéséhez, különös tekintettel a Kiskörei vízlépcső területére. KÖTIVIZIG Kiskörei Laboratórium, Kisköre. VIZDOK Budapest. pp. 95-97.

*Bancsi I. (1977).* Az Abádszalóki kísérleti terület vizsgálatának eredményei. In: Bancsi, I. (szerk): Adatok a Tisza környezettani ismertetéséhez, különös tekintettel a Kiskörei vízlépcső területére. KÖTIVIZIG Kiskörei Laboratórium, Kisköre. VIZDOK Budapest. pp. 112-137.

*Bárdosi E., Nagy S., Dévai Gy., Grigorszky I., Kiss B., Végvári P., Bancsi I. (2000).* Az oxigénviszonyok változottsága holtmedrek példáján. Hidrológiai Közöny, 80. évf. 5. szám, pp. 275-277.

*Bodrogközy Gy. (1965).* Die Vegetation des Theiss-Wellenraumes. II. Vegetationanalyse und Standortökologie der Wasser- und Sumpfpflanzenzone im Raum von Tiszafüred. Tiscia 1. pp. 5-31.

*Braun-Blanquet, J. (1964).* Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. – 3. Aufl., Springer, Wien / New York, 6 5. <https://doi.org/10.1007/978-3-7091-8110-2>

*Decay, J.W.H. (1980).* Internal winds in waterlilies: an adaptation for life in anaerobic sediments. Science. 210. pp. 1017-1019. <https://doi.org/10.1126/science.210.4473.1017>

*Decay, J.W.H. (1981).* Pressurized ventilation in yellow waterlily. Ecology 62. pp. 1137-1147. <https://doi.org/10.2307/1937277>

*Decay, J.W.H., Klug, M.J. (1979).* Methane efflux from lake sediments through water lilies. Science 203. pp. 1253-1255. <https://doi.org/10.1126/science.203.4386.1253>

*Decay, J.W.H., Klug, M.J. (1982).* Ventilation by floating leaves in Nuphar. Amer. J. Bot. 69 (6). pp. 999-1003. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1982.tb13344.x>

*Hamar J. (1987).* A Kiskörei-tározó vízi vegetációja. In: Bancsi I. és Karcagi G. (szerk): Album a Kiskörei tározó térségéről. KÖTIVIZIG, Szolnok. pp. 205-213.

*Kiss J., Szalma E. (2007).* Tünderrozsák és a gravitációs tér!? Magyar Geofizika 48. évf. 2. szám. pp. 1001-1014.

*Kitka G. (2003).* A Tisza-tó környezeti hatásainak és vegetációjának vizsgálata geoinformatikai eszközökkel. Diplomamunka, - SZTE. Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, pp. 1-44.

*KÖTIVIZIG adatszolgáltatás (2001)* A Kiskörei Laboratórium 2000. 06. 14, 2001. 05. 07. és 2001. 07. 14. adatai

*Pomogyi P., Bancsi I., Szalma E. (1996).* A Kiskörei -tározó (Tisza-tó) vegetációtérképezése. Bot. Közlem. pp. 174-175.

*Pomogyi P., Szalma E. (1995).* A Kiskörei-tározó hínár- és mocsári vegetációja 1993-1994. Kutatási Jelentés. Kézirat. Keszthely-Szeged. pp. 1 –19.

*Pomogyi P., Szalma E. (1996).* A makrovegetáció szerkezeti változásának felmérése a Kiskörei-tározóban 1996 nyarán. Tanulmány. Kézirat. Keszthely-Szeged. pp. 1-4.

*Pomogyi P., Szalma E. (1998).* A kiskörei-tározó vízi- és mocsári vegetációja 1997-1998. Kutatási jelentés. Kézirat. Keszthely-Szeged. pp. 1-11.

*Sass J. (1987).* A Kiskörei tározó egyes jellemzőinek vizsgálata távérzékelési eszközökkel. In: Bancsi, I. és Karcagi, G. (szerk): Album a Kiskörei tározó térségéről. KÖTIVIZIG, Szolnok. pp. 111-120.

*Szalma E. (1998a).* A new classification of hydrophyte life form. Management and ecology of aquatic plants. 10<sup>th</sup> EWRS International Symposium on Aquatic Weeds, Lisboa. pp. 131-134.

*Szalma E. (1998b).* Vízinövények életformái. Hidrológiai Közöny, 78. évf. 5-6. szám 342.

*Szalma E., Pomogyi P. (1999).* The Morphological Basis of the Distribution of Water-Chestnut (*Trapa natans* L.). XVI. International Botanical Congress, St. Louis, Missouri, USA, Abstracts. 443.

*Szalma E. (1998c).* Kiskörei-tározó vízinövény állományainak ökológiai vizsgálata (A növényzet betelepülése és terjedése). Kutatási jelentés. Kézirat. Szeged. pp. 1-10.

*Szalma E., Bódis K., Juhász G., Zádori A., Szakál Sz., Fejes Cs., Aleksza R., Pomogyi P. (2002).* A Kiskörei-tározó hínár- és mocsári növényzetének 1994–1998 közötti változása, a vegetáció-térképek földrajzi információs rendszer (FIR) segítségével való feldolgozása és értékelése. I. Vízinövények. Hidrológiai Közöny, 82. évf. XLIII. Hidrobiológus Napok Tihany, 2001. október 3-5. 5. Különszám, pp. 128-130.

*Szalma E., Kiss J. (2006a).* Paradigmaváltás a hidrobiológiában, avagy hol alakulnak ki a lápi és szikes élőhelyek? The 13th. Symposium on Analytical and Environmental Problems, Szeged. Abstracts of the conference pp. 19-23.

*Szalma E., Kiss J. (2006b).* A Kiskunsági Nemzeti Park területén található felszín alatti vizektől függő vizes élőhelyek botanikai és geofizikai vizsgálata. Hidrológiai Tájékoztató. pp. 61-62.

*Teszárné N.M., Máriafigeti K., Végvári P., Csépes E., Bancsi I. (2005).* A jég alatti rétegzettség vizsgálata az Óhalászi-Holt-Tiszán, Hidrológiai Közlöny, 85. évf. XLVI. Hidrobiológus Napok Tihany, 2004. október 6-8. 6. Különszám, pp. 144-146.

*Tóth J., Almási I. (2001).* Interpretation of observed fluid potential patterns in a deep sedimentary basin under tectonic compression: Hungarian Great Plain, Pannonian Basin. Geofluids. 1. pp. 11-36.

<https://doi.org/10.1046/j.1468-8123.2001.11004.x>

*Varga L. (1931).* A hínár (*Potamogeton pectinatus L.*) érdekes alakulása a Fertőben. A Magyar Biológiai Kutató Intézet Munkái, Vol. IV. pp. 343-355.

## A SZERZŐ



**SZALMA ELEMÉR** a Szegedi Tudományegyetem nyugalmazott docense, a Szalma Bt. ügyvezető igazgatója. Biológia- testnevelés és biológia szakos általános és középiskolai tanári diplomákat a Juhász Gyula Tanárképző Főiskolán (Szeged) és a József Attila Tudományegyetemen (Szeged) szerezte. Doktori disszertációját a József Attila Tudományegyetemen védte meg 1986-ban melynek címe: „A Tisza-menti holtágak hínárvegetációjának synökológiai analízise”. A PhD fokozatot 2004. évben a Debreceni Egyetemen szerezte, melynek címe, „Vízínövények életformája és élőhelyeik szerinti csoportosítása”. Kutatási területe: álló és folyóvizek vízi makrofita társulásainak hidrobotanikai vizsgálata. Felszín alatti vizektől függő vizes élőhelyek, szikes tavak és lápok kutatása. Vízi- és mocsári növényfajok élet- és növekedési formáinak ökológiája. Vízínövények funkcionális csoportjainak ökológiai és ökohidrológiai kutatása. Az SZTE Hidroökológiai kutatócsoport vezetője. A Magyar Biológiai Társaság szegedi csoportjának elnökhelyettese, a CSE-METE környezetvédelmi egyesület alapító- és elnökségi tagja. A Magyar Hidrológiai Társaság Vizes élőhely-védelmi szakosztály elnöke és a Társaság tagja 2016 óta.



*Hínárkaszás a Tisza-tavon (Forrás: PECAVERZUM.HU)  
Water plants harvesting on Lake Tisza (Source: PECAVERZUM.HU)*

## A trícium szerepe és viselkedése a légkörben és a csapadékban: természetes és antropogén hatások

László Elemér<sup>1</sup>, Leelőssy Ádám<sup>2</sup>, Hajnal Andor<sup>3</sup>, Baksa Mátyás<sup>1</sup>, Palcsu László<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Izotóp Klimatológiai és Környezetkutató Központ, HUN-REN Atommagkutató Intézet, Debrecen, Bem tér 18/C, (e-mail: laszlo.elemer@atomki.hu)

<sup>2</sup>ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A

<sup>3</sup>Isotoptech Zrt., Debrecen, Bem tér 18/C

DOI: 10.59258/hk.17591



### Kivonat

A trícium régóta használt, hasznos nyomjelző izotóp a légköri transzport, a felszíni és a felszín alatti vizek, valamint a globális vízforgalom tanulmányozásához. Az elmúlt évtizedekben a tríciummérések alkalmazása jelentősen megnövekedett a vízkutatásban, hidrológiában, meteorológiában, oceanográfiában. A tanulmány célja, hogy bemutassa a trícium természetes és mesterséges forrásait és nyelőit, valamint kémiai-fizikai formáit a légkörben. Továbbá összefoglaljuk a csapadékban a trícium környezeti szintjét befolyásoló hatásokat: a hidrológiai ciklus különböző fizikai folyamatait, a csapadék mennyiségét, hígulását, a naptevékenységet, a szélességi és szárazföldi hatást. 1963 óta a nukleáris tesztekkel származó magas tríciumkoncentráció a csapadékban jelentősen lecsökkent, majdnem elérve az egyensúlyi szintet. Emiatt a tríciumidősorokban azonosíthatók lettek a naptevékenység által kiváltott mintázatok, amelyeket a légköri folyamatok szintén befolyásolnak.

### Kulcsszavak

Trícium (<sup>3</sup>H), hidrológiai ciklus, légköri folyamatok, antropogén források, radioaktív bomlás.

## The role and behaviour of tritium in the atmosphere and precipitation: natural and anthropogenic impacts

### Abstract

Tritium has long been known as a useful tracer for the study of air-mass transport, surface and groundwater, and global water circulation. In addition, the use of tritium measurements in various fields has increased significantly in recent decades in water research, hydrology, meteorology and oceanography. The study aims to present the natural and artificial sources and sinks and chemical-physical forms of tritium in the atmosphere. Furthermore, we summarize the effects on the environmental level of tritium in the precipitation, such as the different physical processes of the hydrological cycle, the amount of precipitation, dilution, solar activity, latitude and continental effects. Since 1963, the atmospheric test-ban treaty, bomb tritium concentrations in precipitation have significantly declined, reaching an almost steady-state level. Therefore, solar activity-induced patterns in tritium time series can be identified, which are also significantly influenced by atmospheric processes.

### Keywords

Tritium (<sup>3</sup>H), hydrological cycle, atmospheric processes, anthropogenic sources, radioactive decay.

### BEVEZETÉS

A trícium (<sup>3</sup>H) a hidrogén egy protont és két neutronot tartalmazó instabil izotópjá. A kozmogén eredetű trícium a felső légkörben keletkezik oxigénből és nitrogénből, kozmikus sugárzás hatására (Ehhalt és Rohrer 2009, Hapell és társai 2004). A trícium radioaktív izotóp, felezési ideje 12,32 év (~4500 nap) (Lucas és Unterweger 2000). Béta-bomlása során <sup>3</sup>He keletkezik. Koncentrációjának kifejezésére a TU (Tritium Unit = tríciumegység) használatos: 1 TU = egy triciált víz (HTO) molekula 10<sup>18</sup> vízmolekulára vonatkoztatva. Ezenkívül használatos még az úgynevezett aktivitáskoncentráció is, Bq/kg mértékegységgel: 1 TU = 0,119 Bq/kg víz esetén.

A trícium radioaktív természetét az 1930-as években már ismerték, de a mérési eszközök akkoriban nem voltak megfelelőek a környezetben való jelenlétének kimutatására (Alvarez és Cornog 1939). A természetes trícium jelenlétét először a légköri hidrogénben detektálták 1948-ban, Hamburg közelében (Faltings és Harteck 1950), majd

felszíni vízből is kimérték (Grosse és társai 1951). Az évtized második felében több kutatócsoport vizsgálta a tríciumot természetes vizekben és borkészletekben, majd a kapott eredményeket hidrológiai vizsgálatokban hasznosították (Begemann és Libby 1957, Kaufman és Libby 1954). Később a méréstechnikát továbbfejlesztették, javították az analitikai pontosságot és növelték a környezeti megfigyelések számát is (Öestlund és Dorsey 1975, Öestlund és Werner 1962).

A csapadék mesterséges radioaktivitásának mérését Magyarországon Szalay Sándor kezdte meg Debrecenben az ötvenes évek elején az Atommagkutató Intézetben (ATOMKI). A kutatók egy végablakos Geiger–Müller β-számlálócsővel vizsgálták a Debrecenben lehullott csapadék aktivitását (Szalay és Berényi 1955). Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál 1955-től megszervezték a levegő és a csapadék β-aktivitásának rendszeres mérését (Flórián 1958, Simon 1966). A VITUKI-ban 1970-ben kezdődött hazai felszín alatti vizeink környezeti izotóptartalmának



feltárása. A karszterületek tríciumvizsgálatával és az adatok hidrogeológiai értékelésével Dénes György foglalkozott (Dénes és Deák 1981). Deák József számos tanulmánya tanúsítja, hogy a VITUKI Tricarb laboratóriumában mérték a felszín alatti vizek tríciumkoncentrációját, majd ezt alkalmazták vízkor meghatározásához (Stute és társai 1997), hidrogeológiai kutatásokhoz (Deák 1975, 2006, Deák és társai 1992), vízáramlási sebesség becsléséhez (Fehér és társai 1991, Böhlke 1997). Hazánkban a Magyar Tudományos Akadémia Izotóp Intézetének kutatói 1977-ben kezdték el vizsgálni a csapadék tríciumtartalmát Budapest, Győr, Pécs, Baja és Debrecen térségéből származó mintákból (Kurucz Csiky 1983), továbbá összehasonlító méréseket végeztek Badacsonyi és Kecskei környékén lehulló csapadék és helyben termelt borok tríciumkoncentráció-értékei között (Kozák és Biró 1984). Tokaji, Pannonhalma, Szekszárd és Villány borvidékeiről származó borok tríciumtartalmának idősorait elemezték (László és társai, 2024). Ezenkívül faévgűrűk cellulózából rekonstruálták a légköri tríciumaktivitást (Kozák 1982, Kozák és Horvatin 1989). A 2000-es évektől kezdődően több évtizedes, folyamatos csapadékgyűjtést, a minták izotópanalitikai mérését és kiértékelését az Atommagkutató Intézetben (ATOMKI) végezik, amelynek eredményei rangos nemzetközi folyóiratokban jelentek meg (Vodila és társai 2011, Palcsu és társai 2010b, Palcsu és társai 2018, Kern és társai, 2020).

A tanulmány célja, hogy átfogó képet nyújtson a trícium ( $^3\text{H}$ ) természetes és antropogén forrásairól, eloszlásáról és viselkedéséről a légkörben és a csapadékban, különös tekintettel a naptevékenység és a hidrológiai ciklus közötti kapcsolatokra. Kiemelt figyelmet fordítunk a trícium térbeli és időbeli változásainak elemzésére, valamint annak bemutatására, hogy a különböző mérési módszerek – köztük a SARIMAX (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average + exogenous variables) modellezési technika – hogyan segíthetnek a csapadékban lévő trícium szintjének és annak természetes variabilitásának pontos becslésében. A kutatás célja továbbá, hogy hozzájáruljon a globális vízforgalom és a környezeti trícium terjedésének mélyebb megértéséhez, valamint új perspektívákat kínáljon a trícium alkalmazására a meteorológiai és hidrológiai kutatásokban.

### A trícium természetes forrásai

A kozmikus sugarak nagyenergiájú töltött részecskékből állnak, amelyek többsége a Naprendszeren kívülről érkezik (galaktikus és extragalaktikus kozmikus sugárzás), továbbá jelen van az alacsonyabb energiájú szoláris kozmikus sugárzás (SCR – Secondary Cosmic Rays) is. A Föld légkörébe eljutott kozmikus eredetű részecskék másodlagos részecskéket produkálnak. A másodlagos neutronok és nuklidok a reakcióik folyamán jól ismert kozmogén izotópokat hoznak létre: a  $^{14}\text{C}$  és a  $^3\text{H}$  főként  $^{14}\text{N}(n,p)^{14}\text{C}$ ,  $^{14}\text{N}(n,^3\text{H})^{12}\text{C}$  reakciókban jönnek létre. Az átlagos természetes termelési sebességet körülbelül  $2500 \text{ atom}\cdot\text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ -nek becsülték (Craig és Lal 1960, Masarik és Beer 1999). A kozmogén eredetű trícium kétharmada a sztratoszférában, míg egyharmada a troposzférában keletkezik, és kisebb mértékben triciált hidrogén (HT) formában marad

(Happell és társai 2004). A képződött trícium a sztratoszférikus oxigénnel és hidroxidionokkal reagál:  $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{HTO}$ , és triciált víz (HTO) formájában bekerül a hidrológiai ciklusba. A trícium a geoökológiai rezervoárokban a hidrogénatomok (prócium) egy kis részét helyettesíti. Természetes körülmények között a  $^3\text{H}$  atomok egyensúlyi koncentrációban vannak. Ezen egyensúlyi koncentrációk azonban antropogén, ritkábban intenzívebb kozmogén események hatására megváltozhatnak.

Neutronsugárzás nem csak a kozmikus sugárzás hatására képződik, hanem a felszín alatt is, amikor az urán és a tórium spontán hasadásából származó neutronok, az  $(\alpha, n)$  reakciók során lítiumgazdag kőzetekben tríciumot képeznek a következőképpen:  $^6\text{Li} + n \rightarrow ^3\text{H} + \alpha$ . A geogén trícium közvetlenül bekerül a talajvízbe, aminek a koncentrációja az alapkőzet Li-tartalmától és porozitásától függ. A rövid felezési idő és az alacsony képződési sebesség általában kizárja a geogén  $^3\text{H}$  jelentős felhalmozódását, bár egyes kőzetekben mérhető mennyiségek lehetnek. A legtöbb víztartó rétegben a geogén  $^3\text{H}$  jóval kevesebb, mint 0,1 TU.

### A trícium antropogén forrásai

A trícium természetes képződésen kívül antropogén forrásokból is juthat a légkörbe, ezek a nukleáris iparhoz köthetők: nukleáris fegyverek tesztelése, atomerőművek és nukleáris reprocesszáló üzemek. A  $^3\text{H}$  környezetbe került mennyisége az IAEA adatai alapján 1945-ben még elhanyagolhatóan alacsony volt (3-5 TU volt a hozzájárulás a környezeti szinthez), azonban a második világháborút követően a hidrogénbombák térhódításával jelentősen emelkedett a szintje, mígnem elérte az 1963-as csúcspontot („bombacsúcs”), mely csaknem 4000 (más források szerint mintegy 6000) TU-s koncentrációt tett ki az északi félteke kontinentális területein (Calmon-Garnier-Laplace 2010). Az USA és a Szovjetunió 1963-as Atomcsend Egyezménye alapján a két nagyhatalom leállította a nukleáris fegyverek tesztelését a légkörben, a vízfelszín alatt, illetve a világűrben. Ennek hatására a tríciumszint meredek csökkenésnek indult, mígnem az 1980-as évek végére megközelítette a hidegháború előtti szintet. A nukleáris fegyverkísérletek számának jelentős csökkenése miatt az antropogén kibocsátások nagy része mára az atomreaktorokból és reprocesszáló létesítményekből származik.

A másik antropogén forrás az ipari létesítményekhez köthető, amelyek úgynevezett technogén tríciumot bocsátanak ki. Az ipari egységek szintetikus és szerves anyagokkal dolgoznak, amibe belekerülhet a technogén trícium. Ezeket az általában nagymértékben triciált molekulákat vagy részecskéket a gyógyszeripari ágazatok termelik, mint például a Bristol-csatorna és a Cardiff-öböl mellett működő ipari létesítmények (Croudace és társai 2012). Óraipari létesítmények környezetében is megfigyelhetők szennyező források, ahol triciált festékek (Schonhofer és Pock 1995) találhatóak, melyeket a Rhône felső szakaszán üledékes kőzetekben találtak (Jean-Baptiste és társai 2007).

### A tríciumtartalom mérési technikái

#### Folyadékszcintillációs technika:

A folyadékszcintillációs technika a leggyakrabban használt módszer a tríciumkoncentráció mérésére vízben

vagy más folyadékokban. Ez a módszer a trícium béta-sugárzását használja ki. A mintához folyadékszintillációs szcintillátorokat adnak, amelyek fluoresszkálnak, amikor a tríciumból származó béta-sugárzás hatására gerjesztődnek. A szcintillátorokból származó fényt a detektorok érzékelik. Elektrolitikus dúsítással, vagyis a minta növelésével az érzékenység javítható, így a kimutathatósági határ csökkenthető. A kimutathatósági határ elektrolitikus dúsítás nélkül 2-3 TU, dúsítással elérhető 0,5 TU, de akár 0,1 TU is.

#### **Gázproporcionális számlálási technika:**

A gázproporcionális számlálási technika során a mintából kinyerik a hidrogént, és azt reakcióval metánná vagy etánná szintetizálják. Ezután a gáz keverve kerül egy gázproporcionális számlálóba. A trícium béta-sugárzása hatására a gáz fluoresszkál, és a detektorok érzékelik ezt a fluoresszcenciát. Ez a módszer alacsonyabb kimutathatósági határral rendelkezik, mint a folyadékszintillációs technika. A kimutathatósági határ elektrolitikus dúsítás nélkül 3 TU, dúsítással 0,1 TU (Wood és társai 1993).

#### **Nemesgáz-tömegspektrométerrel:**

Ebben a módszerben a trícium bomlása során keletkező hélium-3 ( $^3\text{He}$ ) mennyiségét mérjük meg. A vízminta tríciumtartalma héliummá ( $^3\text{He}$ ) bomlik, majd a nemesgáz-tömegspektrométer segítségével határozzák meg a  $^3\text{He}$  mennyiségét, ami azonos a trícium mennyiségével. Ez a módszer rendkívül érzékeny, és nagyon alacsony kimutathatósági határral rendelkezik. A kimutathatósági határ ~0,002 TU (Papp és társai 2012).

Ezek a módszerek különböző előnyökkel és korlátozásokkal rendelkeznek, és az alkalmazás céljától, illetve a minta típusától függően választják ki őket. A folyadékszintillációs technika például egyszerű és gyors, de a kimutathatósági határa nem olyan alacsony, mint a többi módszernek. A nemesgáz-tömegspektrométerrel történő mérés sokkal érzékenyebb, de bonyolultabb és drágább is lehet.

A HUN-REN Atommagkutató Intézet Izotópklimatológiai Laboratóriumában (IKER) csapadékminták tríciumkoncentrációjának méréséhez két nemesgáz-tömegspektrométert használunk: Fisons VG-5400 és HelixSFT (Palcsu és társai 2010a, Papp és társai 2012).

### **A TRÍCIUM FIZIKAI-KÉMIAI FORMÁI**

A környezetben a trícium minden hidrogéntartalmú vegyületben jelen van a geoszféra minden részében, beleértve az atmoszférát, a hidroszférát és a litoszférát, a bioszférát és az antroposzférát. A trícium számos fizikai-kémiai formája a szférák között folyamatosan cserélődik.

#### **Trícium a csapadékokban**

A trícium domináns formája a HTO (szupernehéz víz vagy triciált víz). Leggyakrabban a HT (tríciumgáz) oxidációjának hatására keletkezik, azaz a tríciumatomok reakcióba lépnek a környező prócium- és oxigénatomokkal, létrehozva a HTO-molekulákat. Potenciálisan az egész hidroszférában megtalálható, mint pl. csapadékvízben, a felszíni és felszín alatti vízben, a tengervízben, az üledékek között és a párolgó vízben (Connan és társai 2015). A HTO főként csapadék formájában, nedves ülepedéssel jut le a földfelszínre, ahol bekerül a felszíni víztestekbe, és az infiltráció útján eléri a felszín alatti vízkészleteket is. Ezért

a HTO-koncentráció mérést gyakran alkalmazzák a felszíni és a felszín alatti vizek szivárgási idejének meghatározásához, valamint az ipari környezetből kibocsátott triciált víz tengerben történő eloszlásának vizsgálatához (Dow és DeWalle 2000, Fiévet és társai 2013). A HTO a növényi szervezetekbe is beépülhet azok vízfelvétele nyomán.

#### **Trícium a levegőnedvességben**

A sztratoszféra az a tározó, ahol a természetes  $^3\text{H}$  nagy része felhalmozódik (becsült érték  $5 \times 10^5$  TU –  $9 \times 10^5$  TU), a kis mennyiségű sztratoszférikus nedvesség (3,5-6 ppm) mellett. Ez a tározó a fő természetes forrása a troposzférikus levegőnedvesség  $^3\text{H}$ -koncentrációjának. A sztratoszféra nedvességtartalma nagyságrendekkel több tríciumot tartalmaz, mint a talajszinthez közeli nedvesség, így kis mennyiségű légcserre is jelentősen megnövelheti a keletkező csapadék tríciumkoncentrációját. A vízgőz sztratoszférában becsült tartózkodási ideje 5,4 év, míg a troposzférában 8-10 napra tehető (Ehhalt és Rohrer 2002). A vízgőz talajközeli  $^3\text{H}$ -koncentrációja 5–20 TU között változik (Okai és Takashima 1991).

#### **Trícium a légköri hidrogénben**

A vízen kívül két másik légköri gáz is tartalmazhat tríciumot: a hidrogén ( $\text{H}_2$ ) és a metán ( $\text{CH}_4$ ). A légköri hidrogénben található trícium egy része kozmogén eredetű. A HT molekulák képződéséhez vezető fő reakció a  $\text{TO}_2$  gyök ismétlődő fotodisszociációja, valamint cserereakciója:  $\text{T} + \text{H}_2 \rightarrow \text{HT}$  (Harteck 1954). A kozmikus sugarak által termelt tríciumnak csak 0,1%-a létezik HT formájában, és 99,9%-a HTO-ban. A HT-molekulák nagy része 10 és 40 km közötti magasságban képződik. A HT antropogén eredetű forrásai a nukleáris fűtőelemek reprocessálásából, valamint a föld alatti nukleáris kísérletek termékeként juthat a légkörbe. További forrása a fúziós energia kutatásából származik, valamint fényforrások gyártása során termelődik. A HT egyéb potenciális forrásai közé tartozik a  $\text{H}_2$  bármely ismert forrása, mint például a fosszilis tüzelőanyagok és a biomassa égetése, valamint a metánból ( $\text{CH}_4$ ) és más szénhidrogénekből történő fotokémiai termelődés.

A légköri HT fő nyelői a talaj általi felvétel és a troposzférában az OH-val való reakció (Novelli 1999), valamint a mikroorganizmusok által lebonyolított HT-oxidáció. Ez a folyamat növeli a talajban lévő tríciumkoncentrációt (Ota és társai 2008), ahonnan később a párolgás révén a légkörbe juthat. A trícium egy része a szerves molekulákba épül be (növényzetbe, a talaj szerves anyagába), ez a növényi anyagcsere-folyamatok során valósul meg (Paul és társai 2016). A felsorolt nyelőknek jelentősnek kell lenniük a HT globális mérlegében, bár ezeket nem becsülték meg. A HT jellemző koncentrációértéke a felszín közelében  $5,5 \times 10^5$ – $1,0 \times 10^6$  TU között alakul (Okai és Takashima 1991).

#### **Trícium a légköri metánból**

A  $\text{CH}_3\text{T}$  molekulák a légkörben a HT és a  $\text{CH}_4$  közötti nukleáris és cserereakciók eredményeként jönnek létre (Bishop és társai 1962, Wolfgang 1961). A légköri trícium mintegy egyharmada triciált metánban raktározódhat. Feltételezik, hogy a metánban található trícium fő forrásai a kutatólaboratóriumok és atomipari intézmények, amelyek technológiája a tríciummal kapcsolatos. A biokémiai reakciók  $\text{CH}_3\text{T}$  molekulái ugyanolyan T/H aránnyal rendelkeznek, mint a környezeti víz. Mivel a légköri HT részt vesz

a biogén metán képződésében, így a folyamat eredményeként a metán tríciumtartalma megnő. A  $\text{CH}_3\text{T}$  jellemző koncentrációértéke a talajszint közelében  $3,2 \times 10^4$ - $4,5 \times 10^4$  TU közötti (Okai és Takashima 1991).

#### Trícium a légköri aeroszol részecskéken

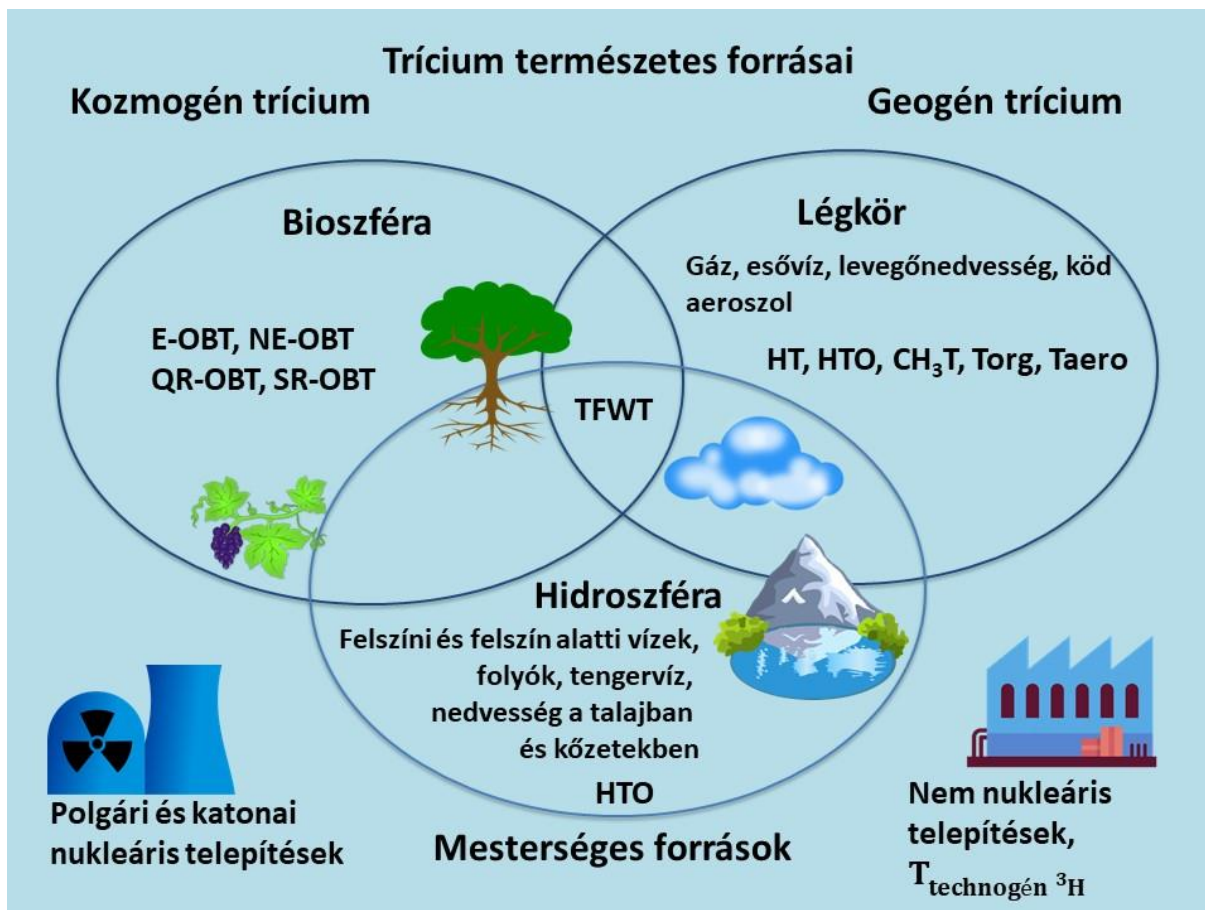
A trícium aeroszolon való megjelenése viszonylag gyengén dokumentált. Ennek mérése akkor lehetséges, ha elkülöníthetők a különböző méretű és eredetű aeroszol részecskék. Ezek a részecskék lehetnek talajrészecskék, baktériumokból álló vagy földi biomassa eredetű részecskék, vagy tríciumot kezelő üzemek által kibocsátott aeroszolak. A triciált aeroszol részecskék vizsgálatával kevés tanulmány foglalkozik, hiszen a mintavételezése és mérése bonyolultabb, mint a többi formájánál (Eyrolle és társai 2018).

#### Trícium a szerves anyagokban (OBT- organically bound tritium)

Szerves molekulákban a tríciumot erős kovalens kötések kötik a szénatomokhoz. Ezeket a kötések nehéz felbontani. A trícium egy része labilis hidrogénkötések formájában is jelen lehet, amelyek a szerves molekulákban lévő oxigén-, nitrogén- vagy kénatomokhoz kapcsolódnak.

Ezek a kötések könnyebben felbonthatók. A trícium tehát cserélhető, nem cserélhető formában is jelen lehet a szerves anyagokban. A cserélhető forma (E-OBT) gyorsan egyensúlyba kerül a környező vízmolekulákban lévő tríciummal, míg a nem cserélhető forma (NE-OBT) hosszabb ideig megmarad a szerves anyagokban. A trícium koncentrációja és az E-OBT és NE-OBT aránya változhat a környezeti körülményektől és a szerves anyagok jellegétől függően (Baglan és társai 2011, Jean-Baptiste és Fourré 2013).

A növényekben, állatokban és a legtöbb környezeti anyagban a labilis hidrogén (a szerves molekulákban található hidrogén mintegy harmada, amely oxigén-, nitrogén- vagy kénatomokkal van kötve) kvázi-azonnali egyensúlyba kerül a környező vízmolekulák hidrogénjével. Ezt a tulajdonságát széles körben használták fel a szervesen kötött trícium, cserélhető (E-OBT) és nem cserélhető (NE-OBT) formáinak megkülönböztetésére. Általában elfogadott, hogy az E-OBT nagyon gyorsan egyensúlyba kerül a szövethez nem kötött tríciumos vízzel (TFWT), amely maga is egyensúlyban van a környezet vízmolekuláival (víz vagy vízgőz), és kivonható víz gyűjtésével és fagyasztással.



1. ábra. A trícium fizikai-kémiai formái a különböző szférákban (Eyrolle és társai 2018 nyomán)

(HT: triciált hidrogén, HTO: triciált víz,  $\text{CH}_3\text{T}$ : triciált metán, Torg: gáznemű szerves trícium, Taero: Triciált aeroszol, TFWT: szövethez nem kötött tríciumos víz,  $T_{\text{Technogén } ^3\text{H}}$ : Technogén trícium, E-OBT: cserélhető szerves kötésű trícium, NE-OBT: nem cserélhető szerves kötésű trícium, QR-OBT: gyorsan újrahasznosított szerves kötésű trícium, SR-OBT: lassan újrahasznosított szerves kötésű trícium)

Figure 1. The physicochemical forms of tritium in different spheres (adapted from Eyrolle et al. 2018)

(HT: tritiated hydrogen, HTO: tritiated water,  $\text{CH}_3\text{T}$ : tritiated methane, Torg: gaseous organic tritium, Taero: tritiated aerosol, TFWT: tissue free water tritium,  $T_{\text{Technogén } ^3\text{H}}$ : Technogenic tritium, E-OBT: exchangeable organically bound tritium, NE-OBT: non-exchangeable organically bound tritium, QR-OBT: quickly recyclable organically bound tritium, SR-OBT: slowly recyclable organically bound tritium)

## A CSAPADÉK TRÍCIUMKONCENTRÁCIÓJÁNAK TÉRBELI ÉS IDŐBELI VÁLTOZÁSA

### Földrajzi szélességi hatás

Az Egyenlítőtől a magasabb földrajzi szélességek felé haladva nő a trícium koncentrációja. Ezt a Föld mágneses terének alakja határozza meg. A Földnek a napszél által befolyásolt geomágneses tere lehetővé teszi, hogy töltött kozmogén részecskék különböző küszöbenergiával juthassanak a légkörbe az Egyenlítőtől a sarkokig. A geomágneses rigiditás az egységnyi töltés impulzusa. A geomágneses rigiditási levágás a Föld mágneses tere által biztosított geomágneses árnyékolás mértékét írja le, amely védelmet nyújt a magnetoszférán kívülről érkező, töltött részecskéket tartalmazó kozmikus sugárzással szemben. A geomágneses rigiditási levágás értéke az egyenlítői régióban 17 GV (gigavolt), míg a poláris térségben 1 GV (*Gerontidou és társai 2021*). Az azonos mágneses rigiditású részecskék mind ugyanazt az utat követik (ugyanabban a mágneses térben a nagyobb rigiditású részecskék egyenesebbek, azaz merevebb utakat követnek). A geomágneses egyenlítőn, ahol a térerővonalak közel párhuzamosak a Föld felszínével, a nem elegendő rigiditású részecskék visszatérítődnek a bolygóközi térbe, mielőtt beléphetnének a légkörbe. A geomágneses egyenlítőtől távolabb, közelebb a geomágneses pólusokhoz a térerővonalak merőlegesebbek a Föld felszínére, ezért párhuzamosabbak a beérkező ionok pályáival. Így sok ion, amely nem tudott bejutni az egyenlítőnél, eljuthat a légkörbe. A mágneses pólusoknál, mivel az erővonalak merőlegesebbek a Föld felszínére, az ionpályák nem hajlanak el, így bármilyen rigiditású ion elérheti a Föld légkört. Ennek eredményeként a kozmikus töltött részecskék a sarkok környékén nagyobb arányban termelnek kozmogén izotópokat, így a tríciumkoncentráció a pólusokon lesz a legmagasabb, míg az Egyenlítőn a legalacsonyabb.

A 2. ábrán jól látható a trícium koncentrációjának szélességi függése: a 30° szélességi körtől északra a  $^3\text{H}$ -koncentráció akár ötszörös is lehet a trópusi régióhoz képest. Ennek fő oka, hogy a Föld geomágneses tere befolyásolja a kozmikus részecskék légkörbe való bejutását. A geomágneses védőpajzs erősebb az Egyenlítő közelében, így ott kevesebb kozmikus sugárzás éri el a légkört, ami alacsonyabb tríciumtermelést eredményez. Ezzel szemben a pólusok közelében gyengébb a geomágneses védelem, így több kozmikus sugárzás éri el a felső légkört, és több trícium keletkezik.

A déli féltekén az éves szezonális ciklus fél évvel eltolódik az északitól, továbbá a csapadékban mérhető trícium-koncentrációk általában alacsonyabbak. Ennek oka egyrészt a déli féltekén kiterjedtebb óceáni területek jelenléte, amelyek nagyobb víztömegükkel hűtjék a légköri vízgőzt, és így alacsonyabb koncentrációjú tríciumot eredményeznek. Másrészt az északi féltekén a 20. században több nukleáris fegyverkísérletet hajtottak végre, és a nukleáris létesítmények is nagyobb mértékben bocsátanak ki tríciumot, ami növeli a technogén eredetű koncentrációt. Az antropogén eredetű izotópok nagy részét az északi szélesség 30°–60° között bocsátják ki. Ez az aránytalan eloszlás is hozzájárul a regionális különbségekhez a trícium légköri koncentrációjában, különösen az északi féltekén.

A két félteke közötti légeserét jelentősen befolyásolja a trópusi összeáramlási zóna (ITCZ – Intertropical Convergence Zone), amely akadályként működik a troposzféra alsó rétegeiben, korlátozva a légtömegek közvetlen horizontális áramlását. Az ITCZ-ben uralkodó intenzív feláramlások miatt a légkör két féltekéjének alsó troposzférikus keveredése korlátozott, ami hatással van a légköri komponensek, például a trícium transzportjára is.

A sztratoszférikus légtömegek keveredése szintén lassú folyamat, amelyet a Brewer-Dobson cirkuláció szabályoz. Ennek eredményeként átlagosan körülbelül két év szükséges ahhoz, hogy a sztratoszféra és a troposzféra között a légköri anyagok, így a trícium koncentrációja is kiegyenlítődjön. A keveredési időt befolyásolják a lokális meteorológiai és dinamikai viszonyok, valamint a trícium sztratoszférában töltött hosszabb tartózkodási ideje.

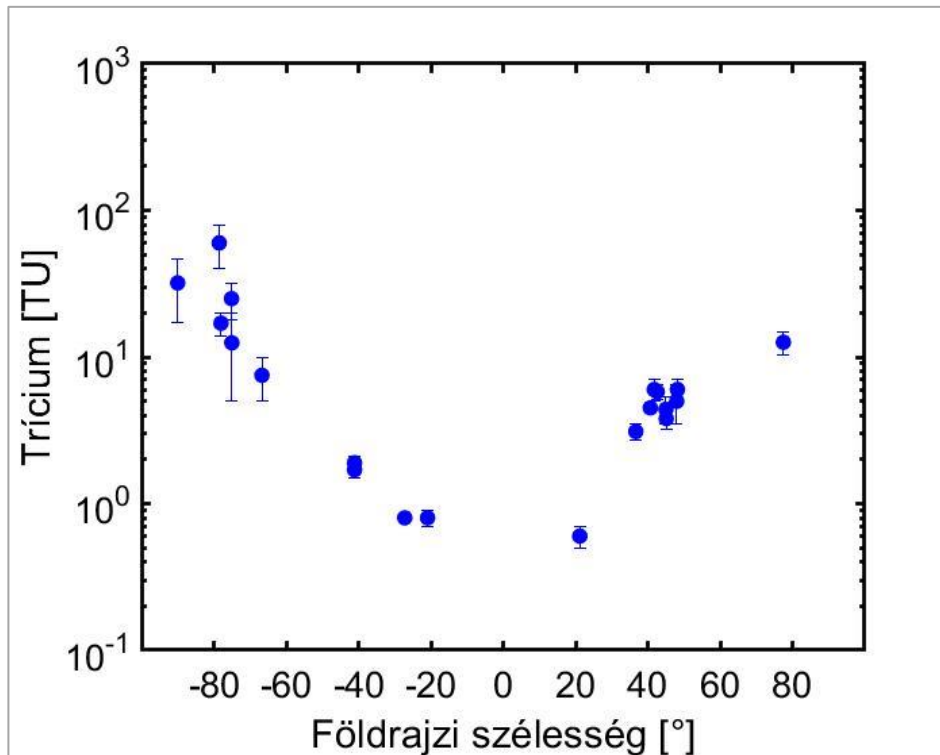
A fentiek következményeként az északi féltekén, különösen a magasabb szélességeken, a trícium koncentrációja szignifikánsan magasabb lehet, mint a déli féltekén. Ez a különbség elsősorban az 1950-es és 1960-as évek nukleáris fegyverkísérleteinek eredménye, amelyek során nagy mennyiségű tríciumot bocsátottak a sztratoszférába, főként az északi féltekén. A hemiszférák közötti lassú transzport miatt a déli féltekére történő átszállítás korlátozott, ami hozzájárul a koncentrációs különbségek fennmaradásához.

### Kontinentális hatás

A trícium térbeli eloszlásában jól megfigyelhető a kontinentális hatás, amely szerint a trícium koncentrációja a partvidékektől a kontinens belső területei felé haladva fokozatosan emelkedik. Ennek magyarázata abban rejlik, hogy az óceánok felett általában alacsonyabb a légköri vízgőz tríciumkoncentrációja, mivel az óceánok vizei hígabbak a trícium szempontjából. Az óceánok felett kialakuló ciklonok, amelyek főként tríciumban szegény vizet tartalmaznak, elsősorban a partvidékeken befolyásolják az időjárást. Ahogy ezek a ciklonok elhagyják a partokat, és a kontinens belseje felé haladnak, a csapadékban mért tríciumkoncentráció növekszik. Ennek egyik fő oka, hogy a troposzférában található trícium beépül a levegő vízmolekuláiba, emellett a magas tríciumtartalmú sztratoszférikus levegő is lejut a troposzférába, különösen nagyobb viharok esetén.

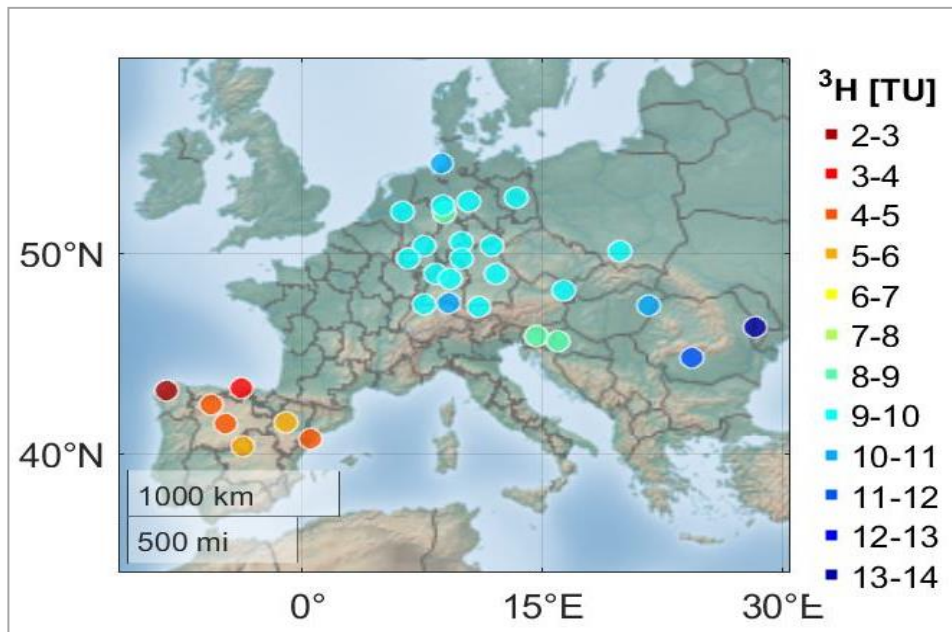
A kontinenseken belül a légköri vízgőz fokozottan cserélődik a felszíni víztestekkel, például folyókkal, tavakkal, amelyek gyakran magasabb tríciumkoncentrációval rendelkeznek, mint az óceánok. Ez a cserefolyamat hozzájárul a kontinens belsejében mért magasabb tríciumértékekhez. A szélességi helyzet és a tengerszint feletti magasság növekedése szintén kedvez a tríciumkoncentráció növekedésének, mivel ezek a tényezők befolyásolják a légköri cirkulációt és a trícium beépülését a csapadékba.

Az olyan partmenti területeken, mint a La Manche csatorna környéke, ahol jelentős technogén tríciumkibocsátás történik (például nukleáris létesítményekből), a csapadékban mért koncentrációk magasabbak lehetnek. Ezek a lokális kibocsátások jelentős hatással lehetnek a regionális tríciumeloszlásra (*Fiévet és társai 2013, Masson és társai 2005*), míg a természetes forrásokból származó trícium eloszlása inkább a földrajzi szélesség, tengerszint feletti magasság és a szárazföldek távolságának függvényében változik.



2. ábra. A csapadéktrícium-koncentráció földrajzi szélességtől való függése a bombacsúcs előtti adatok alapján (Cauquoin és társai 2015)

Figure 2. Latitude dependency of precipitation tritium concentration based on pre-bomb peak data (Cauquoin et al. 2015)



3. ábra. A csapadéktrícium-koncentráció átlagos térbeli eloszlása Európában (Adatok forrása: IAEA/WMO-GNIP adatbázis 2024)  
Figure 3. Average spatial distribution of precipitation tritium concentration in Europe (Data Source: IAEA/WMO-GNIP Database 2024)

### Szezonális változékonyság

A tríciumkoncentráció évi menete a troposzféra és a sztratoszféra közötti kicserélődési folyamatok erősségét követi, és különösen az északi féltekén figyelhető meg. Két fő mechanizmus játszik szerepet a trícium troposzférába történő keveredésében. Az egyik ilyen mechanizmus a kifejlődő zivatarok során következik be, amikor a zivatarfejek behatolnak a tropopauzába. Ilyenkor a légköri keveredés során a sztratoszférából származó trícium és más izotópok lejutnak a troposzféra, és végül csapadékként a

felszínre kerülnek. Ez a folyamat különösen erős zivataroknál figyelhető meg, amikor a zivatarcellák elérik a magasabb légköri rétegeket.

A másik fontos szezonális mechanizmus az úgynevezett "spring leak" jelenség, amely főként tavasz folyamán jelentkezik az északi féltekén. Ekkor a 30°-60° északi szélességi körök között a tropopauza szakadási felületei alakulnak ki, amelyek elősegítik a magasabb tríciumtartalmú sztratoszférikus levegő keveredését a troposzférikus levegővel.

Bár mind a zivatarok, mind a tropopauza-szakadások egész évben kialakulhatnak, legnagyobb gyakoriságuk tavasszal és kora nyáron jellemző. Ennek következtében a tavaszi és kora nyári időszakban a csapadéokban mért tríciumkoncentrációk jelentősen megnövekednek, míg télen alacsonyabb értékek figyelhetők meg. Ez a jelenség különösen intenzív az északi féltekén, mivel itt nagyobb a szárazföldek kiterjedése, ami erőteljesebb felmelegedéshez és légköri instabilitáshoz vezet. A déli féltekén a hasonló folyamatok kevésbé jelentősek, mivel a szárazföldek kisebb kiterjedésűek, és így a tropopauza-szakadások és zivatarok is ritkábbak.

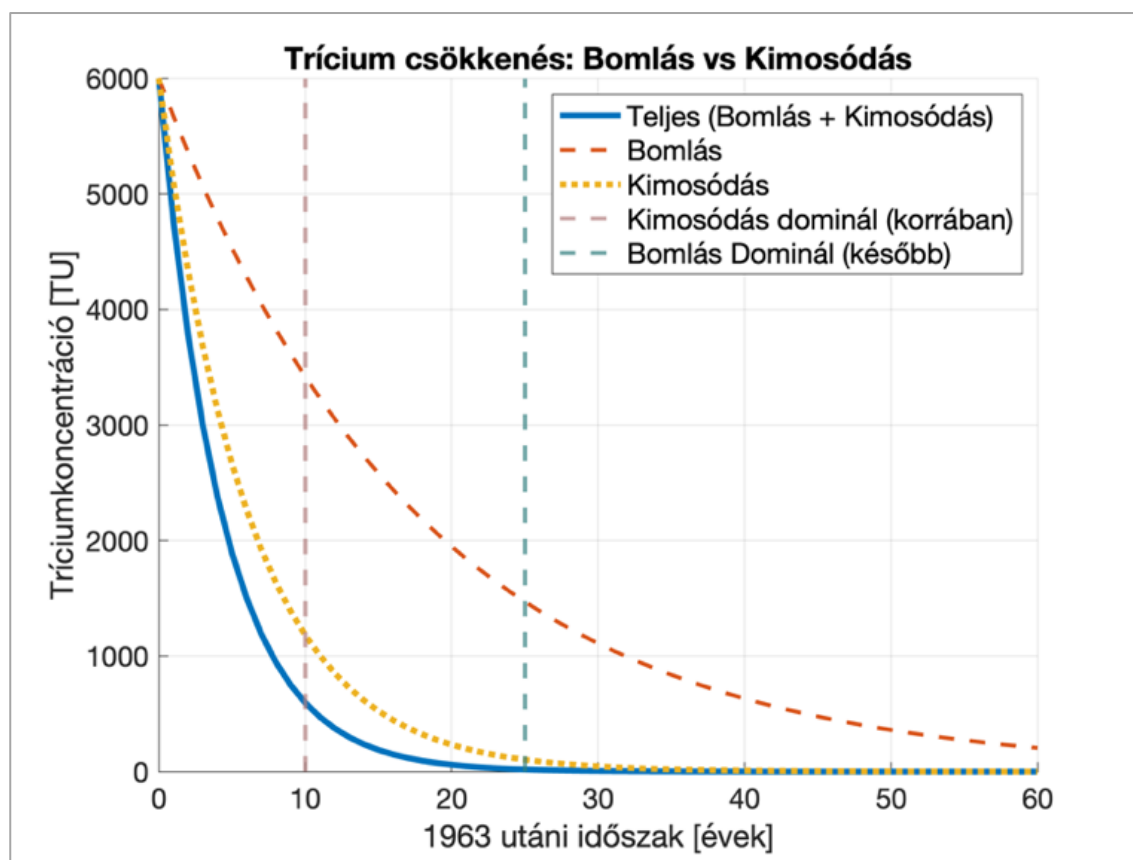
### Hosszú távú változások

A tríciumkoncentráció hosszú távú változásait mind a természetes, mind az antropogén források meghatározzák. A 20. század közepén, különösen az 1950-es és 1960-as években a nukleáris fegyverkísérletek jelentős mértékben növelték a légköri trícium szintjét. A csapadéokban mért tríciumkoncentráció ekkor meghaladta a 4000 TU-t, majd a fegyverkísérletek korlátozása után fokozatos csökkenésnek indult (például Ottawa és Bécs mérései alapján). A tríciumkoncentráció gyors csökkenésének két fő oka volt: i) a radioaktív bomlás, mivel a  $^3\text{H}$  felezési ideje viszonylag rövid, mindössze 12,32 év; ii) a kimosódás, ami a légköri víz gyors cseréje révén valósul meg (4. ábra).

A trícium bomba csúcs utáni időszakban (az 1960-as évek végétől) mind a trícium radioaktív bomlása, mind a légkörből való kimosódás gyorsasága jelentős szerepet

játszott a trícium koncentráció csökkenésében. Azonban a két folyamat relatív fontossága időben változott, és régióként is eltérhetett. A trícium légköri koncentrációjának gyors csökkenését kezdetben a kimosódás dominálta. Ez főként a csapadék révén történik, amikor a trícium az atmoszférából a felszíni vizekbe és talajba kerül. A légköri víz körforgása a troposzférában gyors: a vízgőz átlagosan 8–10 nap alatt kerül az óceánokba, míg a sztratoszférában a víz akár több évig is tartózkodhat. A hidrológiai ciklus részeként a tríciumot tartalmazó vízgőz lecsapódik és eső formájában le hull, ami különösen intenzív lehetett az első években, amikor a légköri koncentráció kiemelkedően magas volt.

Korábban említettük, hogy a trícium felezési ideje 12,32 év, ami viszonylag rövidnek számít, ennek ellenére is a bomlás kezdetben lassabb hatást gyakorolt a koncentrációra, mint a kimosódás. Ahogy a kimosódás révén csökkent a légkörben lévő trícium mennyisége, a bomlás szerepe relatíve egyre hangsúlyosabbá vált. A bomba csúcs utáni első néhány évben a kimosódás volt a domináns folyamat, mivel a trícium gyorsan távozott a légkörből a csapadék révén. Hosszabb távon, ahogy a légköri és környezeti trícium koncentráció egyensúlyba került, a radioaktív bomlás lett a meghatározó folyamat a trícium további csökkenésében. Ezeket a folyamatokat pontosan nyomon lehet követni a légköri és csapadék trícium mérésekből, amelyek jól dokumentáltak az 1960-as évektől kezdődően (5. ábra).



4. ábra. A trícium csökkenése a bomba csúcs után, elméleti számítás  
Figure 4. The decrease of tritium after the bomb peak: theoretical calculation

A 4. ábrán látható, hogy a légköri tríciumkoncentrációjának csökkenése kezdetben a kimosódás (washout, kimosódási ráta 15%) gyorsasága miatt dominál, amit a szagatott vonal mutat. Az első évtizedben a kimosódás felelős a koncentráció nagy részének csökkenéséért. Ahogy az atmoszférából a trícium mennyisége csökken, a radioaktív bomlás (szagatott vonal) szerepe fokozatosan növekszik, és hosszabb időskálán ez lesz a domináns folyamat. Az összesített csökkenést a folytonos vonal mutatja, ami jól szemlélteti, hogyan járul hozzá mindkét folyamat az időbeli változáshoz. Az ábra két szürke vonala szemlélteti azt az időtartamot, amikor egyik vagy másik folyamat dominánsabb.

Bár a globális tríciumszint visszatért a természetes szinthez, egyes régiókban – például Kanada nehézvízes reaktorainál – a helyi kibocsátások továbbra is megemelik a koncentrációt. Ezek a szennyeződések lokális jellegűek, és nem befolyásolják globálisan a légköri trícium szintjét olyan mértékben, mint a korábbi nukleáris fegyverkísérletek.

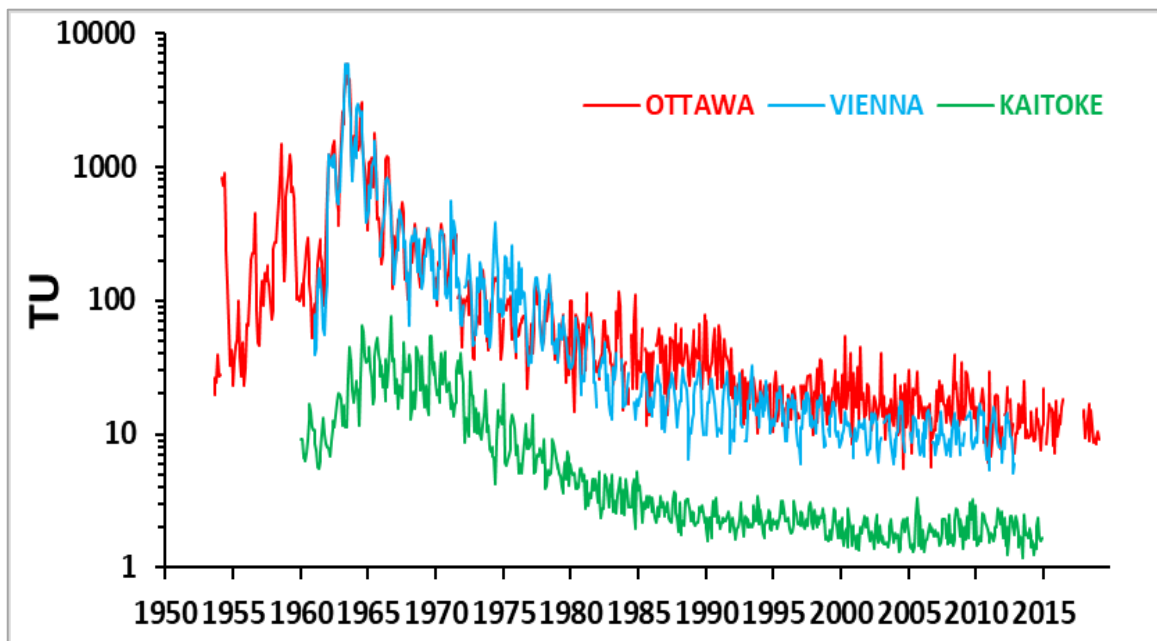
A 2000-es évek elejére azok a csapadégyűjtő helyek, ahol az antropogén kibocsátás minimális, közel egyensúlyi állapotot értek el. Ezek az idősorok jól korrelálnak a naptevékenységgel, különösen a neutronfluxussal (mértékegysége gyakran cpm – counts per minute), amely a napciklusok során változik. Ezen idősorokban kimutatható a 11 éves ciklikusság, amit a neutronmonitor-állomások (Oulu, Hermanus) adatainak a tríciummérésekkel való összevetése bizonyít (Palcsu és társai 2018).

A kutatások ezen eredményei lehetővé tették a trícium-idősorok típusainak azonosítását, és így különbséget lehet tenni a technogén tríciumban gazdag és szegény területek

között (6. ábra). Az előbbi idősorok az antropogén forrásokból származó hatásokat tükrözik, míg az utóbbiak a természetes háttérszintet mutatják. Ezért a természetes eredetű trícium változásainak vizsgálatakor fontos figyelembe venni az adott mérőállomás elhelyezkedését és az esetleges lokális szennyező forrásokat (nukleáris létesítményeket, tárolókat, kísérleti és CANDU reaktorokat). A CANDU egy betűszó, amely a Canadian Deuterium Uranium kifejezést rövidíti. Ez egy Kanada által kifejlesztett nyomott nehézvízes reaktortípus, amely: i) nehézvizet (D<sub>2</sub>O) használ moderátorként és hűtőközegként; ii) természetes uránt alkalmaz fűtőanyagként, ezért nincs szüksége dúsított uránra.

Azokon a területeken, ahol a technogén trícium jelenléte elhanyagolható, a tríciumkoncentráció múltbeli és jövőbeli változásai a neutronfluxus alapján viszonylag pontosan modellezhetők. Az ilyen állomások idősorai jól követik a szezonális és hosszú távú változásokat. Azonban a technogén tríciummal terhelt idősoroknál a becslések pontatlanabbak, mivel ezek a források megszakítják a természetes változásokat, és szabálytalan fluktuációkat eredményeznek (László és társai 2020).

Az idősorok alapján különbséget lehet tenni a technogén tríciumban gazdag és szegény területek között. A technogén szennyezéssel nem terhelt területeken a természetes eredetű változások jobban nyomon követhetők, míg a technogén tríciumban gazdag helyeken az antropogén kibocsátások jelentősen módosítják az idősorok természetes mintázatát. Ezért fontos, hogy a tríciummal kapcsolatos vizsgálatok során a megfelelő helyszíneket válasszuk ki, mivel egyes állomások jelentősen terhelték lehetnek nukleáris eredetű szennyezéssel, például nukleáris reaktorok vagy tárolóhelyek közelében.



5. ábra. A csapadékrícium-koncentráció időbeli változása az északi és déli féltekén (Adatok forrása: IAEA/WMO-GNIP adatbázis, 2024)

Figure 5. Temporal variation of precipitation tritium concentration in the Northern and Southern Hemispheres (Data Source: IAEA/WMO-GNIP Database 2024)

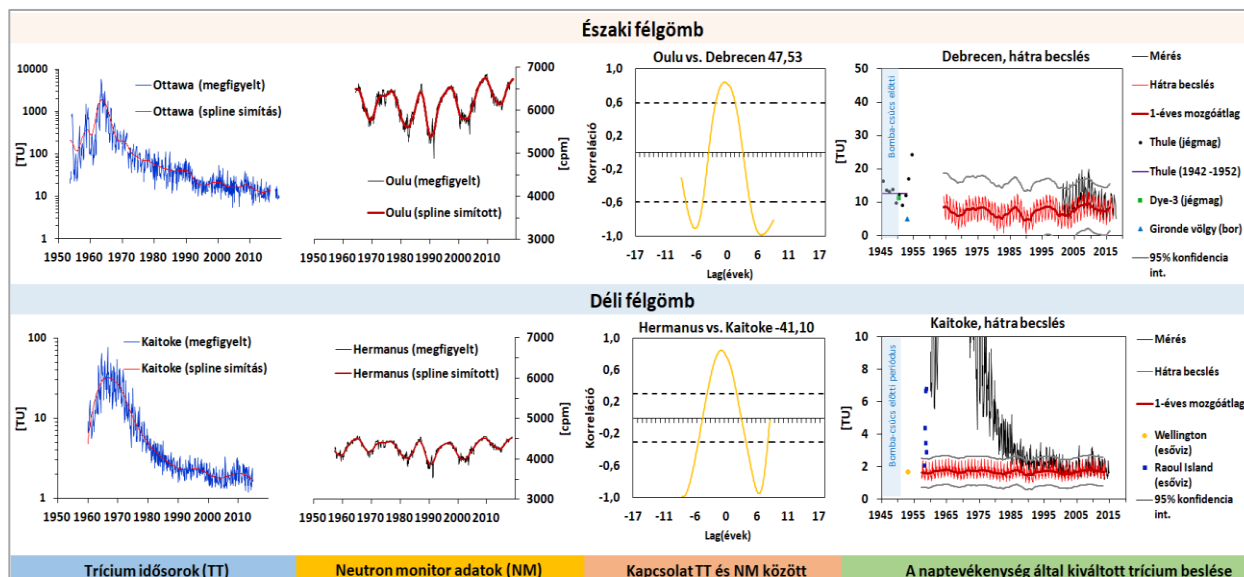
### A csapadékrícium természetes szintjének modellezése

Az 1950-es évektől kezdődően a nukleáris fegyverki-sérletek drasztikusan megnövelték a trícium koncentrációját a légkörben, így a természetes tríciumváltozások vizsgálata ebben az időszakban nehezzé vált. Azonban a napfoltszám és a kozmikus sugárzás közötti kapcsolat lehetőséget ad arra, hogy a naptevékenység felhasználásával visszamenőleg becsljük a természetes tríciumtermelést (László és társai 2020). A SARIMAX modellezési módszer alkalmas a csapadékban lévő tríciumkoncentráció természetes változékonyságának becslésére. A modell külső regresszorként a neutronfluxust használja, hogy a naptevékenység alapján becslje a trícium keletkezését a légkörben. A modell azon a megfigyelésen alapul, hogy a trícium koncentrációja szoros kapcsolatban áll a Nap 11 éves Schwabe-ciklusával: a napminimumok idején, amikor a kozmikus sugárzás fluxusa megnő, a tríciumtermelés is megemelkedik, míg napmaximumok idején a tríciumtermelés csökken.

A modell előrejelzései jól illeszkednek a történelmi tríciumadatokhoz, beleértve a bortríciumméréseket is, amelyek az 1940-es és 1960-as évekből származnak. Ezek a

bortríciummérések fontos adatként szolgálnak a csapadék tríciumszintjének rekonstrukciójához. A modell alapján a természetes tríciumszintek az 1950-es évek előtt viszonylag stabilak lehettek, és a napciklusok által vezérelt ingadozások okozták a legnagyobb változásokat.

A statisztikai modell segítségével egészen 1920-ig visszamenőleg becsljük a természetes tríciumkoncentrációt, ami fontos referenciaértéket jelent az 1950-es évek előtti természetes tríciumszintek meghatározásához. Ez a hátrabecslési képesség nagyban segíti a modern és történelmi tríciumadatok értelmezését, különösen a nukleáris tesztek előtti korszakban. A modell egyértelműen segít elkülöníteni a természetes forrásokból származó tríciumot az antropogén eredetű tríciumtól. Ez különösen hasznos lehet a nukleáris tevékenység által érintett régiókban, ahol a modern tríciumforrások megzavarhatják a természetes trendeket. A módszer számos tudományterületen alkalmazható, beleértve az éghajlati rekonstrukciókat, a kozmogén izotópok vizsgálatát, valamint a hidrológiai és környezeti kutatásokat. A trícium természetes változásainak ismerete lehetővé teszi a múltbéli környezeti viszonyok pontosabb rekonstrukcióját, illetve az éghajlati változások elemzését.



6. ábra. A csapadékrícium és neutronfluxus időbeli változása és a közöttük lévő kapcsolat az északi és a déli féltekén, valamint a naptevékenység által kiváltott trícium becslése (László és társai 2020)

Figure 6. Temporal variation and relationship between precipitation tritium and neutron flux in the Northern and Southern Hemispheres, with estimated tritium induced by solar activity (László et al. 2020)

### ÖSSZEGRZÉS

A trícium rendkívül sokoldalúan van jelen a környezetben, különböző fizikai-kémiai formákban, amelyek az atmoszféra, a hidroszféra, a bioszféra és a litoszféra különböző részeiben fordulnak elő. A legelterjedtebb formája a triciált víz (HTO), amely a vízciklus különböző elemeiben található meg, például a csapadéokban, a talajvízben és az óceánokban. Mivel a HTO a környezetben széles körben előfordul, ez teszi a tríciumot egyedülálló nyomjelzővé a vízciklus vizsgálataiban. A trícium segítségével nyomon követhetők a felszíni és felszín alatti vízkészletek mozgásai, valamint a csapadékból származó víz infiltrációs folyamatai.

A trícium jelentősége különösen nőtt az utóbbi évtizedekben, mivel egyre szélesebb körben alkalmazzák a légköri folyamatok, a felszín és a légkör közötti kölcsönhatások kutatásában. A sztratoszféra és a troposzféra közötti kapcsolat tanulmányozása fontos információkat nyújt a légkör keveredési folyamatairól és a globális klímaváltozás hatásairól. Emellett a trícium használata lehetőséget ad a különböző csapadéktípusok, például a konvektív és réteges felhőzetből származó csapadék elkülönítésére. Ez kulcsfontosságú eszköz lehet a regionális éghajlati és hidrológiai modellek pontosításában és a vízkészletek fenntartható kezelésében.



A kutatás egyik fontos eredménye a SARIMAX modellezési módszer alkalmazása, amely a naptevékenység és a neutronfluxus alapján képes becsléni a csapadékban található trícium szintjét. A modell segítségével sikerült számszerűsíteni a 11 éves napciklusok hatását a trícium keletkezésére. Az eredmények rámutatnak, hogy a trícium természetes szintje jól korrelál a naptevékenységgel, ami lehetőséget nyújt a múltbéli környezeti változások rekonstrukciójára.

A tanulmány hozzájárul a globális vízforgalom és a környezeti trícium terjedésének jobb megértéséhez, és fontos következtetéseket von le a trícium alkalmazásáról a környezetkutatásban. A kutatás különösen hasznos lehet a hidrológiai és meteorológiai modellezésben, a vízkészletek fenntartható kezelésében, valamint a klímaváltozás hatásainak vizsgálatában.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíj, az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-23-5 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programja, valamint a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap (2020-2.1.1-ED-2021-00172) szakmai támogatásával készült.

## IRODALOMJEGYZÉK

Alvarez, L.W., Cornog, R. (1939). Helium and hydrogen of mass 3 [3]. *Physical Review*, 56(6), p. 613. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.56.613>

Baglan, N., Alanic, G., Le Meignen, R., Pointurier, F. (2011). A follow-up of the decrease of non-exchangeable organically bound tritium levels in the surroundings of a nuclear research center. *Journal of Environmental Radioactivity*, 102(7), pp. 695-702. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2011.03.014>

Begemann, F., Libby, W.F. (1957). Continental water balance, ground water inventory and storage times, surface ocean mixing rates and worldwide water circulation patterns from cosmic-ray and bomb tritium. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 12(4), pp. 277-296. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(57\)90040-6](https://doi.org/10.1016/0016-7037(57)90040-6)

Bishop, K.F., Delafield, H.J., Eggleton, A.E.J., Peabody, C.O., Taylor, B.T. (1962). The tritium content of atmospheric methane. In *Tritium in the Physical and Biological Sciences* (pp. 1-9). Vienna: International Atomic Energy Agency (IAEA).

Böhlke, J.K., Révész, K., Busenberg, E., Deák, J., Deseo, É., Stute, M. (1997). Groundwater Record of Halocarbon Transport by the Danube River. *Environmental Science and Technology*, 33, pp. 3293-3299. <https://doi.org/10.1021/es970336h>

Cauquoin, A., Jean-Baptiste, P., Risi, C., Fourré, É., Stenni, B., Landais, A. (2015). The global distribution of natural tritium in precipitation simulated with an Atmospheric General Circulation Model and comparison with observations. *Earth and Planetary Science Letters*, 427, pp. 160-170. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2015.06.043>

Connan, O., Maro, D., Hébert, D., Solier, L., Caldeira Ideas, P., Laguionie, P., St-Amant, N. (2015). In situ measurements of tritium evapotranspiration (<sup>3</sup>H-ET) flux over grass and soil using the gradient and eddy covariance experimental methods and the FAO-56 model. *Journal of Environmental Radioactivity*, 148, pp. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2015.06.004>

Craig, H., Lal, D. (1960). The production rate of natural tritium. *Institution of Oceanography, University of California, La Jolla*, 8(1), pp. 86-105. <https://doi.org/10.3402/tellusa.v13i1.9430>

Croudace, I.W., Warwick, P.E., Morris, J.E. (2012). Evidence for the preservation of technogenic tritiated organic compounds in an estuarine sedimentary environment. *Environmental Science and Technology*, 46(11), pp. 5704-5712. <https://doi.org/10.1021/es204247f>

Deák, J. (1975). Use of environmental isotopes to investigate the connection between surface and subsurface waters in the Nagykunság region, Hungary. *Isotope Techniques in Groundwater Hydrology*, pp. 157-167. IAEA, Vienna

Deák J., Hertelendi E., Süveges M., Barkóczi Zs. (1992). Parti szűrészű kutak vizének eredete trícium koncentrációjuk és oxigén izotóparányaik felhasználásával *Hidrológiai Közlöny*, 72. évf. 4. szám, pp. 204-210

Deák J. (2006). A Duna-Tisza köze rétegvíz áramlási rendszerének izotóp-hidrogeológiai vizsgálata. Doktori (PhD) értekezés, ELTE, ELTE TTK Geofizika Tanszék, Budapest

Dénes Gy., Deák J. (1981). Felszín alatti vizek környezeti izotóp vizsgálata. *VITUKI témajelentés*, 721/1/22., Budapest

Dow, C.L., DeWalle, D.R. (2000). Trends in evaporation and Bowen ratio on urbanizing watersheds in Eastern United States. *Water Resources Research*, 36(7), 1835. <https://doi.org/10.1029/2000WR900062>

Ehhalt, D.H., Rohrer, F. (2002). Tritiated water vapor in the stratosphere: Vertical profiles and residence time. *T And D*, 107, pp. 1-15. <https://doi.org/10.1029/2001JD001343>

Ehhalt, D.H., Rohrer, F. (2009). The tropospheric cycle of H<sub>2</sub>: A critical review. *Tellus, Series B: Chemical and Physical Meteorology*, 61(3), pp. 500-535. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0889.2009.00416.x>

Eyrolle, F., Ducros, L., Le Dizès, S., Beaugelin-Seiller, K., Charmasson, S., Boyer, P., Cossonnet, C. (2018). An updated review on tritium in the environment. *Journal of Environmental Radioactivity*, 181, pp. 128-137. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2017.11.001>

Faltings, V., Harteck, P. (1950). Der Tritiumgehalt der Atmosphäre. *Zeitschrift Fur Naturforschung - Section A Journal of Physical Sciences*, 5(8), pp. 438-439. <https://doi.org/10.1515/zna-1950-0804>

Fehér, J., van Genuchten, M.Th., Deák, J. (1992). Estimating long-term water flow rates in the vadose zone using tritium measurements. *Scientific colloquium on „Porous or fractured unsaturated media: transport and behavior” Monte Verita, Ascona, Switzerland*

Fiévet, B., Pommier, J., Voiseux, C., Bailly Du Bois, P., Laguionie, P., Cossonnet, C., Solier, L. (2013). Transfer of tritium released into the marine environment by French nuclear facilities bordering the English Channel. *Environmental Science and Technology*, 47(12), pp. 6696-6703. <https://doi.org/10.1021/es400896t>

Flórián, E. (1958). A légköri radioaktivitás mérésének egyes eredményei. *Időjárás*, 62(5), pp. 266-274.

Gerontidou, M., Katzourakis, N., Mavromichalaki, H., Yanke, V., Eroshenko, E. (2021). World grid of cosmic ray

vertical cut-off rigidity for the last decade. *Advances in Space Research*, 67(7). pp. 2231-2240. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.01.011>

Grosse, A.V., Johnston, W.M., Wolfgang, R.L., Libby, W.F. (1951). Tritium in nature. *Science*, 113(2923). pp. 1-2. <https://doi.org/10.1126/science.113.2923.1>

Happell, J.D., Östlund, G., Mason, A.S. (2004). A history of atmospheric tritium gas (HT) 1950-2002. *Tellus, Series B: Chemical and Physical Meteorology*, 56(3). pp. 183-193.

<https://doi.org/10.1111/j.1600-0889.2004.00103.x>

Harteck, P. (1954). The relative abundance of HT and HTO in the atmosphere. *The Journal of Chemical Physics*, 22(10). pp. 1746-1751. <https://doi.org/10.1063/1.1739888>

IAEA/WMO (2024). Global Network of Isotopes in Precipitation. The GNIP Database. Accessible at: <http://www.iaea.org/water>.

Jean-Baptiste, P., Baumier, D., Fourré, E., Dapoigny, A., Clavel, B. (2007). The distribution of tritium in the terrestrial and aquatic environments of the Creys-Malville nuclear power plant (2002-2005). *Journal of Environmental Radioactivity*, 94(2). pp. 107-118. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2007.01.010>

Jean-Baptiste, P., Fourré, E. (2013). The distribution of tritium between water and suspended matter in a laboratory experiment exposing sediment to tritiated water. *Journal of Environmental Radioactivity*, 116. pp. 193-196. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2012.11.004>

Kaufman, S., Libby, W.F. (1954). The natural distribution of tritium. *Physical Review*, 93(6). pp. 1337-1344. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.93.1337>

Kern, Z., Erdelyi, D., Vreča, P., Krajcar Bronić, I., Forizs, I., Kandu, T., Štrok, M., Palcsu, L., Suveges, M., Czuppon, G., Kohan, B., Hatvani, I.G. (2020). Isoscape of amount-weighted annual mean precipitation tritium ( $^3\text{H}$ ) activity from 1976 to 2017 for the Adriatic-Pannonian Region - AP $^3\text{H}$ \_v1 database. *Earth System Science Data*, 12(3). pp. 2061-2073.

Kozák, K. (1982). Analysis of tritium in tree rings. *Acta Physica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 52(3-4), 429-434. <https://doi.org/10.1007/BF03158878>

Kozák, K., Biró, T. (1984). Reconstruction of environmental tritium levels from wine analysis. *Health Physics*, 46(1). pp. 193-203. <https://doi.org/10.1097/00004032-198401000-00017>

Kozák, K., Horvatini, N. (1989). Institute of Isotopes of the Hungarian Academy of Sciences. *Journal of Environmental Radioactivity*, 31(3). pp. 766-770.

Kuruczné Csiky I. (1983). A csapadék trícium-koncentrációja Magyarországon. *Időjárás*, 87(2). pp. 77-82.

László, E., Palcsu, L., Leelőssy, Á. (2020). Estimation of the solar-induced natural variability of the tritium concentration of precipitation in the northern and southern hemisphere. *Atmospheric Environment*, 233, 117605. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117605>

László, E., Zsigrai Gy., Novák, T., Palcsu, L., (2024). A cosmic signature in wine. In: 7th International Congress on Water, Waste and Energy Management. p. 068, 1 p.

Lucas, L.L., Unterweger, M.P. (2000). Comprehensive review and critical evaluation of the half-life of tritium. *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*, 105(4). pp. 541-549. <https://doi.org/10.6028/jres.105.043>

Masarik, J., Beer, J. (1999). Simulation of particle fluxes and cosmogenic nuclide production in the Earth's atmosphere. *Journal of Geophysical Research*, 104(D10). pp. 12099-12111. <https://doi.org/10.1029/1998JD200091>

Masson, M., Siclet, F., Fournier, M., Maigret, A., Gontier, G., Bailly du Bois, P. (2005). Tritium along the French coast of the English Channel. *Radioprotection*. <https://doi.org/10.1051/radiopro:2005s1-091>

Novelli, P.C. (1999). Molecular hydrogen in the troposphere: Global distribution and budget. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 104(D23). pp. 30427-30444. <https://doi.org/10.1029/1999JD900788>

Öestlund, H.G., Dorsey, H.G. (1975). Rapid electrolytic enrichment and hydrogen gas proportional counting of tritium. In *Low-radioactivity Measurements and Applications: Proc. Int. Conf. High Tatras. Bratislava*.

Öestlund, H.G., Werner, E. (1962). The electrolytic enrichment of tritium and deuterium for natural tritium measurements. In *Tritium in the Physical and Biological Sciences* (pp. 95-104). Vienna: International Atomic Energy Agency.

Okai, T., Takashima, Y. (1991). Tritium concentrations in atmospheric water vapor, hydrogen and hydrocarbons in Fukuoka. *International Journal of Radiation Applications and Instrumentation, Part 42(4)*. pp. 389-393. [https://doi.org/10.1016/0883-2889\(91\)90143-O](https://doi.org/10.1016/0883-2889(91)90143-O)

Ota, M., Yamazawa, H., Moriizumi, J., Iida, T. (2008). Measurement and modeling of the oxidation rate of hydrogen isotopic gases by soil. *Journal of Nuclear Science and Technology*, 45(sup6), 185-190. <https://doi.org/10.1080/00223131.2008.10876004>

Palcsu, L., Major, Z., Köllő, Z., Papp, L. (2010a). Using an ultrapure  $^4\text{He}$  spike in tritium measurements of environmental water samples by the  $^3\text{He}$ -ingrowth method. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 24(5). pp. 698-704. <https://doi.org/10.1002/rcm.4431>

Palcsu, L., Molnár, M., Major, Z., Svingor, E., Veres, M., Barnabás, I., Kapitány, S. (2010b). Detection of tritium and alpha decaying radionuclides in L/ILW by measurements of helium isotopes. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 286(2). pp. 483-487. <https://doi.org/10.1007/s10967-010-0741-z>

Palcsu, L., Morgenstern, U., Sültenfuss, J., Koltai, G., László, E., Temovski, M., Major, Z., Nagy, J. T., Papp, L., Varlam, C., Faurescu, I., Túri, M., Rinyu, L., Czuppon, G., Bottyán, E., Jull, A.J.T. (2018). Modulation of cosmogenic tritium in meteoric precipitation by the 11-year cycle of solar magnetic field activity. *Scientific Reports*, 8(1), 12813. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-31208-9>

Papp, L., Palcsu, L., Major, Z., Rinyu, L., Tóth, I. (2012). A mass spectrometric line for tritium analysis of water and noble gas measurements from different water amounts in the range of microlitres and millilitres. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 48(4). pp. 494-511. <https://doi.org/10.1080/10256016.2012.679935>

Paul, A., Hatté, C., Pastor, L., Thiry, Y., Siclet, F., Bal-  
esdent, J. (2016). Hydrogen dynamics in soil organic mat-  
ter as determined by  $^{13}\text{C}$  and  $^2\text{H}$  labeling experiments.  
*Biogeosciences*, 13(24). pp. 6587-6598.  
<https://doi.org/10.5194/bg-13-6587-2016>

Schonhofer, F., Pock, K. (1995). Incorporation of tri-  
tium from wrist watches. *Journal of Radioanalytical and  
Nuclear Chemistry*, 197(1). pp. 195-202.  
<https://doi.org/10.1007/BF02040231>

Simon A. (1966). A légkör mesterséges eredetű béta-radioak-  
tívitása Budapesten 1961-65-ben. *Időjárás*, 70(5). pp. 261-265.

Szalay, A., Berényi, D. (1955). Unusual radioactivity  
observed in the atmospheric precipitation in Debrecen  
(Hungary) between Apr. 22-Dec. 31, 1952. *Acta Physica  
Academiae Scientiarum Hungaricae*.  
<https://doi.org/10.1007/BF03156247>

Stute, M., Deák, J., Révész, K., Böhlke, J.K., Deseö, E.,  
Weppernig, R., Schlosser, P. (1997). Tritium/ $^3\text{H}$  Dating of

River Infiltration: An Example from the Danube in the Szi-  
getköz Area, Hungary. *Ground Water*, 35(5). pp. 905-911.  
<https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.1997.tb00160.x>

Vodila, G., Palcsu, L., Futó, I., Szántó, Zs. (2011). A  
9-year record of stable isotope ratios of precipitation in  
Eastern Hungary: Implications on isotope hydrology and  
regional palaeoclimatology. *Journal of Hydrology*, 400(1-  
2). pp. 144-153.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.01.030>

Wolfgang, R.L. (1961). Origin of high tritium content  
of atmospheric methane, hydrogen and stratospheric wa-  
ter. *Nature*, 192(4809). pp. 1279-1280.  
<https://doi.org/10.1038/1921279a0>

Wood, M.J., Mcelroy, R.G.C., Surette, R.A., Brown,  
R.M. (1993). Tritium sampling and measurement. *Health  
Physics*, 65(6). pp. 593-599.  
<https://doi.org/10.1097/00004032-199312000-00002>

## A SZERZŐK



**LÁSZLÓ ELEMÉR** meteorológus és hidrológus (ELTE TTK, 2018, 2024), a HUN-REN Atom-  
magkutató Intézet, Izotópklimatológiai és Környezetkutató Központ tudományos munkatársa. Ér-  
deklődési területei: a csapadéki izotópok meteorológiai alkalmazásai, izotóphidrológia, borok izotóp-  
bélyegének meghatározása, légköri modellezés. Egy NKFIH-pályázat vezetője.



**LEELŐSSY ÁDÁM** meteorológus (ELTE TTK, 2011), az ELTE Meteorológiai Tanszékének  
egyetemi adjunktusa. Érdeklődési terület: légszennyezés-meteorológia, légköri terjedési modellek,  
légköri radioaktivitás, számítógépes modellek használata pollenszennyezettség becslésére.



**HAJNAL ANDOR** geográfus, geológus (SZTE TTK, 2010). Isotoptech Zrt. tudományos munka-  
társa. Érdeklődési területek: hidrológiai modellezés, környezeti monitoring.



**BAKSA MÁTYÁS** meteorológus és hidrológus (ELTE TTK, 2021, 2023). A Közép-dunántúli Víz-  
ügyi Igazgatóság Vízrajzi és Adattári Osztályának Hidrológiai Értékelőcsoportjában dolgozott mo-  
nitoring referens beosztásban. Debreceni Egyetem Fizikai Tudományok Doktori Iskolában PhD-  
hallgató, valamint tudományos segédmunkatárs a HUN-REN Atommagkutató Intézet Környezet-  
analitikai Kutatócsoportjában. Kutatási területe: izotópklimatológia, izotóphidrológia.



**PALCSU LÁSZLÓ** fizikus (ELTE TTK, 1998), tudományos főmunkatárs, az Izotópklimatológiai  
és Környezetkutató Központ vezetője. Érdeklődési területei: a kozmogén trícium és a Napciklus  
kapcsolata, jégvétegek korolása, izotóphidrológia, paleoklíma-rekonstrukció. Egy OTKA-pályázat  
vezetője.

## A Duna–Tisza-köze negyedidőszaki képződményei mágneses szuszeptibilitás és karotázs korrelációs vizsgálatok alapján

Fogarassy-Pummer Tímea<sup>1</sup>, Markos Gábor<sup>1</sup>, Vári Zoltán<sup>1</sup>, Mekker Julianna<sup>1</sup>, Szabó Zsóka<sup>1</sup>, Bauer Márton<sup>1</sup>, Gál Nóra Edit<sup>1</sup>, Kun Éva<sup>1</sup>, Szűcs Andrea<sup>1</sup>, Szócs Teodóra<sup>1</sup>, Fancsik Tamás<sup>1</sup>, Püspöki Zoltán<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága, 1123 Budapest, Alkotás utca 50. (e-mail: timea.pummer@sztfh.hu)

DOI:10.59258/hk.17594



„Dr. Urbancsek János emlékének”

### Kivonat

Nagy felbontású rétegtani tagolás és ezt megalapozó mélyfúrás geofizikai adatrendszer hiányában a Duna–Tisza-köze területére vonatkozó vízföldtani modellezések kényszerűen egyszerű földtani alapra épülnek. A tanulmányban 593 közelmúltban digitalizált mélyfúrás karotázs korrelációjára alapozva mutatjuk be a térség negyedidőszaki rétegsorát. Az üledékföldtani egységek korát a terület magfúrásainak mágneses szuszeptibilitás adatokra épülő, közelmúltban publikált rétegtani beosztására alapozva adtuk meg. A negyedidőszaki rétegsor alapvető tagolására a pleisztocén közepi klímaromlás (Mid Pleistocene Transition) idejének (1,2 millió év) megfelelő korrelációs felszín szolgált („MPT felület”). Alatta döntően egyveretű homok sorozatokból álló rétegsor települ, fölötté finomszemű üledékek közé ágyazott kis vastagságú homokrétegek összességében fölfelé durvuló sorozata látható. Előbbit nagy méretű, intenzív oldalazó eróziót kifejtő vagy elágazó vízfolyás hozhatta létre, utóbbi kisméretű vízfolyások által épített hordalékkúp jelenlétére utalhat. Elkülöníthető egy a hordalékkúppal laterálisan érintkező, a mai Duna-völgygel párhuzamos, attól K-re eső, ártéri üledékeket csak alárendelten tartalmazó homok összlet is, melynek kora 450–250 ezer év közé tehető, s amely ismét nagyméretű vízfolyás (Duna) jelenlétét igazolja.

A mágneses szuszeptibilitás és fauna adatok figyelembevételével az MPT felület alatti folyóvízi rétegsor további három egységre, a hordalékkúp összlet ugyancsak három kisebb, egyenként fölfelé durvuló üledékciklusra tagolható. Az utóbbiak bázisa fölött települő finomszemű képződmények felszín közeli regionális vagy lokális vízrekesztők lehetnek.

A térképezett rétegtani egységek száma a korábbi 1–3-ról 8-ra, a térképezés alapjául szolgáló értékelt mélyfúrások száma az 1970-es években meghatározott 66-ról 593-ra emelkedett, ami a földtani modell felbontásában nagyságrendi növekedés. A bemutatott korrelációk területi kiterjesztésének és a megbízható rétegtani tagolás következetes alkalmazásának eszköze lehet a mágneses szuszeptibilitás – mint paleoklíma változások kimutatására alkalmas fizikai mennyiség – számításba vétele a vízkutató fúrások mélyfúrásai geofizikai vizsgálatának tervezésekor.

### Kulcsszavak

Duna-Tisza-köze, nagy felbontású karotázs korreláció, negyedidőszak.

## Quaternary formations of the Danube–Tisza Interfluve based on magnetic susceptibility and wireline log-correlations

### Abstract

Hydrogeological models of the Danube–Tisza Interfluve are compelled to consider oversimplified geological models, due to the lack of an appropriate stratigraphy of adequate resolution and that of a wire-line log data system establishing this stratigraphy. This study presents the Quaternary formations in the region based on high-resolution log correlation of 593 recently digitized hydrogeological wells. The geochronology of the stratigraphic units is established on recently published magnetic susceptibility records of the long cores representing this area.

The primary stratigraphic key surface within the Quaternary series is related to the Mid Pleistocene Transition (1.2 Ma) referred to as ‘MTP surface’. Below this, a monotonous succession of multi-storey sand bodies can be observed, while above, an upward coarsening succession occur of small sand complexes embedded into fine materials. The former was accumulated by a large river braided or of intensive lateral erosion, the latter was accumulated by small channels possibly on a fluvial fan. A separated sand unit of 450–250 ka was also identified and mapped attached laterally to the fluvial mega-fan, East of, but almost parallel with the recent Danube valley that can be related to the occurrence of a large watercourse (Danube) again.

Based on magnetic susceptibility and paleontological data, the fluvial succession below the MTP surface was sub-divided into three stratigraphic units, while the fan complex is dissected into three upward coarsening cycles. The lower, finest parts of the latter represent shallow potential aquitard layers extending locally or regionally.

As a result, the number of the mapped units increased from the former 1–3 to 8, the number of the interpreted logs increased from 66 determined in the 1970s to 593, which means the increase of the resolution of geological models by an order. The spatial extension of the correlations together with the regular use of the presented stratigraphy could be significantly supported by the consideration of the magnetic susceptibility – as a physical parameter detecting paleoclimate changes – when planning the wireline log measurements of the hydrogeological wells.

### Keywords

Danube-Tisza Interfluve, high-resolution log correlation, Quaternary.

## BEVEZETÉS

A Duna–Tisza-köze negyedidőszaki rétegsorának vízföldtani célú megismerés-története évszázados. A kutatásokat egyszerre inspirálta a lakossági és ipari vízbeszerzés (Erdélyi 1967, Schmidt 1962, Urbancsek 1963, 1977), illetve a mezőgazdasági célú talajvíz térképezés (Rónai 1961). A vizsgálatoknak az 1970-es évektől új lendületet adott a talajvízszint csökkenése (Major–Neppel 1988, Pálfi 1993, 2010, Szilágyi–Vörösmarty 1997, Kovács és társai 2017), az ezzel kapcsolatos vízpótlási lehetőségek felmérése (Orlóci 2003, Stevanovic és társai 2008, Kozák és társai 2009, Alföldi–Kapolyi 2011, Nagy és társai 2016, Nemere, 1994, Gyirán 2009, Szabó és társai 2023) valamint az a tény, hogy a térség, adottságainál fogva, a medence léptékű vízföldtani modellezések egyik típusrületévé válhatott (Mádl–Szőnyi és Tóth 2009).

Az egyre nagyobb felbontást igénylő, módszertani megközelítésükben egyre komplexebb vízföldtani modellek ugyanakkor mindmáig egy az 1950-es 70-es években megalapozott földtani modellel számolnak. Ennek lényege egy az Ős-Duna által a plio–pleisztocén során felhalmozott, nagyméretű „legyezőszerű” hordalékkúp (Borsy 1992, Gábris 1994, Kiss és társai 2015), melynek Ny-i szárnyán a pleisztocén fiatalabb időszakában bevágódott a mai Duna-völgy. E földtani kép további fejlesztésének két feltétele van. Egyik a plio–pleisztocén folyóvízi rétegsorok geokronológiai tagolása, másik a medenceanalízis szempontjából értékelhető korszerű mélyfúrású geofizikai adatrendszer létrehozása.

Az elmúlt években mágneses szuszeptibilitás vizsgálatokra alapozva megtörtént a Körös-medence, a Jászság, a Duna–Tisza-köze, a Makói-árok, valamint a Maros hordalékkúp alapfúrásainak rétegtani tagolása, párhuzamosítva a klímaciklusokat dokumentáló mélytengeri oxigénizotóp adatsorokkal (Püspöki és társai 2020, 2021a,b, 2023). E vizsgálatok lehetővé tették a negyedidőszaki folyóvízi rétegsor felosztását 10 paleoklimatológiai definiált rétegtani egységre, ún. „mágneses szuszeptibilitás ciklusra”. Mivel a korbeosztást magnetosztatigráfiai adatok csak a körös-medencei alapfúrások esetében támogatták, fontos adalék, hogy a Körös-medence (Dévaványa, Vésztő), Jászság (Jászládány) és Makói-árok (Mindszent) közötti paleoklimatológiai korrelációkat aminosav-sztratigráfiai vizsgálatok is megerősítették (Nelson és társai 2023).

Az Alföld negyedidőszaki rétegsorára vonatkozó karotázs korrelációs szelvények készítésének elősegítésére a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságánál (SZTFH) 2014 óta zajlik az „Új Urbancsek adatbázis” fejlesztése. A feldolgozás során adatbázisba kerül a Vízföldtani naplók szöveges földtani leírása (litológia, szín, karbonát tartalom) rétegenként, a szűrőrakatok mélységközeli és a releváns mélyfúrású geofizikai görbék (SP, ellenállás, természetes gamma, esetenként sűrűség és neutron porozitás) numerikus értékei (10 cm-es lépésközönként). A Duna–Tisza-köze területére vonatkozó fúrásfeldolgozások az elmúlt években 1 290 db vízföldtani naplót érintettek.

Tanulmányunk célja, hogy a digitalizált fúrásnaplókra alapuló és a már publikált magfúrások geokronológiai eredményeire támaszkodó karotázs korrelációs szelvényháló segítségével átfogó, a korábbinál részletesebb földtani képet mutassuk be a Duna–Tisza-köze negyedkori üledéksoráról, felülvizsgálva egyben a negyedidőszaki fejlődéstörténettel kapcsolatos néhány korábbi megállapítást.

## A DUNA–TISZA-KÖZE NEGYEDIDŐSZAKI RÉTEGSORÁNAK ISMERETESSÉGE

Az első szisztematikus földtani térképezés (Sümeghy 1950) kimutatta (1) egy Pesttől DK-re szélesedő és mélyülő „Levantei árok” jelenlétét, valamint (2) a Duna hordalékszállító és felhalmozó tevékenységében a „középső–felső-pleisztocén” során bekövetkező jellegváltást. A jellegváltást követő „középső–felső-pleisztocén” üledékek fluviális vagy eolikus eredetének kérdése később több évtizedes vitát szült (Sümeghy 1950, Miháltz 1953, 1973 1977).

A rendszeres vízföldtani adatgyűjtés évtizedek óta a MÁFI, később a VITUKI, ma az SZTFH szervezetén belül működő Kútdokumentációs Csoport tevékenységében zajlik. A vízföldtani naplók célirányos feldolgozása során sok tekintetben tisztázódott a földtani felépítés hatása a fajlagos vízhozamra és rétegnyomásra (Urbancsek 1960, 1963). Az adatgyűjtés eredményeként közreadott karotázs korrelációs szelvényeken (Urbancsek 1977) egyaránt megjelenik a Duna–Tisza-köze területén korábban felismert „Levantei árok” és a vitatott genetikájú „középső–felső-pleisztocén” képződmények fekvő felülete. Megbízható faunaadatok hiányában ugyanakkor bizonytalan maradt a negyedkori képződmények fekvő felé történő lehatárolása, s ezzel a nagy vastagságú folyóvízi összlet geokronológiai besorolása, illetve tagolása.

A feltételezett szerkezeti árkok helyzetének, kialakulásuk korának meghatározása érdekében később Jaskó S. végzett kutatásokat (Jaskó és Kordos 1989, Jaskó és Krolopp 1991). A jelenlegi Duna-völgy korának pontosítására vonatkozóan az utóbbi évtizedben OSL elemzési adatok születtek (Tóth és társai 2017). A Duna–Tisza köze fejlődéstörténetének egyik legfrissebb áttekintésében Sebe és társai (2019) a Duna több szakaszban történő Ny-ra tolását állapították meg.

A szedimentológiai és biosztratigráfiai adatok pótlását szolgálták az Alföld-kutatási program (Rónai 1985) keretében a Duna–Tisza-közi hordalékkúp síkság és Makói-árok területén folyamatos magvétellel mélyült fúrások (I. ábra). Megtörtént a magfúrások szedimentológiai (Franyó 1980, Gedeonné 1973, Borsy és társai 1982, 1987), és paleontológiai (Széles 1977, Krolopp 2002) feldolgozása, megbízható, folyamatosan regisztrálható paleoklíma indikátor hiányában azonban a nagy felbontású rétegtani tagolásra vonatkozó célkitűzések nem teljesültek.

Az elmúlt években az Alföld magfúrásainak vizsgálata révén sikerült a kvarter elkülönítésére és tagolására alkalmas paleoklíma indikátort azonosítani. Világossá vált, hogy a mágneses szuszeptibilitás értéke a vízgyűjtő terület mállási folyamatainak klímáfüggő változásaival

van kapcsolatban (Püspöki és társai 2016). Hideg időszakokban a hegyvidéki területek alapkőzetének ásványai fagyaprózódás révén kiszabadulnak a kőzetből, s a hegyvidék permafroszt talajaiba fagyva helyben konzerválódnak. A felmelegedések kezdetén a permafrosztok kiolvadásával e magnetitet is tartalmazó éretlen törmelék a folyóhordalékba kerülve gyorsan lejut a medencébe, extrém módon megnövelve a hordalék mágnesez szuszceptibilitását. A felmelegedések későbbi szakaszában a lehordási terület talajosodásával, a magnetit szemcsék kémiai mállása rövid idő alatt (100–1000 év) bekövetkezik, ami a folyóhordalék mágnesez szuszceptibilitásának gyors csökkenéséhez vezet. E klímacyklusonként ismétlődő jelenség bármilyen, magnetitet szolgáltató magmás vagy metamorf képződmény esetén érvényesül, s erre alapozva a pleisztocén üledéksor megbízhatóan tagolható, illetve elválasztható a hasonló litológiájú idősebb képződményektől (Püspöki és társai 2020, 2021a, 2021b, 2023).

### ANYAG ÉS MÓDSZER - A KAROTÁZS KORRELÁCIÓS SZELVÉNYHÁLÓ KIALAKÍTÁSA

A karotázs korrelációs vizsgálatra történő kiválasztás során elsőbbséget élveztek a negyedidőszaki rétegsort teljesen vagy közel teljesen harántoló, a nyitott szakaszban teljes hosszon, legalább két megbízható mérési adattal reprezentált fúrások. A szelvényháló kialakítása során elkészítettünk a területet lefedő és a földtani viszonyok bemutatására alkalmas 11 regionális korrelációs szelvényt (5 É–D, 6 K–Ny irányban) (1. ábra). A regionális szelvények által összekötött fúrások száma 81 db, ami áttekinthető képet ad a területre, 3D modellezéshez azonban nem biztosít kellő adatsűrűséget.

A regionális szelvényekkel közel párhuzamosan, azok mentén és azok között sűrítő szelvények készültek. Ezekbe bekerültek az áttekinthető szelvények értelmezett fúrásai, ugyanakkor „felfűznek” minden a szelvényirány közelébe eső kellő mélységű és megbízhatóan szelvényezett mélyfúrás. A sűrítő szelvények révén az értelmezett fúrások száma 513-ra emelkedett. Végül a nagy fúrásűrűséggel jellemezhető vízbázisok, illetve az értelmezésből első lépésben kimaradt területrészek fúrásait rövid szelvényekkel beillesztettük a már elkészült szelvényhálóba. Ezzel további 80 fúrás értelmezése vált lehetővé.

Az így elkészült korrelációs szelvényháló segítségével összesen 593 fúrás került értelmezésre. Ez az adatbázisban a területre eső 1290 digitalizált fúrás közel fele (46%), ami a korábbi szisztematikus feldolgozáshoz képest (Urbansek 1977) nagyságrendi adattartalom növekedés (66-ról 593-ra).

### EREDMÉNYEK – KAROTÁZS KORRELÁCIÓ ALAPULÓ ÜLEDÉKFÖLDTANI EGYSÉGEK

#### A negyedidőszaki rétegsor általános felosztása

A vízkutató fúrások karotázs szelvényein jól azonosítható, így regionálisan térképezhető az a felület, amely a

pleisztocén összlet alsó részét képező, uralkodóan homokos összletet elválasztja a föllette települő, finomszemű ártéri üledékeket és homok betelepüléseket egyaránt tartalmazó kifejlődéstől (2-ABC. ábra sor). Ez a legfontosabb, elsődleges korrelációs felszín. Teljes kifejlődés esetén jellemzően 100–200 m mélységben található ez a felület.

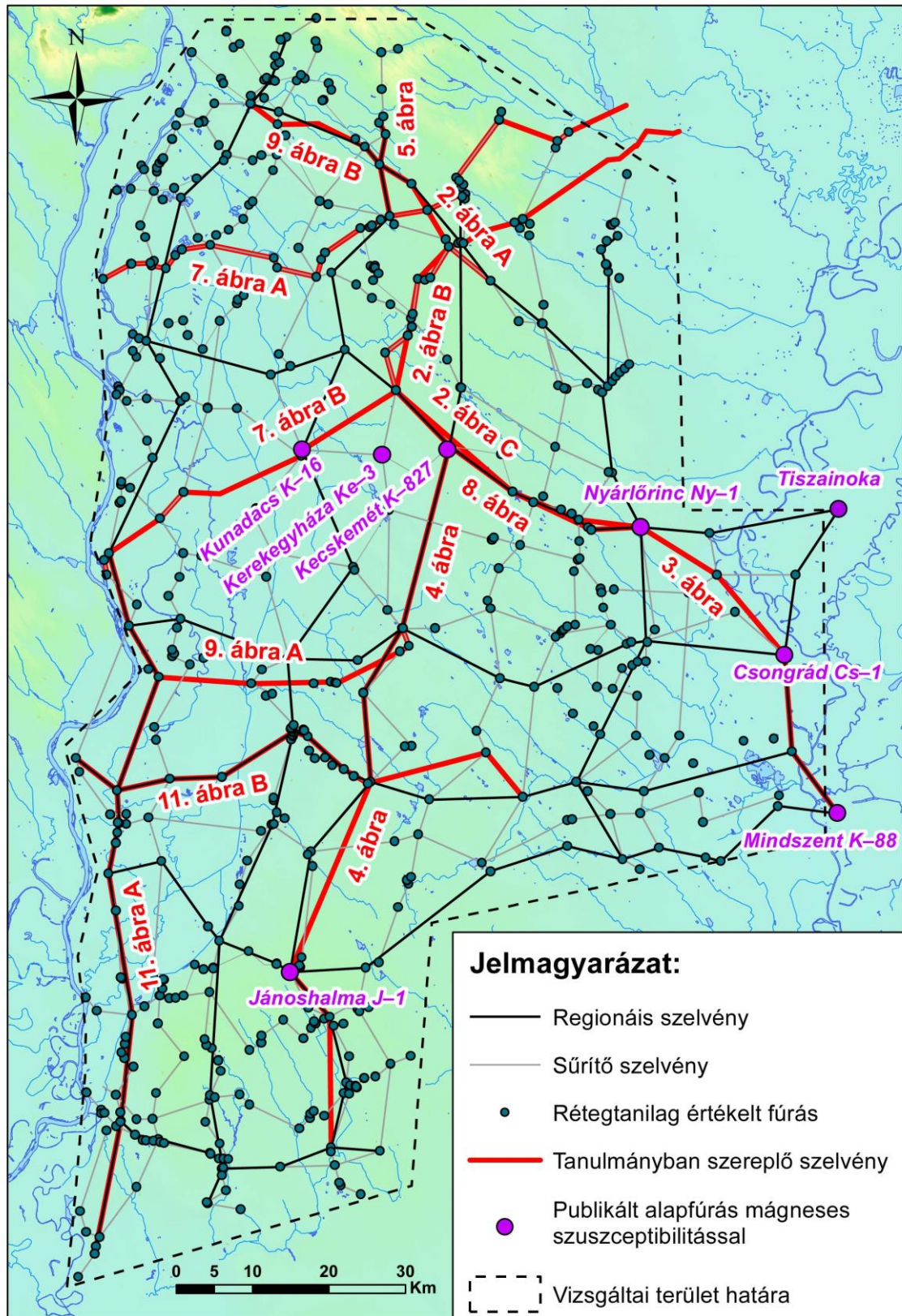
Az elsődleges korrelációs felszín alatt megjelenő, vékony agyag–kőzetliszt rétegekkel elválasztott homokrétegek vastagsága eléri vagy meghaladja a 10 métert. A homokrétegek között a finomszemű betelepülések vékonyak, gyakran teljesen hiányoznak, így 60–100 m monoton durvaszemű homok sorozat jelentkezik a geofizikai szelvényeken (pl. Dánszentmiklós K–382, Ladánybene B–11) (2-A., 2-B. ábra).

A felület fölött ezzel szemben a homokrétegek vastagsága rendszerint 5 m alatt marad, sok esetben a 2 m sem éri el, s e vékony homokrétegek kőzetlisztes–agyagos finomszemű üledékbe ágyazva jelennek meg. Jellemzője ennek a szakasznak a fölfelé durvuló szemcseméret, ami a mérési körülményektől függően (vontatási sebesség, érzékenység) jelentkezhet az ellenállás értékek fokozatos eltolódásában (Dánszentmiklós K–382), vagy a betelepülő homokrétegek ellenállás maximumainak egyre nagyobb értékében is (pl. Nyáregyháza K–9, Ladánybene B–11, Táborfalva B–15). A fölfelé durvuló jelleget megszakíthatják vastagabb homok betelepülések (pl. Mikebuda K–32). A Pestisíkságtól dél, délkelet felé távolodva (2-C. ábra) a fölfelé durvuló jelleg mértéke csökken, ami azonban nem a homok betelepülések eltűnéséből vagy megvastagodásából, hanem a vékony homokrétegek ellenállás maximumainak közel azonos értékéből adódik (pl. Kecskemét K–893, Városföld K–19).

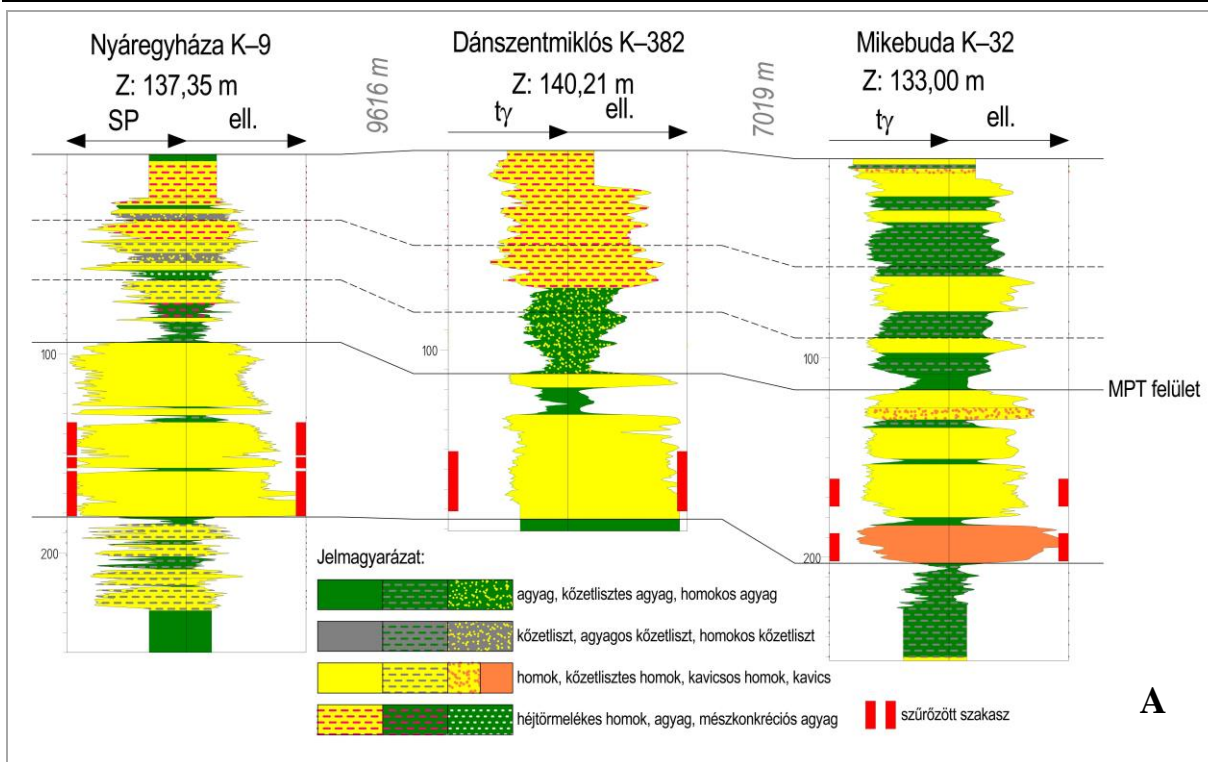
Az elsődleges korrelációs felszín Mindszent K–88 fúrásban 295 m-ben található, s az aminosav sztratigráfiai vizsgálatok által is megerősített szuszceptibilitás vizsgálatok alapján MIS (=Marine Isotope Stage) 36-al (~1,2 millió év) korrelálható felület. Ez alapján időben egybe esik a pleisztocén közepi fokozatos lehűlés (Mid Pleistocene Transition – *Gibbard és Levin 2009*) kezdetével. Erre való utalásként a továbbiakban a felületet MPT felületnek nevezzük.

#### Az MPT felület alatti homok összlet elkülönítése a pre-kvarter képződményektől, tagolása, elterjedése

Az MPT felület alatt található homok összlet vastagsága a Duna–Tisza-köze nagy részén 100 m-t megközelítő vagy kevéssel meghaladó. Mivel ártéri betelepüléseket alig tartalmaz, a karotázs szelvényeken nagy területen könnyen azonosítható. A homoksorozat megjelenése azonban a Makói-árok irányában megváltozik. Vastagsága több száz méterre nő, a 10 m vastag homokrétegek között 10 m vagy ennél is vastagabb finomszemű iszap-agyagos betelepülések jelennek meg (3. ábra).

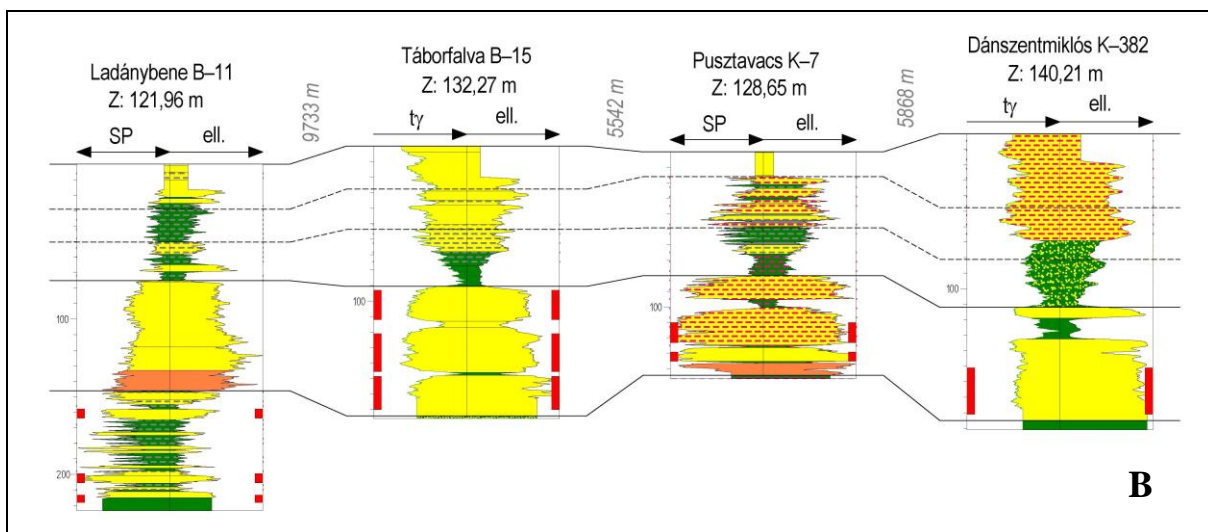


1. ábra. A Duna-Tisza köze domborzati és a bemutatott adatrendszer térképe  
 Figure 1. Geographical outline and the presented data base of the Danube-Tisza Interfluve



2-A. ábra. A Duna-Tisza köze negyedidőszaki rétegsorának általános megjelenése mélyfúrási geofizikai szelvényeken (a szelvények nyomvonalát ld. az 1. és 10-A. ábrákon)

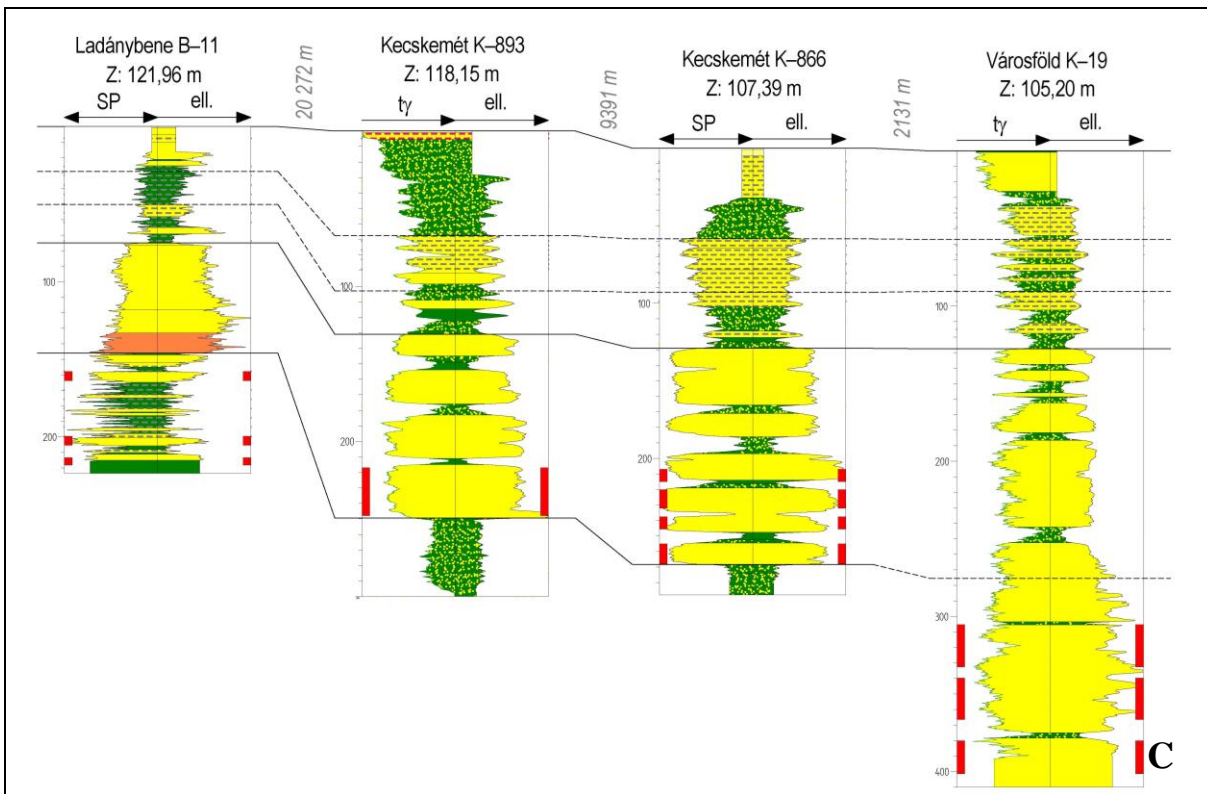
Figure 2-A. General appearance of Quaternary sediments in the Danube-Tisza Interfluvium on wireline logs (for the place of sections see figures 1 and 10-A)



2-B. ábra. A Duna-Tisza köze negyedidőszaki rétegsorának általános megjelenése mélyfúrási geofizikai szelvényeken (a szelvények nyomvonalát ld. az 1. és 10-A. ábrákon)

Figure 2-B. General appearance of Quaternary sediments in the Danube-Tisza Interfluvium on wireline logs (for the place of sections see Figures 1 and 10-A)





2-C. ábra. A Duna-Tisza köze negyedidőszaki rétegsorának általános megjelenése mélyfúrás geofizikai szelvényeken (a szelvények nyomvonalát ld. az 1. és 10-A. ábrákon)

Figure 2-C. General appearance of Quaternary sediments in the Danube–Tisza Interfluvium on wireline logs (for the place of sections see Figures 1 and 10-A)

A negyedidőszaki homokrétegek a litológia megjelenés alapján nem különíthetők el a többnyire hasonló megjelenésű prekvarter képződményektől. A Mindszent K–88 alapfúrásban a fektől való elkülönítés alapja 630 m-en az első nagy szuszceptibilitást tartalmazó homokréteg. Csongrád Cs–1 fúrásban ugyanakkor jól láthatóan alacsony szuszceptibilitású homokrétegre települ megnövekedett szuszceptibilitás értékű finomszemű iszap, benne a negyedidőszakra jellemző kiugró értékkel (3. ábra kinyitott részlete). Nyárlőrinc Ny–1 fúrás esetében közel 300 méterrel magasabban található meg a mindszenthez hasonló települési határ, jölehet egy viszonylag alacsony szuszceptibilitás maximumot mutató homoktest besorolása 320 m-en bizonytalan. Kecskemét–Ladánybene irányában újabb 100 m emelkedéssel már a tagolatlan homokosorozat jelentkezik mágneses szuszceptibilitással továbbra is igazolhatóan.

A mágneses szuszceptibilitás adatok az erodált medenceperemeken is lehetővé teszik a kvarter és prekvarter homok sorozatok szétválasztását. Jánoshalma–Bácsalmás térségében (4. ábra) a vízműkutak által szűrözött, 120–170 m között települő homoktest kora hosszú ideig bizonytalan volt. Jánoshalma B–60 fúrásból 160,00–162,50 méterközéből, héjtöredékes homokból pannóniai fauna került elő (*Viviparus sadleri*, *Melanopsis decollata*, *Valvata aderoboides*) (határozta Széles M.). Ugyanakkor a Jánoshalma J–1 alapfúrás 150,4–152,4 m-éből „*Viviparus böckhi* szint” vált ismertté (Krolopp 1980), amit megerősít a később 149 m-ből előkerült juvenilis *V. böckhi* forma is (határozta Szappanos B.). Ez

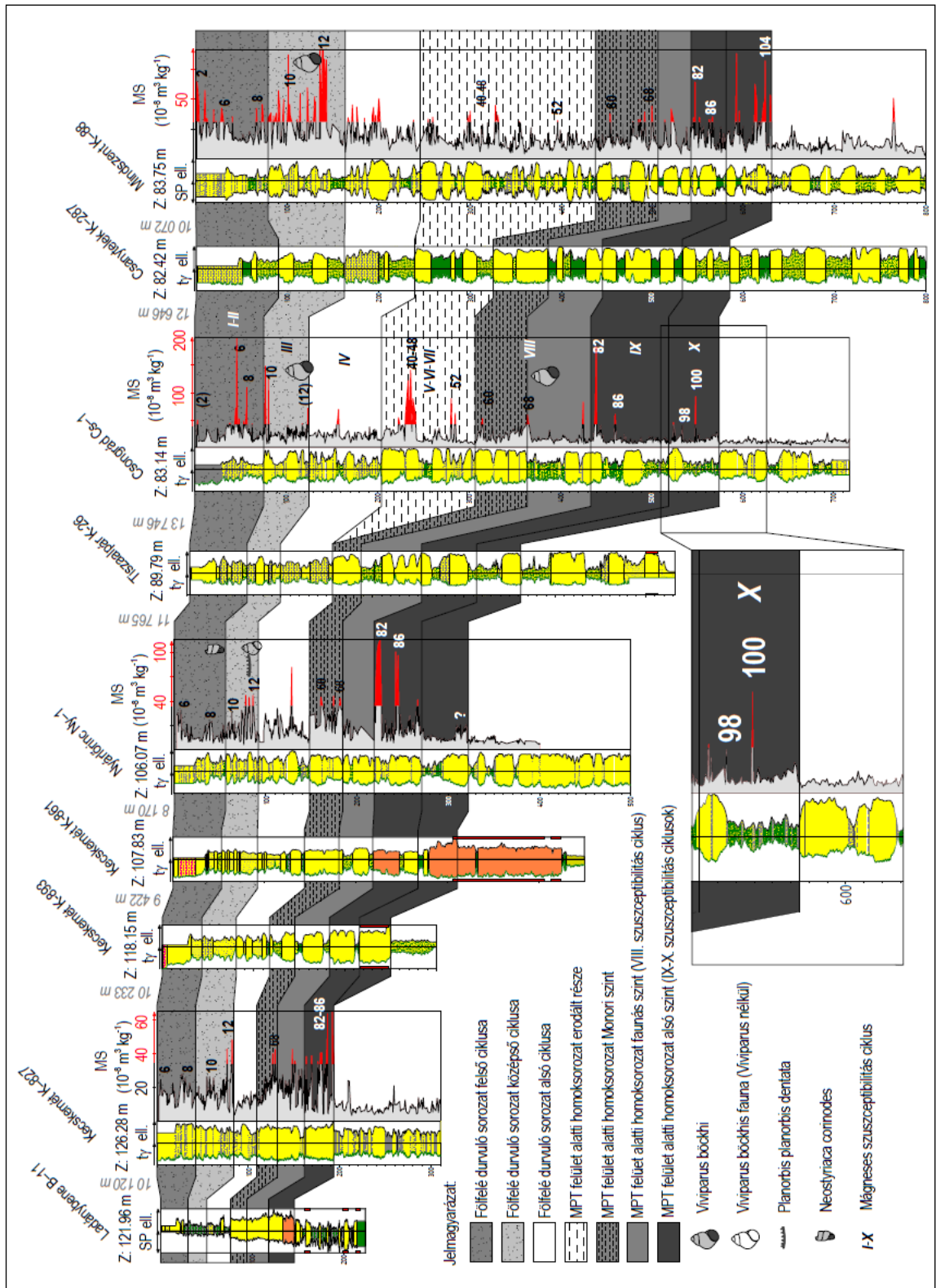
alapján a homoktest pleisztocén korúnak tekinthető, s felmerült a pannon faunaelemek áthalmazott jellege.

Ugyanakkor a Jánoshalma J–1 alapfúrásban a kérdéses homokréteg 150 méterétől lefelé a szuszceptibilitás teljesen megváltozik. A homokréteg alsó 10 m-e, karotázs képét illetően teljesen hasonló a fölette települő homokréteghez, viszont nem jelennek meg benne a negyedidőszak kora-posztglaciális szuszceptibilitás maximumai. Ez alapján a Jánoshalma–Bácsalmás térségében a 120–170 m között települő vízműves szintet homokos pannóniai és rá közvetlenül települő homokos alsó pleisztocén rétegek alkotják, valószínűleg diszkordánsan. A Jánoshalmától észak felé Soltvadkert–Kaskantyú irányában kivastagodó, a 120 métertől egészen 190 m mélységig terjedő homoktest a Kecskeméti alapfúrás szuszceptibilitás adatsorát figyelembe véve már teljes egészében alsó pleisztocén, amely a Bácsalmás–Jánoshalma térségében még megtalálható pannóniai szintet erodálta.

A Makói-árokban 300 m-re kivastagodó rétegsornak a 100 m vastag tagolatlan homokösszlettel való rétegtani korrelációja ismét csak a fauna és szuszceptibilitás adatok együttes figyelembevételével lehetséges. Ezen belül is kiemelt szerepe van a VIII. sz., a *Viviparus böckhi* első előfordulása (FAD Vb) révén paleontológiailag is definiált szuszceptibilitás ciklusnak (Püspöki és társai 2021a, 2021b). Ez alapján volt meghatározható a Kecskemét–Jánoshalma–Bácsalmás vonalon kiemelt helyzetű homokosorozat rétegtani helyzete és korrelációja a VIII. sz. szuszceptibilitás ciklussal (4. ábra). Az ábrán az is látszik, hogy a faunával megerősített VIII ciklus (MIS 68–60) nagyobb területen megtalálható,

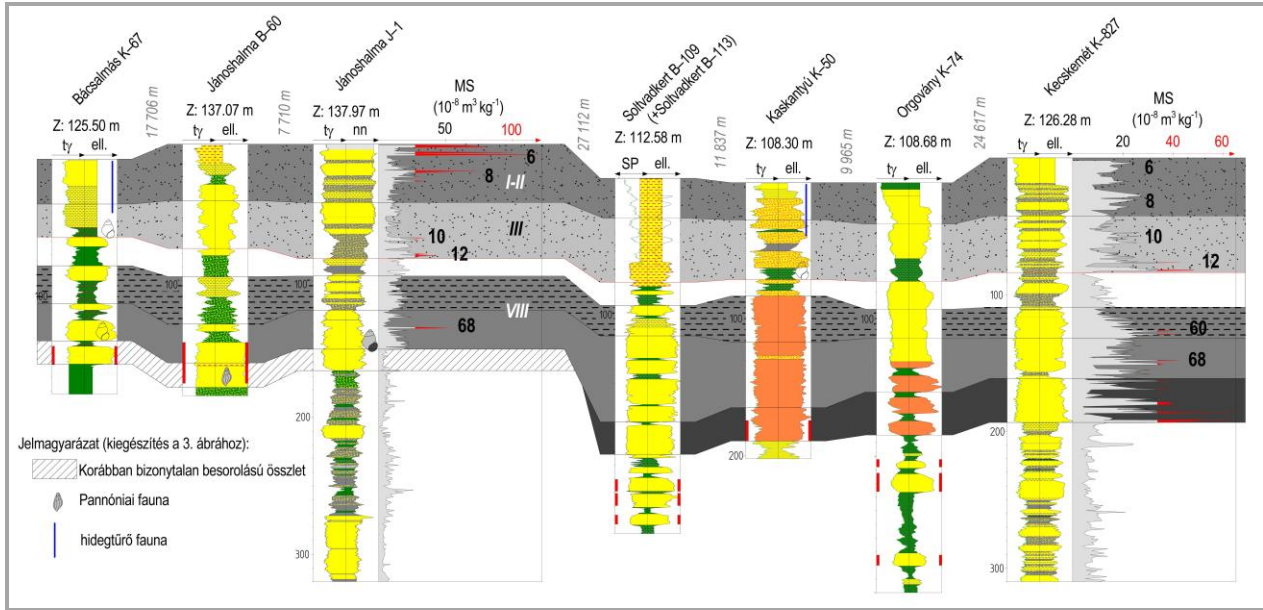
mint a fölfelé növekvő csúcspárt (MIS 86–82) tartalmazó IX, és a kvarter talpra jellemző nagy értékeket tartalmazó X. ciklusok ezért utóbbiakat elkülönítve kezeltük. A szuszcep-

tilitás ciklusok (VIII, IX, X) publikált kora alapján, a teljes homokosorozat kora MIS 104–60 közötti időintervallumra (~2,6–1,7 millió év) tehető.



2. ábra. A kvarter képződmények elkülönítése és tagolása a Duna–Tisza-köze és a Makói-árok viszonylatában (a szelvény nyomvonalát lásd az 1. ábrán)

Figure 3. Identification and dissection of the Quaternary succession in the Danube–Tisza Interfluve and Makó Trough (for the place of section see Figure 1)



4. ábra. A kvarter és pre-kvarter képződmények szétválasztása csapás irányú Jánoshalma–Bácsalmás térségében (a szelvény nyomvonalát lásd az 1. ábrán)

Figure 4. Discrimination of Quaternary and pre-Quaternary beds around Jánoshalma and Bácsalmás (for the place of section see Figure 1)

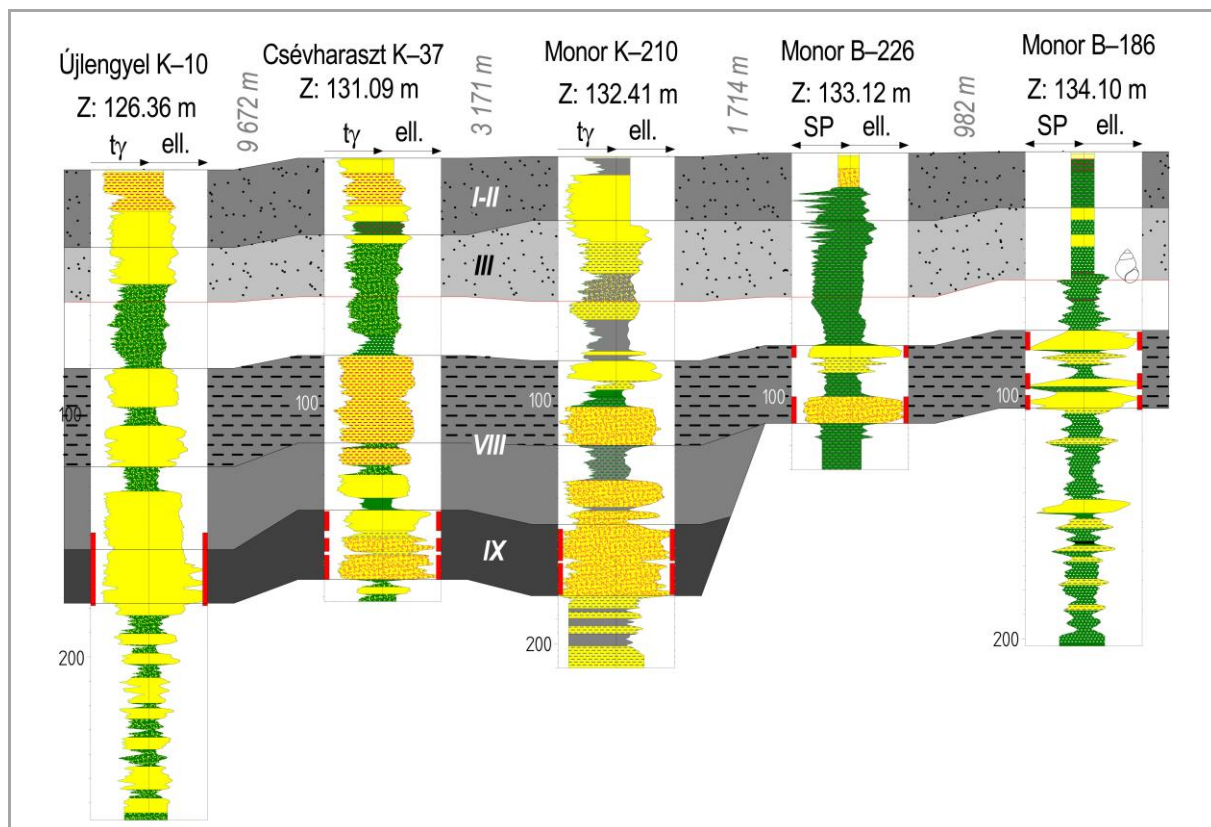
Az MPT felület alatti homokösszlet VIII. szuszceptibilitás ciklussal azonosított részének mintegy 30 m vastag felső része ismét túlterjedően települ. Erre a felismerésre a Monor–Pilis környéki vízműutak rétegsorának vizsgálata vezetett (5. ábra). A Monor K–210 fúrásban 85–120 m között települő, finomszemű üledékekkel elválasztott, 10 m vastagságú homokrétegek megbízhatóan az MPT felület alatt települnek, ugyanakkor jól láthatóan elkülönülnek az ártéri üledékek nagyobb részarányában. A rétegsor megbízhatóan követhető észak felé (Monor B–226, Monor B–186), rálapolódva az idősebb képződményekre, de a fekében megőrződött ártéri betelepülések alapján jól korrelálható déli irányban Újlengyel térségében is (Újlengyel K–10). Az azonosítás és értelmezés szempontjából fontos geofizikai és faunaadatot is tartalmazó típusterületre utalva e túlterjedően települő felső részt „Monori szint” néven különböztettük meg az alatta található sorozattól. Kora a VIII szuszceptibilitás ciklus felső részének feleltethető meg, így a MIS 68–60 közötti időintervallum (~1,9–1,7 millió év) fiatalabb részére tehető.

A Makói-árok irányában a „Monori szint” fölött és az MPT felület alatt 100 m-t meghaladó vastagságú üledékes összlet található (3. ábra). Kora feltehetően a teljes ~1,7–1,2 millió év időszakot reprezentálja, a terület jelentős részén azonban lepusztult.

A homokosorozat területi elterjedését két alegység vastagságtérképével illusztráljuk. Egyik a paleontológiailag megerősített VIII. ciklus fekéjében található, de nagy

területen jól korrelálható IX. szuszceptibilitás ciklus (6-A. ábra). A másik a VIII. ciklus felső részét képező Monori szint térképe (6-B. ábra). A IX. ciklus ÉNy-DK-i tengelyű vastagság eloszlása feltűnően hasonlít egyes szerzők (Franyó 1992) kvarter talpmélység térképére (6-C. ábra), amit szinte minden esetben szerkezeti árok („Levan-tei árok” Sümeghy 1950) jelenlétével magyaráztak.

E szerkezeti árok lehetőségének vizsgálatára szeizmikus szelvényekkel való összevetést végeztünk. Az Is-5 (7-A. ábra) és Ki-58–Is-6 (7-B. ábra) szeizmikus szelvényeken jól láthatók a terület nagyobb szerkezeti elemei. A szeizmikus szelvények fölött a szelvényekhez legközelebb eső rétegtanilag feldolgozott fúrások alapján készített, földtani szelvények láthatók, 40x-es túlmagasításban. Az Is-5 szelvény esetén a vízműves szint enyhén ÉK-felé lejtő medencealjzat fölött található. Tőle DNy-ra a fekében az aljzatfelszint áttörő vulkáni szerkezet látható, ÉK-re ugyanakkor semmilyen feltűnő szerkezeti elem – felszín közelbe hatoló vető – nem kapcsolódik a vízműves szint laterális elvégződéséhez. Az előbbivel közel párhuzamos Is-6 szeizmikus szelvény mentén ettől teljesen eltérő szerkezeti helyzet látható, amennyiben a vízműves szint éppen aljzati kiemelkedés fölött található. A két szelvény és az aljzatomborzat (6-D. ábra) alapján az ÉNy-DK-i csapású süllyedékben található vízműves szint elterjedése nem szerkezeti árkot követ, hanem gyakorlatilag merőleges egy gravitációs és szeizmikusan is kimutatható aljzatomborzati magaslatra. Ez alapján a „Levan-tei árok” – mint szerkezeti értelmezés – nem nyert megerősítést.



5. ábra. Kvarter üledékek túlterjedő települése Monor térségében (a szelvény nyomvonalát lásd az 1. ábrán)  
Figure 5. Onlap of Quaternary formations in the vicinity of Monor (for the place of section see Figure 1)

#### Az MPT felület fölötti homokosorozat tagolása, kora és elterjedése

Az MPT felület fölött megjelenő, gyakran 100 m-t meghaladó, vékony homok rétegeket tartalmazó fölfelé durvuló sorozat fektől való elkülönítése az MPT felület mentén rendszerint litológiai alapon is megoldható, tagolása azonban karotázs korreláció alapján bizonytalan. A mágneses szuszceptibilitás és paleontológiai adatok együttes figyelembevétele az alapfúrások környezetében ugyanakkor lehetővé teszi a viszonylag egyveretű rétegsorozat három geokronológiai egységre történő tagolását (8. ábra). A legalsó egység az MPT felülettől a *Viviparus böckhi* utolsó megjelenésével (Nyárlőrinc Ny-1 – 72 m) egybeeső extrém SUS csúcscsorozat talpáig (MIS 12) tart, s kora ennek megfelelően 1,2–0,45 millió év. A középső, szakasz a MIS 12 csúcscsorozat talpától a hidegtűró faunaelemek (pl. *Neostyriaca corinodes* Nyárlőrinc-1 48 m) megjelenéséig terjed, paleontológiailag megerősíti a „*Viviparus böckhi*-s fauna” jelenléte (III mágneses szuszceptibilitás ciklus) kora 450–250 ezer év. A legfelső, szakasz a mágneses szuszceptibilitás értékek újbóli növekedésével és hidegtűró faunával jellemezhető, s feltehetően fiatalabb 250 ezer évnél (MIS 8) (ld. *Neostyriaca corinodes* előfordulásai: MIS 6, 8, 10, 150–350 ezer év, *Sümei és társai* 2018).

A többi fúrásban fauna és szuszceptibilitás adatok hiányában csak karotázs korrelációra van lehetőség. Ezekben a fúrásokban az azonosítás ismerve a geokronológiai ciklusok bázisán megjelenő finomszemű üledék. Ennek megfelelően a korrelációs felszíneket a fúrásszakaszok finomszemű betelepüléseinek bázisán jelöltük ki. Az MPT felület közvetlen fedőjében a finomszemű üledékek

megjelenése általános, így az azonosítás biztos. A középső és felső ciklus bázisán található finomszemű betelepülések azonban az ellenállás értékek alapján feltehetően kisebb porozitás kontrasztot képviselnek és nem is folyamatosak, így bizonytalanul követhetők.

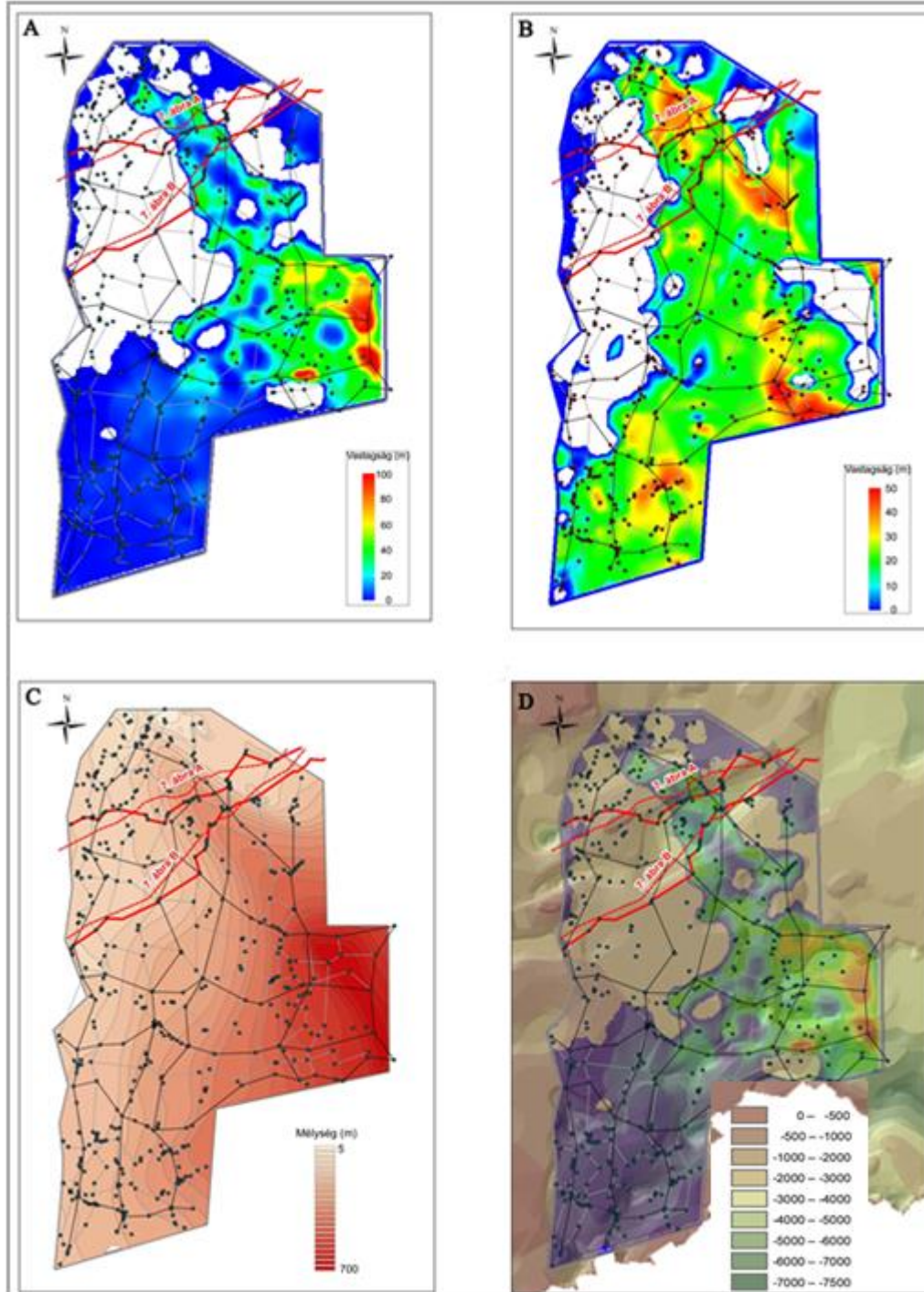
Az MPT felület fölött települő összefüggő finomszemű képződmény egyben a teljes negyedidőszaki rétegsor legjelentősebb és regionálisan legerjedtebb vízrekesztő képződménye lehet, míg a középső és felső ciklusok bázisa fölött csak foltokban jelentkező iszapos betelepülések regionálisan nem összefüggő kifejlődések, inkább csak lokálisan befolyásolhatják a vízáramlások irányát és sebességét. Mivel a mélyfúrás geofizikai görbéken ezek azonosítása bizonytalan, korrelációjukat nagyban segítené a mágneses szuszceptibilitás mérések bevonása a mélyfúrás geofizikai gyakorlatba.

A III mágneses szuszceptibilitás ciklussal megegyező középső (450–250 ezer éves) ciklus litológiai jellege a Ny-i területrezen megváltozik (9. ábra). Az uralkodóan finomszemű és többnyire csak vékony homokbetelepüléseket tartalmazó sorozattal Orgovány–Páhi és Vasad–Üllő térségében oldalirányban jól láthatóan 20 m vastagságot elérő, finomszemű üledékeket nem tartalmazó homokösszlet érintkezik. Mivel fedőjében Páhi–Tabdi és Üllő térségében is jól láthatóan a felső üledékciklus finomszemű anyaga települ, kialakulása lényegében megegyezhet a középső ciklussal, de mivel a homokrteg nagy vastagsága és a finomszemű üledékek hiánya miatt a litológiai jelleg eltér a középső ciklus anyagától, önálló egységként térképeztük.

Az MPT felület fölött települő fölfelé durvuló ciklusok (2-ABC. ábrator, 8. ábra) vastagság térképét befo-

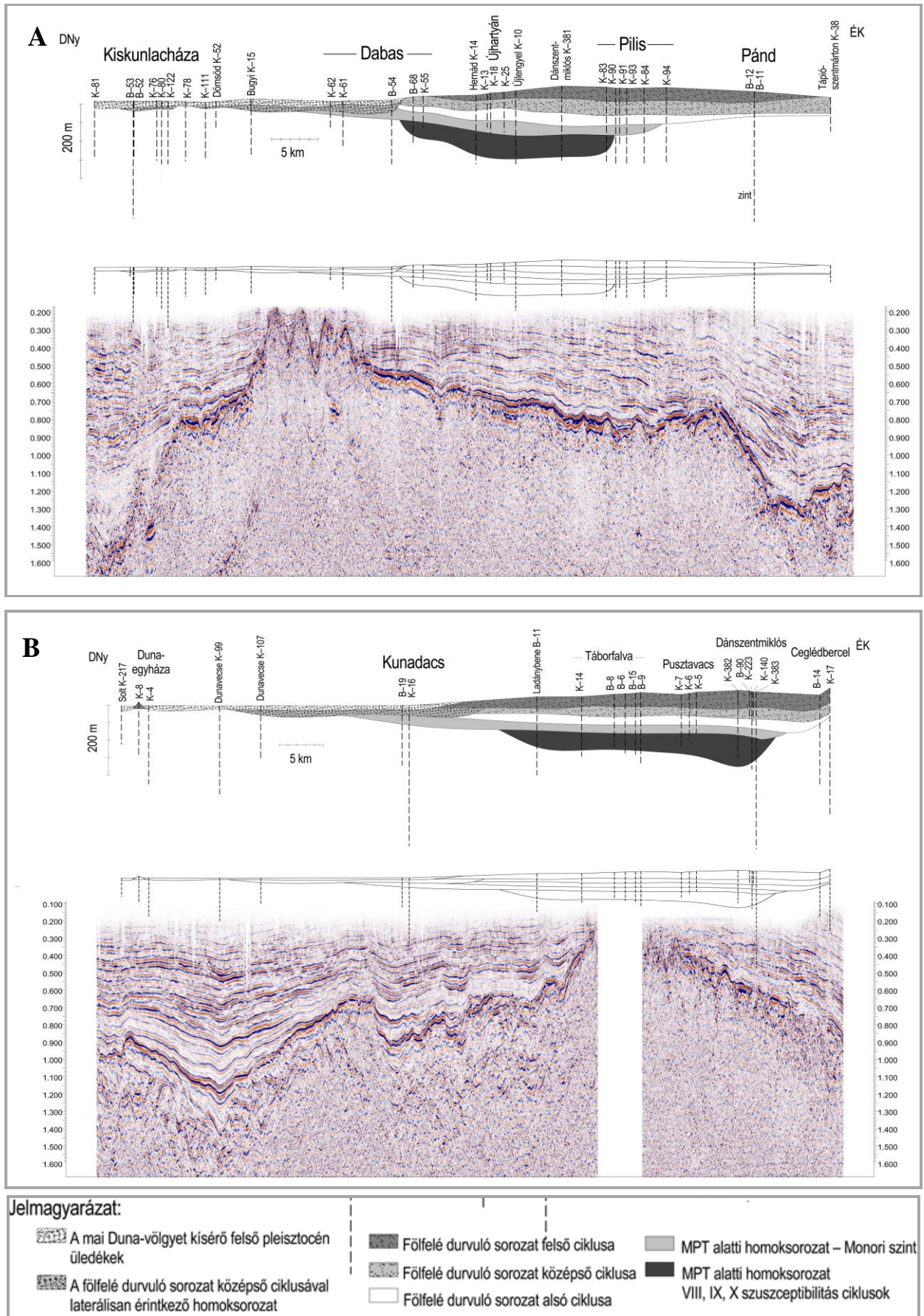
lyásolja a Duna–menti síkság peremén jelentkező erózió, illetve a középső ciklussal Ny-i irányban érintkező nagy vastagságú homokösszlet. Az elterjedés illusztrálására ezért a legnagyobb kiterjedést mutató legfelső ciklus vastagsági térképét mutatjuk be (10-A. ábra) és külön ábrázoltuk a középső ciklus finomszemű anyagához laterálisan

kapcsolódó összefüggő homoksorozatot (10-B. ábra). A legfelső ciklus gyakorlatilag a teljes Duna–Tisza között lefedi, a középső ciklussal laterálisan érintkező homoksorozat ugyanakkor a vastagságtérkép alapján egy közel É–D-i lefutású üledék összlet, amely a mai Duna-völgy területével részben átfed, részben attól keletre található.



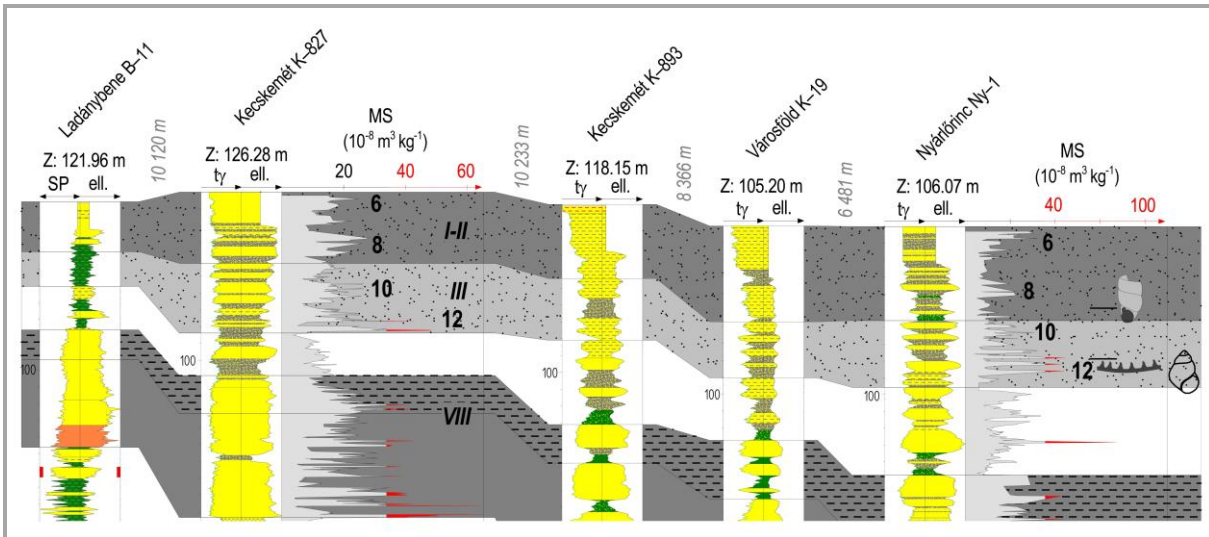
6. ábra. Kvarter üledékes egysége vastagságviszonyai A: a IX. szuszceptibilitás ciklussal korrelált homoksorozat, B: Monori szint, C: kvarter talpmélység térkép (Franyó 1992) D: a IX. szuszceptibilitás ciklussal korrelált homoksorozat az aljzatomorzattal összehasonításban (Haas és társai 2014)

Figure 6. Isopach maps of Quaternary sedimentary units A: sand series correlated with the IXth magnetic susceptibility cycle, B: Monori Unit, C) topography of the Quaternary base (Franyó 1992), D: comparison of the sand series correlated with the IXth magnetic susceptibility cycle and the basement topography (Haas et al. 2014)



7. ábra. Kvarter üledékes egységek elterjedésének összevetése az aljzatszerkezeti elemekkel A: IS-5 migrált időszelvény, B: KI-58–IS-6 migrált időszelvények (a szelvények nyomvonalát lásd az 1 és 6. ábrákon)

Figure 7. Comparison of spatial distribution of Quaternary sedimentary units and basement structure A: IS-5 migrated time section, B: KI-58–IS-6 migrated time sections (for the places of sections see Figures 1 and 6)



8. ábra. Az MPT felület fölött települő fölfelé durvuló rétegsor tagolása mágneses szuszceptibilitás és fauna adatok alapján (a szelvény nyomvonalát lásd az 1. ábrán)

Figure 8. Dissection of the upward coarsening unit based on magnetic susceptibility and palaeontological data (for the place of section see Figure 1)

### A Duna-völgy homokos üledékeinek tagolása kora és elterjedése

A Duna-völgy talpán található 10–15 m vastag homok összlet mélyfúrás geofizikai vizsgálatát akadályozza a furat állékonyosságát biztosító vezérső. Vastagsága így elsősorban a földtani naplók szöveges leírásából derül ki, melynek bizonytalanságát növeli a szitaminta mélységének pontos meghatározása. Jelentős változást a karotázs korrelációk ezen a területen elsősorban a Kalocsa–Baja térségben közismerten 60–70 m-re vastagodó homok összlet megítélésében hoztak.

É–D-i szelvényen (11. ábra A) jól látható a Solt–Harta–Uszód viszonylatában jelentősen megváltozó homokvastagság. A nagy vastagságú homokrteg a benne található „*Viviparus böckhi*-s fauna” alapján bizonyosan idősebb a Duna-völgy felszínén található mintegy 10–15 m vastag homokrtegnél, s Uszód–Kalocsa–Csátalja között összefüggően jelentkezik, fedőjében Baja–Sükösd térségében a fölfelé durvuló homokösszlet legfelső ciklusával. Ny–K-i szelvényen ugyanakkor (11-B. ábra) ez a nagy vastagságú homokösszlet jól láthatóan folytatódik kelet felé a Duna–Tisza köze irányában, elterjedése tehát – a gyakori vélekedéssel ellentétben – nem korlátozódik egy Duna-völgyet kísérő, Kalocsa–Baja térségében kialakult fiatal árkos süllyedékre. A Solttól D-re eső homokszorozat alsó, nagy vastagságú részét ennek megfelelően nem tekintettük a Duna-völgy felszínét borító fiatal üledéksor részének, ami az üledékvastagsági térképen is tükröződik (12. ábra).

### DISZKUSSZIÓ

#### A térképezett üledékföldtani egységek őskörnyezeti-fejlődéstörténeti értelmezése

Az MPT felület alatt található, uralkodóan homokos összletet a korai térképezésektől folyóvízi összletnek tekintik (Sümeghy 1950, Miháltz 1953, Molnár 1977). A karotázs korrelációs szelvényeken jelentkező 10 m vastag, vertikálisan egyveretű homoktestek megerősítik egy nagy, Duna méretű vízfolyás jelenlétét. Az ártéri üledékek hiánya, illetve erősen alárendelt jellege intenzív late-

rális erózióra vagy fonatos vízfolyásrendszerre utalhat. A vastagságtérkép alapján az alsó folyóvízi összlet üledék-képződése Nyárlőrinc–Lajosmizse térségétől ÉNy-ra egy ÉNy–DK-i tengelyű süllyedéket tölt ki, ami azonban nem szerkezeti árok (Sümeghy 1950) hanem feltehetően völgybevágodás. Nyárlőrinc–Lajosmizse térségétől DK-re a Makói-árok irányában ez az irányítottág megszűnik, a rétegsor kivastagszik, a finomszemű értéri üledékek részaránya jelentősen megnő. Itt akár medencebeli legyezőszerű hordalékkúp épülésével is számolhatunk. A Monori szint vastagságtérképe (6-B B) jelzi, hogy a folyóvízi felhalmozódás idővel a medenceperemi területre is túlerjedt az egykori völgy területén.

Az MPT felület fölött települő uralkodóan finomszemű, fölfelé durvuló összlet őskörnyezeti értelmezése vitatott. E finomszemű képződménysor folyóvízi vagy eolikus karakterének eldöntésére a magfúrások (Franyó 1980) mélyítése során számos kiegészítő anyagvizsgálat született. A malakológiai adatok (Krolopp in Franyó 1980) és a homokszemcsék pásztázó elektronmikroszkópos felvételei (Borsy és társai 1987) egyaránt azt igazolták, hogy a felső 100–200 m-es finomszemű összlet sokkal inkább folyóvízi, tavi és eolikus környezetek gyakori váltakozásaként értelmezhető, mintsem uralkodóan eolikus képződmények monoton sorozataként. Ehhez járul hozzá a karotázs korrelációkon nagy területen megfigyelhető fölfelé durvuló jelleg, ami a folyóvízi rétegsorok körében elsősorban a hordalékkúpok sajátja (Weissmann és társai 2010, Ventra és Clarke 2018). A finomszemű üledékbe ágyazott homokrétegek jellemzően kis vastagsága ugyancsak arra utal, hogy a mai Dunánál jóval kisebb vízfolyásokhoz köthető az üledékfelhalmozódás.

A vízfolyások méretének megváltozására vonatkozóan Sümeghy (1950) spontán mederfejlődéssel számolt, az MPT felület korának (1,2 millió év) ismeretében ugyanakkor a változás klímátörténeti eseménnyel is magyarázható. A pleisztocén közepi klímaromlás következtében számolni lehet a csapadékmennyiség csökkenésével, a lehulló csapadék jelentős részének hó és jég formájában

történő visszatartásával, illetve a keletkező törmelék mennyiségének megnövekedésével egyaránt.

A hordalékkúp középső ciklusával laterálisan érintkező homokosorozat egy a mai Duna méretű vízfolyás jelenlétére utal. Mederüledékeinek elterjedése átfedett a mai Duna-völgygel, de K-i irányban benyúlik a mai Duna–Tisza-köze területére. Felhalmozódása a középső ciklus korával számolva 450–250 ezer év közé tehető. Ez a karotázs korrelációból, faunaadatokból és szuszceptibilitás vizsgálatokból adódó érték arra utal, hogy a fiatal Duna üledékek alatt megismert, a 30 ezer éves minták alatt következő, de 200 ezer évet megközelítő OSL kor (*Sebe és társai 2019*) már ennek a vízfolyásnak az üledékét reprezentálja. A hordalékkúp ÉNy-DK-i tengelyétől Ny-ra, de a mai Duna-völgytől keletre térképezett homokosorozat teljesen egybecseng a korábban publikált fejlődéstörténeti képpel miszerint a Duna fokozatosan tolódtott Ny-felé (*Sebe és társai 2019 6. ábra*).

A Duna-völgy síkon található felszíni üledékek kora OSL méréseken alapuló vizsgálatok alapján 30 ezer éves vagy annál fiatalabb (*Tóth és társai 2017*). A Kalocsától D-re megtalálható nagy vastagságú homokosorozat ugyanakkor *Viviparus böeckhi*-s faunával rendelkezik, azaz még a Bugyi kavicsbányában előkerült nagyemlős fauna (*Mammuthus primigenius*, *Coelodonta antiquitatis*, *Bison priscus*, *Megaloceros giganteus*, *Rangifer tarandus*, *Alces sp.*, *Bos primigenius*) alapján a felső pleisztocén hűvös-hideg szakaszára tehető (*Jaskó és Kordos 1989*) kavicsos homok sorozatnál is idősebb. Ezt figyelembe véve az Uszód–Kalocsa térségében bekövetkező „kivastagodás” egyszerűen annyit jelent, hogy ettől Északra a felső pleisztocénben a Duna pannóniai, ettől délre pedig alsó pleisztocén folyóvízi képződményekből felépített térszínen futott.

#### **Mágneses szuszceptibilitás mérések perspektívái a karotázs korrelációkban**

A közölt szelvényeken látható, hogy a mágneses szuszceptibilitás – mint a paleoklíma változásoktól függő, mélyfúrási geofizikai módszerekkel is mérhető fizikai paraméter – alkalmas a kvarter–pre-kvarter képződmények megbízható szétválasztására a medencebelső és az erodált medenceperem területén egyaránt, ráadásul függetlenül attól, hogy a geokronológiai határ alatt és fölött homokos vagy agyagos üledékek települnek. Emellett, különösen kiegészítő faunaadatokkal megerősítve alkalmas az MPT felület alatt és fölött jelentkező, nehezen tagolható folyóvízi összletek geokronológiai tagolására is.

A bemutatott szelvényháló (*1. ábra*) területi kiterjedéséből látható, hogy az általunk végzett karotázs korrelációs vizsgálatok, különösen a medencebelső irányában, alig haladják meg a mágneses szuszceptibilitás adatok területi elterjedését. A mágneses szuszceptibilitás bevonása a vízkutatás mérési gyakorlatába lehetővé tenné a vizsgálá-

tok kiterjesztését Szeged, vagy a D-i határmenti területek irányában. Ugyancsak elősegítené a felszínközeli akár csak lokálisan, részlegesen vízrekesztő képződmények regionális azonosítását. E mélyfúrási geofizikai módszertani lehetőség elméleti és gyakorlati megalapozottságát a Maros-hordalékkúp területén készült kísérleti mérésekre alapozott korreláció és a Tótkomlós III/P paraméterfúrási laboratóriumi és terepi mérési adatainak összevetése már igazolta (*Püspöki és társai 2023, 11. ábra*).

#### **KONKLÚZIÓK**

A bemutatott elemzés célja a Duna–Tisza-köze területére vonatkozó vízföldtani modellezések földtani alapjának pontosítása.

1. 593 mélyfúrási nagy felbontású karotázs korrelációja alapján a Duna–Tisza-köze negyedidőszaki üledéksora alapvetően két részre tagolható a pleisztocén közepi klímaromlás (Mid Pleistocene Transition) idejének (1,2 millió év) megfelelő korrelációs felszín („MPT felület”) mentén.

2. Az MPT felület alatt monoton homokosorozat, fölötté finomszemű ártéri üledéksorba ágyazott kis vastagságú homokrétegek összességében fölfelé durvuló sorozata jelentkezik. Előbbi intenzív oldalazó eróziót kifejtő, vagy elágazó medrekben lerakódó öszlet, utóbbi kis vízfolyások által létrehozott hordalékkúp jelenlétére utal. Az alsó homokosorozat Nyárlőrinc–Lajosmizse vonalától É-ra egy ÉNy–DK-i süllyedéket tölt ki, ami a korábbi elképzelésekkel szemben nem szerkezeti árok, hanem feltehetően völgybevágódás.

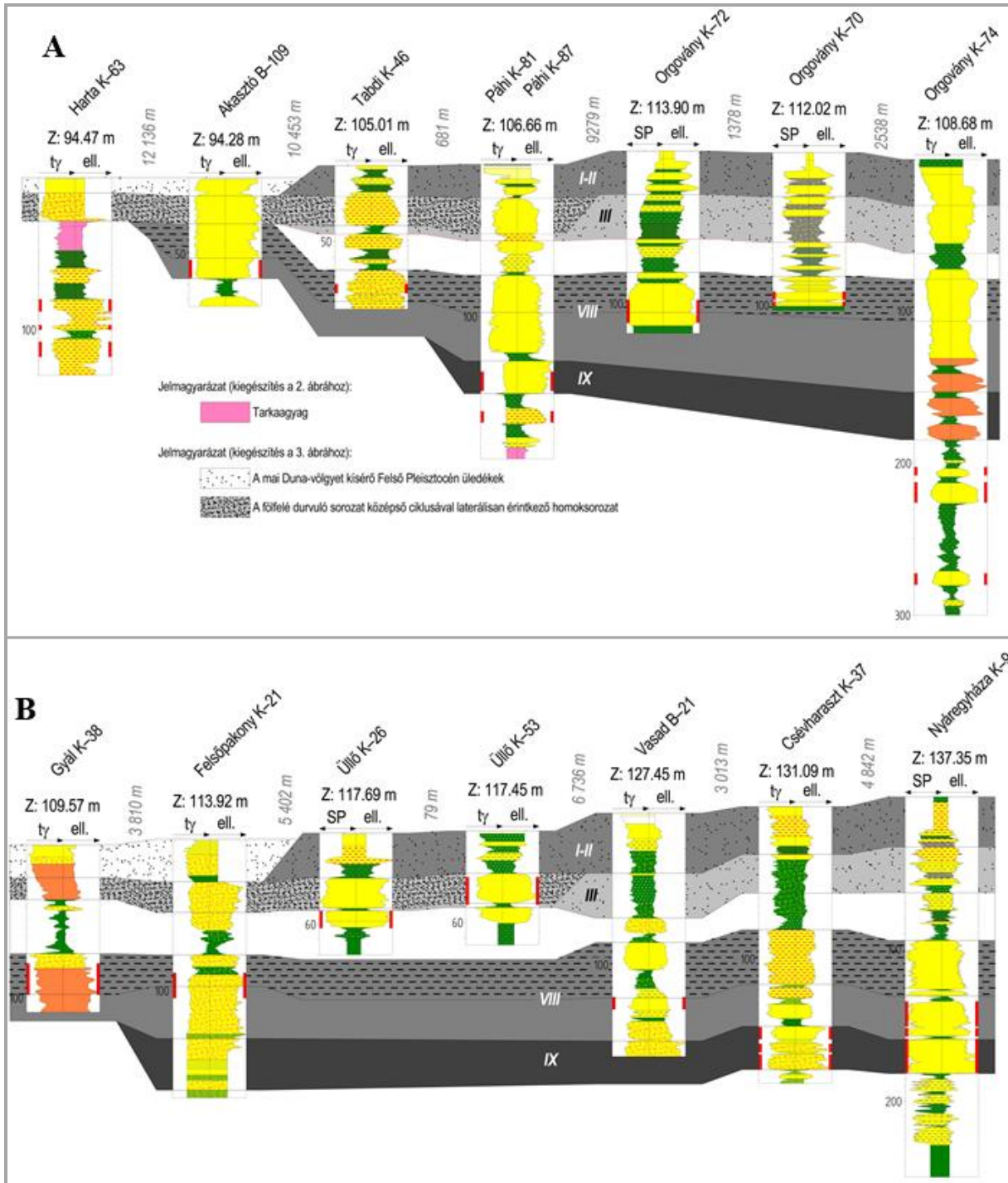
3. Elkülönítésre került az MTP felület fölött települő hordalékkúppal laterálisan érintkező, a mai Duna-völgygel közel párhuzamos, annál idősebb, 450–250 ezer év közé tehető homokosorozat, mely igazolja egy nagyméretű vízfolyás (Duna) korábbi jelenlétét.

4. Fauna és mágneses szuszceptibilitás adatok, illetve a medenceperemi szelvények vizsgálatával lehetséges az alsó folyóvízi rétegsor további tagolása három szintre, illetve a felső hordalékkúp öszlet tagolása ugyancsak három kisebb üledékciklusra, utóbbiak bázisán finomszemű üledékek települnek.

5. A fiatalabb és idősebb Duna-völgyekkel együtt így a térképezett rétegtani egységek száma a korábbi 1–3-ról 8-ra, a térképezés alapjául szolgáló értékelt mélyfúrássok száma a korábbi 66-ról 593-ra emelkedett, ami a földtani modell felbontásában nagyságrendi növekedés.

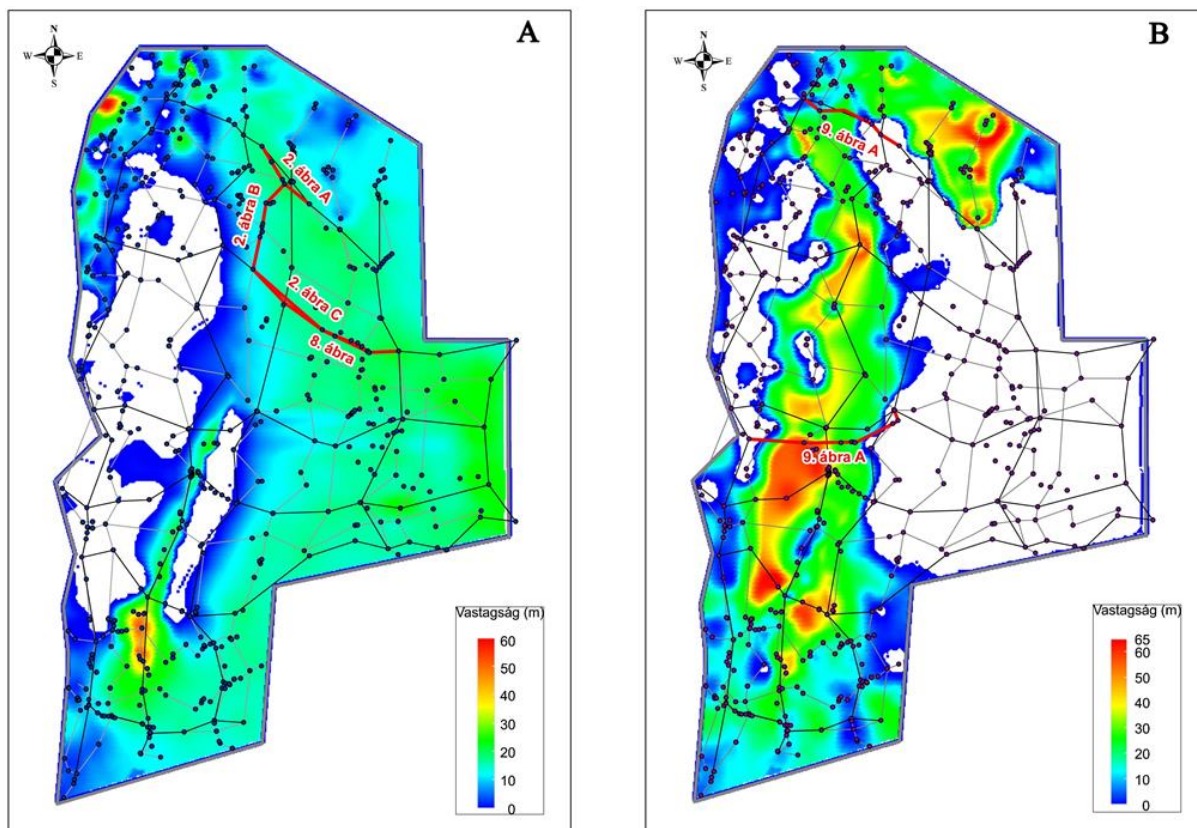
6. A bemutatott korrelációk területi kiterjesztésének és az 5. pontban leírt nagyobb rétegtani felbontás következetes alkalmazásának eszköze lehet a mágneses szuszceptibilitás – mint paleoklíma változások kimutatására alkalmas fizikai mennyiség – számításba vétele a vízkutatás fúrássok mélyfúrási geofizikai vizsgálatának tervezésekor.



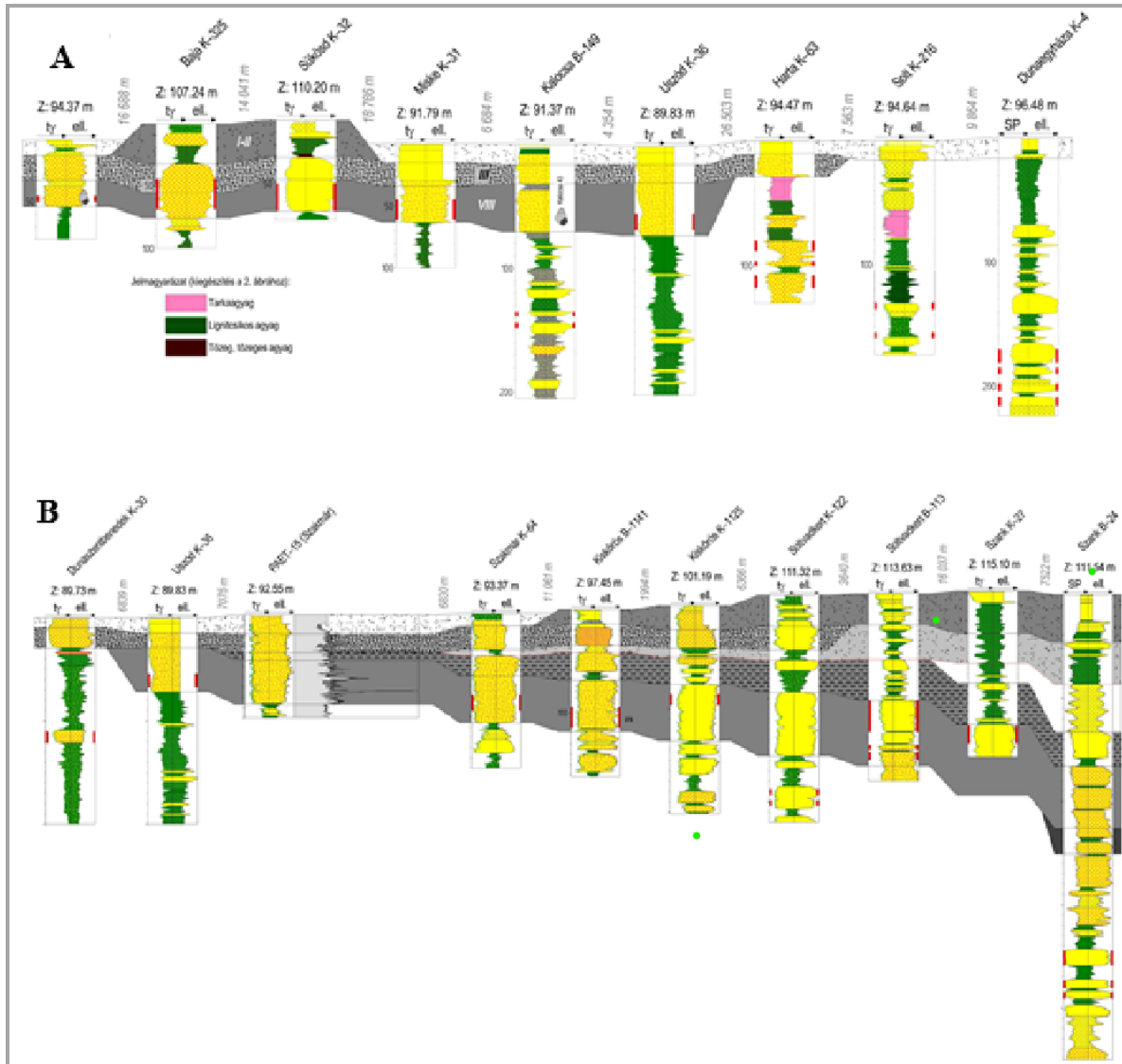


9. ábra. A fölfelé durvuló sorozat középső ciklusával laterálisan érintkező homokosorozat A: Páhi–Orgovány térségében, B: Üllő térségében (a szelvények nyomvonalát lásd az 1. és 10-B. ábrákon)

Figure 9. Sand unit attached laterally to the middle cycle of the upward coarsening unit A) Around Páhi–Orgovány, B) in the vicinity of Üllő (for the places of sections see Figures 1 and 10 B)

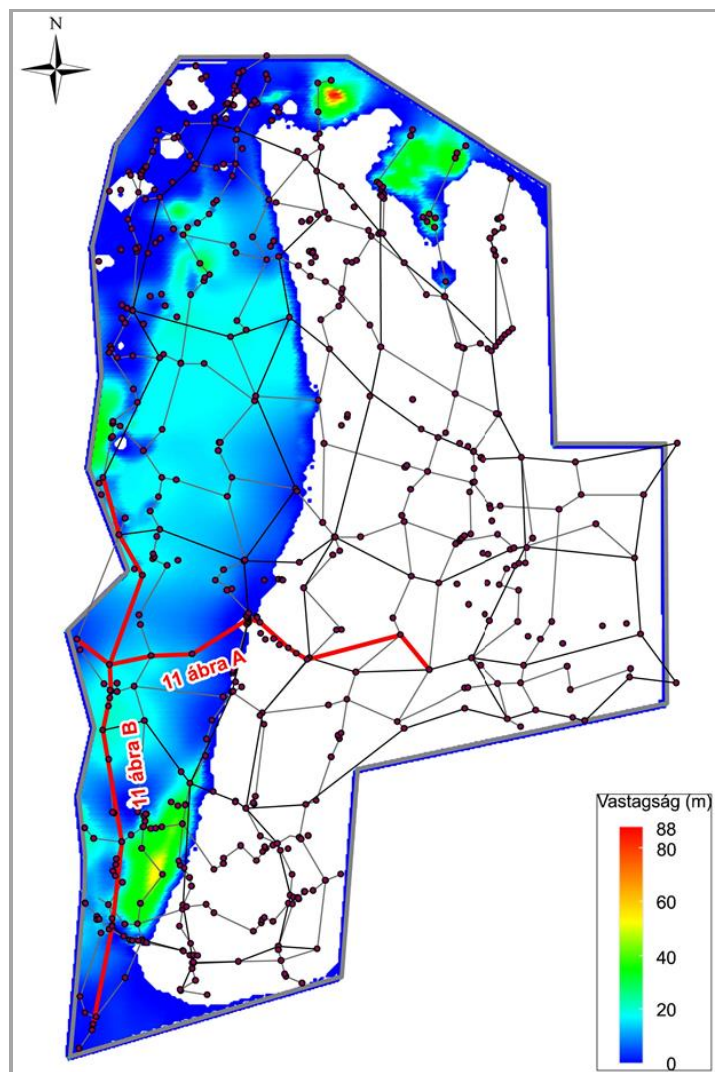


10. ábra. A: A fölfelé durvuló sorozat felső ciklusának vastagsági térképe B: A fölfelé durvuló sorozat középső ciklusával laterálisan érintkező homokszorozat vastagsági térképe  
 Figure 10. A: Isopach map of the upper cycle of the upward coarsening unit, B: Isopach map of the sand unit attached laterally to the middle cycle of the upward coarsening unit



11. ábra. Kvarter üledékek települési viszonyai Kalocsa és Baja között A: É–D-i szelvény, B: Ny–Ki szelvény (a szelvények nyomvonalát lásd az 1. és 12. ábrákon)

Figure 11. Stratigraphic architecture of the Quaternary sediments between Kalocsa and Baja. A: N–S section B: W–E section (for the places of sections see Figures 1 and 12)



12. ábra. Felső-pleisztocén üledékek izovastagsági térképe a Duna-völgy mentén  
Figure 12. Isopach map of the Upper Quaternary sediments along the Danube valley

### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnénk megköszönni a lektoroknak, Sztanó Orsolyának és Szanyi Jánosnak, hogy kritikai észrevételeikkel, útmutatásukkal nagyban hozzájárultak a tanulmány végleges formájának kialakulásához.

### IRODALOMJEGYZÉK

Alföldi L., Kapolyi L. (2011). Szükséges-e a Tisza térség vízhiányának a pótlására és/vagy a hajózó útvonal lerövidítésére Duna-Tisza csatornát építeni? Ha igen, miért nem, és ha nem, miért igen? Hidrológiai Közöny, 91. évf. 1. szám, pp. 1-28.

Borsy, Z. (1992). Evolution of the alluvial fans of the Alföld. In Rachocki, A. H., Church, M. (eds.). Alluvial Fans. A Field Approach, pp. 229-246. John Wiley & Sons, New York.

Borsy Z., Félserfalvi J., Lóki J. (1982). A Jánoshalmi MÁFI alapfúrás homoküledékeinek elektronmikroszkópos vizsgálata. Acta Geographica Debrecina 20, pp. 35–50.

Borsy, Z., Félserfalvi, J., Lóki, J., Franyó, F. (1987). Electron Microscopic Investigations of Sand Material in the Core Drillings in the Great Hungarian Plain. GeoJournal 15.2, pp. 185-195.  
<https://doi.org/10.1007/BF00157946>

Erdélyi M. (1967). A Duna–Tisza közének vízföldtana. Hidrológiai Közöny, 47. évf. 8. szám, pp. 331-340.

Franyó F. (1980). Újabb felszínfejlődéstörténet és vízföldtani eredmények a Duna-Tisza közti kutatófúrások alapján. Földrajzi Értesítő 29. pp. 409-442.

Franyó F. (1992). Quaternary isopachmap of Hungary 1:200 000. Mining and Geological Survey of Hungary, Budapest

Gábris, G. (1994). Pleistocene Evolution of the Danube in the Carpathian Basin. Terra Nova, 6, pp. 495–501. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3121.1994.tb00893.x>

Gedeoné Rajetzky M. (1973). A mindszei és csongrádi kutatófúrások mikromineralógiai vizsgálata, különös tekintettel az anyagszállítás egykori irányaira. MÁFI Évi Jel. 1971. pp. 169-186.

Gibbard, P.L., Lewin, J. (2009). River incision and terrace formation in the Late Cenozoic of Europe. Tectonophysics 474, pp. 41-55.  
<https://doi.org/10.1016/j.tecto.2008.11.017>

Gyirán I. (2009). A Duna-Tisza Közi Homokhátság vízgazdálkodásának fenntartható fejlesztése. A Magyar Hidrológiai Társaság XXVII. Országos Vándorgyűlése, 2. Szekció, Baja, 2009. július 1-3.

- Haas, J., Budai, T., Csontos, L., Fodor, L., Konrád, G., Koroknai, B. (2014). Geology to the pre-Cenozoic basement of Hungary. Explanatory notes of the "Pre-Cenozoic geological map of Hungary" (1: 500000). Geological and Geophysical Institute of Hungary, Budapest.
- Jaskó S., Kordos L. (1989). A Budapest–Adony–Örkény közötti terület kavics formációja. MÁFI Évi Jel. 1988. pp. 153-166.
- Jaskó S., Krolopp E. (1991). Negyedidőszaki kéregmozgások és folyóvízi üledékfelhalmozódás a Dunavölgyben Paks és Mohács között. MÁFI Évi Jel. 1989. pp. 65-82.
- Kiss, T., Hernesz, P., Sümeghy, B., Györgyövcis, K., Sipos, Gy. (2015). The evolution of the Great Hungarian Plain fluvial system – Fluvial processes in a subsiding area from the beginning of the Weichselian. Quaternary International, 388, pp. 142-155.
- Kovács, A.D., Hoyk, E., Farkas, J.Z. (2017). Homokhátság – A Special Rural Area Affected by Aridification in the Carpathian Basin, Hungary. Eur. Countrys., 9, pp. 29–50. <https://doi.org/10.1515/euco-2017-0003>
- Kozák, P., Sztevanovity, Z., Kovács, B., Lazic, M., Szanyi, J., Polomcic, D., Török, J., Milanovic, S., Koch, Gy., Ágoston, B. (2009). Duna-Tisza közti homokhátság vízgazdálkodási problémáinak megközelítése hidrodinamikai modellezés alkalmazásával. In: Szlávik, Lajos (szerk.) Magyar Hidrológiai Társaság XXVII. Országos Vándorgyűlés Baja 2009. július 1-2., pp. 170-177.
- Krolopp, E. (1980). A jánoshalmi mélyfúrás mintáinak malakológiai vizsgálata (2 minta). Kézirat SZTFH Adattár 3. p.
- Krolopp, E. (2002). Taxonomic, faunistic, stratigraphic and paleoecological evaluation of the Hungarian Pleistocene mollusc fauna. Malacological Newsletter 31, pp. 4-57.
- Mádl-Szőnyi, J., Tóth, J. (2009). A Hydrogeological Type Section for the Duna-Tisza Interfluve, Hungary. Hydrogeol. J., 17, pp. 961-980. <https://doi.org/10.1007/s10040-008-0421-z>
- Major P., Neppel F. (1988). A Duna-Tisza Közi Talajvízszint-Süllyedések. Vízügyi Közlemények, 70, pp. 605-623.
- Miháltz I. (1953). A Duna–Tisza köze D-i részének földtani felvétele. MÁFI Évi Jel. 1950. pp. 113-138.
- Molnár B. (1977). A Duna–Tisza köz felsőpleiocén (levantei) és pleisztocén földtani fejlődéstörténete. Földtani Közönlöny 107. pp. 1-16.
- Nagy I., Tombác E., László T., Magyar E., Mészáros S., Puskás E., Scheer M. (2016). Vízvisszatartási mintaprojektek a homokhátságon. „nyugati és keleti” mintaterületek. Hidrológiai Közönlöny, 96. évf. 4. szám, pp. 42-60.
- Nelson, E., Püspöki, Z., McIntosh, R.W., Presslee, S., Szappanos, B., White, D., Penkman, K. (2023). Constraining the chronology of Quaternary fluvial sediments in the Pannonian Basin. XXI INQUA Congress 2023, poster session on Marine and terrestrial records. new perspectives for Quaternary climatic changes.
- Nemere P. (1994). Javaslat a Duna-Tisza Közi Hátság mélységi vízkészletének pótlására. Vízügyi Közlemények, 76, pp. 339-342.
- Orlóci I. (2003). A Tiszát a Dunával Összekötő Csatorna. A Duna-Tisza Csatorna. Hidrológiai Közönlöny, 83. évf. 4. szám, pp. 243-250.
- Pálfai I. (1993). Talajvízszint-Süllyedés a Duna-Tisza Közén. Vízügyi Közlemények, 75, pp. 431-434.
- Pálfai I. (2010). A Duna-Tisza Közi Hátság Vízházartási Sajátosságai. Hidrológiai Közönlöny, 90. évf. 1. szám, pp. 40-44.
- Püspöki, Z., Kovacs, I. J., Fancsik, T., Nádor, A., Thamó-Bozsó, E., Tóth-Makk, Á., Udvardi, B., Konya, P., Fűri, J., Bendő, Zs., Zilahi-Sebess, L., Stercel, F., Gulyás, Á., McIntosh, R. W. (2016). Magnetic susceptibility as a possible correlation tool in Quaternary alluvial stratigraphy. Boreas 45, pp. 861-875. <https://doi.org/10.1111/bor.12196>
- Püspöki, Z., Fogarassy-Pummer, T., Thamó-Bozsó, E., Berényi, B., Cserkész-Nagy, Á., Szappanos, B., Márton, E., Lantos, Z., Nádor, A., Fancsik, T., Stercel, F., Tóth-Makk, Á., McIntosh, R.W., Szőcs, T., Faragó, E. (2020). High-resolution stratigraphy of a Quaternary fluvial deposit based on magnetic susceptibility variations (Jászság Basin, Hungary). Boreas 49, pp. 181-199. <https://doi.org/10.1111/bor.12412>
- Püspöki, Z., Fogarassy-Pummer, T., Thamó-Bozsó, E., Falus, Gy., Cserkész-Nagy, Á., Szappanos, B., Márton, E., Lantos, Z., Szilárd, Sz., Stercel, F., Tóth-Makk, Á., McIntosh, R. W., Szőcs, T., Pálóczy, P., Fancsik, T. (2021a). High-resolution stratigraphy of Quaternary fluvial deposits in the Makó Trough and the Danube-Tisza Interfluve based on magnetic susceptibility data (Pannonian Basin, Hungary). Boreas 50, pp. 205-223. <https://doi.org/10.1111/bor.12471>
- Püspöki, Z., Gibbard, P. L., Nádor, A., Thamó-Bozsó, E., Sümegi, P., Fogarassy-Pummer, T., McIntosh, R. W., Lantos, M., Tóth-Makk, Á., Stercel, F., Krassay, Z., Kovács, P., Szőcs, T., Fancsik, T. (2021b). Fluvial magnetic susceptibility as a proxy on long-term variations of mountain permafrost development in the Alp-Carpathian Region. Boreas 50, pp. 806-825. <https://doi.org/10.1111/bor.12520>
- Püspöki, Z., Gibbard, P. L., Kiss, L. F., McIntosh, R.W., Thamó-Bozsó, E., Krassay, Z., Szappanos, B., Maigut, V., Kovács, P., Karácsony, D., Stercel, F., Visnovitz, F., Demény, K., Bereczki, L., Szőcs, T., Rotár-Szalkai Á., Fancsik, T. (2023). Obliquity-driven mountain permafrost-related fluvial magnetic susceptibility cycles in the Quaternary mid-latitude long-term (2.5 Ma) fluvial Maros Fan in the Pannonian Basin. Boreas. ISSN 0300-9483. <https://doi.org/10.1111/bor.12618>
- Rónai A. (1961). Az Alföld talajvízterképe. Földtani Intézet alkalmi kiadványa, Budapest, p. 102.
- Rónai A. (1985). Az Alföld negyedidőszaki földtana. Geologica Hungarica Series Geologica Tomus 21. p. 455.
- Schmidt E.R. (1962). Magyarország vízföldtani atlasza. Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, p. 146

*Sebe, K., Csillag, G., Pazonyi, P., Ruszkiczay-Rüdiger Zs. (2019).* Quaternary evolution of the river Danube in the central Pannonian Basin and its possible role as an ecological barrier to the dispersal of ground squirrels. *Historical Biology*, <https://doi.org/10.1080/08912963.2019.1666838>

*Stevanovic, Z., Kozak, P., Lazic, M., Szanyi, J., Polomcic, D., Kovács, B., Török, J., Milanovic, S., Hajdin, B., Vass, I. (2008).* Towards sustainable management of transboundary Hungarian-Serbian aquifer. In: IV. International Symposium on Transboundary Waters Management: Thessaloniki, Greece Thessaloniki, Görögország (2008) Paper: 242114528

*Sümegei, P., Gulyás, S., Molnár, D., Sümegei, B. P., Almond, P. C., Vandenberghe, J., Zhou, L., Pál-Molnár, E., Töröcsik, T., Hao, Q., Smalley, I., Molnár, M., Marsi, I. (2018).* New chronology of the best developed loess/paleosol sequence of Hungary capturing the past 1.1 ma: implications for correlation and proposed pan-Eurasian stratigraphic schemes. *Quaternary Science Reviews* 19. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.04.012>

*Sümegey J. (1950).* A Duna–Tisza-közének földtani vázlat. MÁFI Évi Jel. 1950. pp. 233-262.

*Szabó, Zs., Sziájtó, M., Tóth, Á., Mádl-Szőnyi, J. (2023).* The Significance of Groundwater Table Inclination for Nature-Based Replenishment of Groundwater-Dependent Ecosystems by Managed Aquifer Recharge. *Water*, 15, 1077. <https://doi.org/10.3390/w15061077>

*Széles M. (1977).* A Kecskemét Ke–3. sz. mélyfúrás pannóniai korú faunája. MÁFI Évi Jel. 1975. pp. 163-186.

*Szilágyi, J., Vörösmarty, C.J. (1997).* Modelling Unconfined Aquifer Level Reductions in the Area between the Danube and Tisza Rivers in Hungary. *J. Hydrol. Hydromech.*, 45, pp. 328-347.

*Tóth, O., Sipos, Gy., Kiss, T., Bartyik, T. (2017).* Dating the Holocene incision of the Danube in Southern Hungary. *Journal of Environmental Geography* 10, pp. 53-59. <https://doi.org/10.1515/jengeo-2017-0006>

*Urbancsek, J. (1960).* Az alföldi artézi kutak fajlagos vízhozama és abból levonható vízföldtani és ösföldrajzi következtetések. *Hidrológiai Közöny*, 40. évf. 5. szám, pp. 398-403

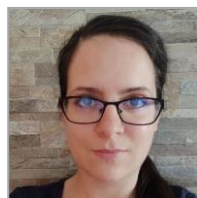
*Urbancsek J. (1963).* A földtani felépítés és a rétegyomlás közötti összefüggés az Alföldön. *Hidrológiai Közöny* 43. évf. 3. szám, pp. 205-218.

*Urbancsek J. (1977).* Magyarország mélyfúrású kútjának katasztere, VII. Vízgazdálkodási Intézet, Budapest, p. 546

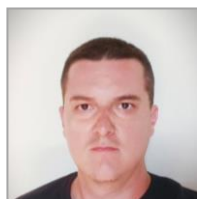
*Ventra, D., Clarke, L.E. (2018).* Geology and geomorphology of alluvial and fluvial fans: current progress and research perspectives. In *Ventra D. & Clarke L. E. (eds.): Geology and Geomorphology of Alluvial and Fluvial Fans: Terrestrial and Planetary Perspectives.* 1-21. Geological Society, London, Special Publications 440. <https://doi.org/10.1144/SP440.16>

*Weissmann, G.S., Hartley, A.J., Nichols G.J., Scuderi L.A., Olson M., Buehler H., Banteah R. (2010).* Fluvial form in modern continental sedimentary basins: Distributive fluvial systems. *Geology*, 38, pp. 39-42. <https://doi.org/10.1130/G30242.1>

## A SZERZŐK



**FOGARASSY-PUMMER TÍMEA** A Debreceni Egyetem Földtudományi szak geológus szakirányán végzett 2012-ben, majd a Miskolci Egyetemen folytatta tanulmányait, ahol 2014-ben szerzett földtudományi mérnöki MSc diplomát. Doktori tanulmányait a Debreceni Egyetemen végzi, a végzés várható éve 2025, kutatási területe az Alföld negyedidőszaki ivóvíztartó rétegsorainak vizsgálata. Jelenleg a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságánál dolgozik a Földtani és Laboratóriumi Osztályon. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja 2024 óta.



**MARKOS GÁBOR** az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karán 2015-ben szerzett okleveles geológus diplomát. Szakiránya öslénytan-földtan – szerkezetföldtan specializációval. Doktori (PhD) tanulmányait 2022 óta a Pécsi Tudományegyetem Földtudományok Doktori Iskolájában végzi. Az abszolutóriumot várható 2027 első félévében fogja teljesíteni. Doktori témájának címe: Kvarter fácies-korreláció a Berettyó-Körös vidéken. Témavezetői: Budai Tamás (PTE TTK) és Püspöki Zoltán (SZTFH). 2012 óta a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága (SZTFH), Földtani Szolgálat és annak jogelődjeinél dolgozik. Jogelődök: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (2012-2017), Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat (2017-2021).



**VÁRI ZOLTÁN** 2020-ban szerzett Földtudományi MSc diplomát a Szegedi Tudományegyetemen. Ezt követően 2020-2024 januárig geotermikus rendszerek fenntarthatósága témában kezdte meg doktori képzését, amelyet később abbahagyott. 2022 novemberétől Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságának földtudományi szakreferense, fő munkaköre a vízföldtani észlelőhálózat fenntartása terepi karbantartással, projektmunkák, GIS, adatbáziskezelések, vízkémia és statisztika.



**MEKKER JULIANNA** a Miskolci Egyetemen szerzett hidrogeológus mérnöki diplomát 2021-ben. Jelenleg a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságánál végzett hidrogeológus munkája mellett a Miskolci Egyetem Mikoviny Sámuel Földtudományi Doktori Iskolájában végez kutatást a Jászsági medence fenntartható vízgazdálkodásával kapcsolatban. Tagja a Magyarhoni Földtani Társulatnak, a Nemzetközi Hidrogeológiai Társulatnak és a Magyar Hidrológiai Társaságnak 2023 óta.



**SZABÓ ZSÓKA** az ELTE-n szerzett földtudományi BSc (2016) és geológus MSc (2018) diplomát, majd doktori fokozatot (2024) környezeti földtudomány szakterületen. Doktori kutatása során a célzott felszín alatti vízutánpótlás hazai lehetőségeinek vizsgálatával, valamint a Duna-Tisza közének vízgazdálkodási problémáival foglalkozott. Jelenleg az SZTFH Vízföldtani Osztályán dolgozik. 2019 óta tagja a Magyar Hidrológiai Társaságnak, valamint a Hidrogeológusok Nemzetközi Szövetségének (IAH), mely Magyar Nemzeti Tagozatának 2023 óta titkára.



**BAUER MÁRTON** a Szegedi Tudományegyetem Földtudományi szakán 2011-ben szerzett okleveles földtudományi kutató végzettséget, majd ott folytatta tanulmányait doktori képzésen. Doktori kutatási témájában karbonátos rezervoárok repedésrendszerét vizsgálta. Fokozatot 2017-ben szerzett az SZTE Földtudományok Doktori Iskolában. Jelenleg a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságának Ásványi Nyersanyagkutatási Osztályán dolgozik.



**GÁL NÓRA EDIT** hidrogeológus, az SZTFH Földtani Szolgálatában a Vízföldtani Osztályának munkatársa. 1986-ban szerzett geológus diplomát az ELTE TTK-n, PhD fokozatát 2000-ben védte meg a University of Massachusetts, Amherst Geotudományok tanszékén. Kutatási területei felszín alatti vizek regionális vagy országos léptékű értékelése, fenntartható vízgazdálkodása, víz-kőzet kölcsönhatás vizsgálata, annak modellezése, geotermia.



**KUN ÉVA** a Miskolci Egyetemen diplomázott osztatlan képzésben földtudományi mérnöki szakon, hidrogeológia-mérnökgeológia szakirányon. Doktori fokozatot (2022) a Szegedi Tudományegyetemen szerzett geotermia szakterületen. Doktori kutatása során hidrodinamikai és hőtranszport modellvizsgálati tárgykörben végzett tanulmányokat, doktori tanulmányában a Battonya–Pusztaföldvári-hát energia- és póruster-hasznosítását vizsgálta modellezéssel. 2015 óta az SZTFH (és elődszervezeteiben) Vízföldtani osztályán dolgozik, számos projektet vezetett. Tagja a Magyar Hidrológiai Társaságnak 1997 óta, a Magyarhoni Földtani Társaságnak, valamint a Hidrogeológusok Nemzetközi Szövetségének (IAH).



**SZŰCS ANDREA** PhD fokozatát 2006-ban szerezte meg a svédországi Uppsala Egyetemen, savas bányavizek környezetgeokémiai hatásainak vizsgálata témában. Egyetemi tanulmányai befejezése óta a Földtani Szolgálat (SZTFH) Vízföldtani Osztályának munkatársa, ahol a felszínalatti vizek vízminőségéhez kapcsolódó feladatokban vesz részt. Kiemeltebb témái között szerepelnek a vízkémiai paraméterek időbeni változásainak trendvizsgálata, a felszíni és a felszínalatti vizek kapcsolatának komplex vízgeokémiai vizsgálata, valamint a termálvizek monitoringfejlesztésének vízkémiai, vízgyűjtőgazdálkodási vonatkozásai.



**SZÓCS TEODÓRA** hidrogeológus, az SZTFH Földtani Szolgálatában a Vízföldtani Osztály vezetője. 1991-ben geológus diplomát, majd 2006-ban PhD fokozatot szerzett az ELTE TTK-n. Kutatási területei felszín alatti vizek, víz-kőzet kölcsönhatás, geotermia, határral osztott felszín alatti víztartók fenntartható gazdálkodása. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja 2018 óta, a Hidrogeológusok Nemzetközi Szövetségének (IAH) elnökhelyettese. Vendégoktató a ME Műszaki Földtudományi Karán. A Felszín Alatti Vizekért Alapítvány Ezüstpharas kitüntetettje. Több, mint 60 publikáció és 150 kéziratot jelentés szerzője.



**FANCSIK TAMÁS** a műszaki tudomány kandidátusa, PhD. A Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága Földtani Szolgálatának igazgatója, a Miskolci Egyetem címzetes egyetemi tanára, valamint a Szegedi Tudományegyetem címzetes egyetemi docense. 1992-ben végzett a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karán geofizikus mérnökként. Szakterülete a rugalmas hullámok terjedésének elmélete, jelanalízis, szeizmikus kutatási módszerek, litoszférakutatás, inverzióelmélet és reológia.



**PÜSPÖKI ZOLTÁN LÁSZLÓ** 1995-ben a Debreceni Egyetemen szerzett biológia-földrajz szakos tanári diplomát, 2003-ban ugyanitt földtudományi PhD fokozatot majd 2009-ben földtudományi habilitációs címet. 2011 óta a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága és elődintézményeinél dolgozik, kezdetben tudományos főmunkatársi, később földtudományi szakreferensi munkakörben. Itt főképp a hazai szénbányászati régiókra, illetve az Alföld negyedidőszaki ivó- és öntözővízes rendszereire vonatkozó projektek megfogalmazásában és végrehajtásában vesz részt.

# Fórum

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

## Területi és települési vízgazdálkodás integrációs feladatainak áttekintése a Tisza-Körös völgyi Együttműködő Vízgazdálkodási Rendszer (TIKEVIR) hatásterületén

Tamás János<sup>1</sup>, Nagy Attila<sup>1</sup>, Kiss Nikolett Éva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138. (e-mail: [tamas@agr.unideb.hu](mailto:tamas@agr.unideb.hu); [attilanagy@agr.unideb.hu](mailto:attilanagy@agr.unideb.hu); [kiss.nikolett@agr.unideb.hu](mailto:kiss.nikolett@agr.unideb.hu))

DOI:10.59258/hk.17597



### Kivonat

Az elmúlt évben a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar „Trendek és kihívások a területi vízgazdálkodásban” címmel rendezett, a TIKEVIR hatásterületéhez kapcsolódó konferenciája feltárta a területi vízgazdálkodás kritikus pontjait. Ennek folytatásaként került megrendezésre 2024 márciusában az ENSZ Víz Világnapjához kapcsolódóan a Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karán, a „Területi és települési vízgazdálkodás integrációs feladatainak áttekintése a Tisza-Körös völgyi Együttműködő Vízgazdálkodási Rendszer (TIKEVIR) hatásterületén” elnevezésű konferencia. A rendezvény résztvevői az elmúlt évhez hasonlóan, amikor a feladatok feltárását foglalták meg, az idén is elkészítettek egy, a TIKEVIR hatásterületére vonatkozó, a területi és települési integrált vízgazdálkodást magában foglaló deklarációs anyagot, amelyet egy szakmai vita után a döntéshozókhoz juttatnak el.

### Kulcsszavak

Integrált vízgazdálkodás, Tisza-Körös völgy, TIKEVIR.

## Review of integration tasks in regional and urban water management within the impact area of the Tisza-Körös Valley Cooperative Water Management System (TIKEVIR)

### Abstract

Last year, the Faculty of Agricultural, Food, and Environmental Sciences at the University of Debrecen organized a conference titled "Trends and Challenges in Regional Water Management" related to the impact area of TIKEVIR. This conference highlighted the critical points of regional water management. In March 2024, in connection with the UN World Water Day, the Faculty of Agricultural, Food, and Environmental Sciences at the University of Debrecen hosted the "Review of Integration Tasks in Regional and Urban Water Management within the Impact Area of the Tisza-Körös Valley Cooperative Water Management System (TIKEVIR)" conference. Similar to last year, where the focus was on identifying tasks, this year the participants created a declaration document addressing integrated regional and urban water management within the TIKEVIR impact area. After professional debate, this document will be forwarded to decision-makers.

### Keywords

Integrated watershed management, Tisza-Körös valley, TIKEVIR.

### BEVEZETÉS

Napjainkban elfogadott tény, hogy a klímaváltozás és a népesedési folyamatok sok helyen globális vízválsággal fenyegetnek, rendkívüli kihívás elé állítva a területi vízgazdálkodást. Az általánosan megfogalmazható „sok víz, kevés víz és szennyezett víz” problémakör regionálisan, vízgyűjtőről-vízgyűjtőre számos minőségileg új feladat megoldása elé állítja a szakembereket. A vízválság okai közé sorolható többek között a városi területekről történő gyors vízkivezetést biztosító városi vízgazdálkodási gyakorlat, valamint a vízvisszatartó és -elosztó infrastruktúra hiánya. A területi vízgazdálkodást

hátráltatja a folyók menti árvízvédelmi gátakon kívüli területen elaprózódott birtokviszony, a táblaszerkezet, a monokultúras földhasználat, a vizes élőhelyek, az erdőterületek arányának csökkenése, és összességében a táj vízmegtartó képességének romlása. A klímaváltozás közvetlen hatásai között a szélsőséges időjárási jelenségek aszály és belvíz gyakoriságának, hosszának és súlyosságának növekedésével kell számolni: gyakran ugyanabban az esztendőben, ugyanazon a területen. Hazánk természetes élővilágában a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia szerint a klímaváltozás hatására a következő változások várhatók: (1) az égővre



jellemző vegetáció határainak eltolódása, (2) a társulások és táplálékhálózatok átrendeződése, (3) a természetes élővilág fajainak visszaszorulása, különösen az elszigetelt élőhelyeken, (4) hosszú távon a biológiai sokféleség csökkenése, (5) inváziós fajok terjedése, új inváziós fajok (pl. kártevő rovarok és gyomok) megjelenése, (6) az élőhelyek szárazabbá válása, (pl. vizes élőhelyek eltűnése, homokterületek sivatagosodása), (8) ökoszisztéma-funkciók károsodása, (9) a talajok kiszáradása, a talajban lezajló biológiai folyamatok sérülése és a (10) külterületeken a tüzesetek gyakoribbá válása. Az előrejelzések alapján a Kárpát-medence éghajlata középtávon a melegedés irányába tolódik el és szárazabbá válik, így várhatóan a hasznosítható vízkészletek is tovább csökkenhetnek.

Kárpát-medencében a világ többi tájaihoz hasonlóan az édesvíz készleteink nem állnak korlátlanul, ingyenesen, bármikor és bármilyen felhasználási céllal rendelkezésre. Az ENSZ fenntarthatósági céljainak is központi eleme a vízkészletekre vonatkozó ökológiai – gazdasági – társadalmi fokozott előrelátás megvalósítása. A konferencia központi gondolatát ennek a gyakorlatnak a komplex vizsgálata jelentette a Tisza vízgyűjtőjének központjában fekvő Tisza-Körös völgyi Együttműködő Vízgazdálkodási Rendszer (TIKEVIR) hatásterületére

vonatkozóan. Erről a kulcsfontosságú, a Tisza-tavat is magába foglaló, Európa egyik legnagyobb összefüggő, 4 megyére kiterjedő, 15 ezer négyzetkilométeres vízgazdálkodási rendszerről, amely Tiszalóktól a Körösökig számos ágon hálózta be a régiót, jelenkori és jövőbeli fontosságához mérten relatíve kevés ismeret áll rendelkezésre. A konferenciának különös aktualitását adja, hogy az elmúlt időszakban felgyorsultak a TIKEVIR-t érintő vízkivételek, és összetettebbé váltak a lakossági, ipari, mezőgazdasági és tájhasználati vízhasználatok, valamint 2023-ban elkezdődött az ország egyik legnagyobb ökológiai vízpótlást (CIVAQUA) biztosító programja.

### JAVASLATOK

A konferencia lehetőséget biztosított a téma többirányú megvitatására, melynek keretében 7 előadás hangzott el és mintegy 60 fő vett részt rajta (1. fotó). Az egyetemi kutatói szféra mellett az országos kutatói hálózat a Hu-REN, a Nemzeti Agrárgazdasági Kamara, az Országos Vízügyi Főigazgatóság, a Tisza Iroda, a helyi országgyűlési képviselő, Debrecen városvezetése és több Vízügyi Igazgatóság – Tiszántúli (TIVIZIG), Felső-Tisza-vidéki (FETIVIZIG), Közép-Tisza-vidéki (KÖTIVIZIG), Alsó-Tisza-vidéki (ATIVIZIG), Körös-vidéki (KÖVIZIG) – is a legmagasabb szinten képviseltette magát és osztotta meg gondolatait.



1. fotó. „Területi és települési vízgazdálkodás integrációs feladatainak áttekintése a Tisza-Körös völgyi Együttműködő Vízgazdálkodási Rendszer (TIKEVIR) hatásterületén” konferencia résztvevői (Fotó: Debreceni Egyetem, Médiatár)

Photo 1. Participants of the conference "Overview of the integration tasks of regional and urban water management in the impact area of the Tisza-Körös Valley Cooperative Water Management System (TIKEVIR)" (Photo: University of Debrecen, Media Library)

A TIKEVIR több, mint 50 éves gyakorlatának megújítását célzó tematikus előadásokra felkért előadók részletesen értékelték a következő feladatokat, illetve választ adtak az alábbi kérdésekre:

- ◆ Milyen a mezőgazdasági vízgazdálkodás jelenlegi helyzete a Közös Agrár Politika (KAP) Stratégiai Terv tükrében? (Gyórfy Balázs)
- ◆ Miért fontos a TIKEVIR hatásterületét Speciális Vízgazdálkodási Régióként kezelni? (Prof. Dr. Tamás János)
- ◆ Milyen legyen az új vízkészletgazdálkodási politika az ÉK-Tiszántúli régióban? (Kósa Lajos)

- ◆ Milyen célkitűzései és gyakorlata van a városi zöld-kék stratégiának a települési vízgazdálkodásban? (Balázs Ákos)
- ◆ Milyen alföldi vízkészlet rehabilitációs feladatokat kell megoldani? (Láng István)
- ◆ Milyen lehetőségek vannak a TIKEVIR területén a talajok vízgazdálkodásának javításában? (Prof. Dr. Rajkai Kálmán)
- ◆ Hogyan alakul a víz-energia-élelmiszer és ökoszisztémák kapcsolata a régióban? (Dr. Fehér János)

A 2023-as javaslatokat (*Tamás és Nagy 2023*) a résztvevők 2024-ben átdolgozták és kiegészítették, amelynek főbb gondolatait az alábbiakban adjuk közre:

- ◆ A konferencián olyan témák kerültek előtérbe, melyek összességében azt hangsúlyozták, hogy a hatékonyság és fenntarthatóság elengedhetetlen. Az elsők között szóba került EU közös agrárpolitikájának nemzeti szintű végrehajtására irányuló, Magyarország Közös Agrárpolitika Stratégiai Terve (KAP), melynek keretében kiemelt figyelmet kapnak a víztakarékossági lehetőségek és a mezőgazdasági víztakarékosság fontossága. Ezt követően a TIKEVIR 2.0 projekt céljait és előnyeit emelték ki, melynek fókuszában a vízkészlet-gazdálkodás hatékonyságának javítása és a vízhiány kockázatának csökkentése áll. A konferencia további részében részletesen tárgyalták a Zöld Kódex, vagyis Debrecen város környezetvédelmi programjának vízgazdálkodással kapcsolatos céljait és intézkedéseit, melyek középpontjában a víztakarékosság és a fenntarthatóság álltak. A klímaváltozás és a vízhiány okozta kihívásokra reagálva, a résztvevők kiemelték az alföldi vízkészletek rehabilitációjának fontosságát, és javasoltak víztakarékossági intézkedéseket, hatékonyabb vízhasználatot és vízi infrastruktúra fejlesztést. A dél-hajdúsági és a berettyó-körösvideki talajok vízgazdálkodásának elemzése során a talajvízszint ingadozásainak hatásait vizsgálták a vízgazdálkodás mezőgazdasági termelésre, és javaslatokat fogalmaztak meg a talajvízszint stabilizálására és a talajvízkészletek hatékonyabb hasznosítására. Végül, a GoNEXUS projekt vízgyűjtő esettanulmányának előzetes tapasztalatai kerültek bemutatásra a víz, az energia, az élelmiszer és az ökoszisztémák kapcsolatának vizsgálatában, kiemelve a fenntartható vízgazdálkodás fontosságát az energiarendszer átalakításában.

- ◆ A vízigények optimális tér- és időbeli kielégítése új szemléletmódot, összességében egyfajta paradigmaváltást igényel, ezért különösen fontosá vált az érintettek valódi együttműködésén alapuló közös cselekvésének megvalósulása. Megerősítésre került a „Speciális Vízgazdálkodási Régió” (SVR) bevezetésének szükségessége a hazai vízgazdálkodási gyakorlatban. A TIKEVIR hatásterületére – mint Speciális Vízgazdálkodási Régióra – kidolgozott elméleti és gyakorlati megoldások, várhatóan az ország más területein is referenciaként használhatóak lesznek. Az SVR-t ilyen értelemben úgy lehet definiálni, mint olyan több összefüggő kisvízgyűjtőt átfogó és több kis tájat lefedő vízgazdálkodási egység, ahol a felszíni víztestek közötti vízkormányzás és víztározás kiépített és továbbfejleszhető, a klímaadaptációs ökológiai-gazdasági-társadalmi fenntarthatósági céloknak megfelelően. Ebben a hidrológiai egységben a vízkészletgazdálkodási stratégiák és operatív beavatkozások speciális gazdasági és vízpolitikai támogatások mentén valósulhatnak meg, ahol integrálják a területi és települési vízgazdálkodási feladatokat. Az SVR-hez ki kell alakítani a speciális vízgazdálkodási, gazdasági és ökológiai jogszabályi eszközöket. De facto ilyen funkcióval bír például a Balaton vízgyűjtője. Ugyanakkor ez a komplexitás a TIKEVIR-re nem valósult meg. Külö-

nösen sürgető ennek a kodifikációja a jelenlegi gazdasági helyzetben, amikor a víz, mint természeti erőforrásnak a termelőerő funkcióját sokkal hatékonyabban kell kihasználni, például a körforgásos gazdálkodásban. Ez a jelenlegi országosan szétterített erőforrások területileg koncentráltabb felhasználását igényelné.

- ◆ A vízgazdálkodási stratégiák és beavatkozások összehangolt megtervezéséhez javasolt egy komplex, nagyfelbontású, multidiszciplináris elemzés elvégzése. Ez az elemzés elkezdődött a Debreceni Egyetem részvételével a Nemzeti Víztudományi és Vízbiztonsági Labor programban, és remélhetőleg ez is hozzájárul egy részletes képhez a víz, az energia, az élelmiszer, az ökoszisztémák és a társadalom kapcsolatára vonatkozóan a TIKEVIR Speciális Vízgazdálkodási Régió területén. Ennek a referencia elemzési módszernek az eredményei segíthetnek a vízgazdálkodási stratégiák és beavatkozások optimalizálásában, a fenntartható vízhasználat elősegítésében és a régió ökológiai, gazdasági és társadalmi céljainak elérésében.

- ◆ Különös hangsúlyt kell fektetni a meglévő több mint 50 éves TIKEVIR vízgazdálkodási rendszerek rehabilitálására, valamint azok üzemeltetési rendjének újrarendelésére, a VIZIGEK működési területén átnyúló integrációjára. Tekintettel az időjárási viszonyosságokra, újra kell gondolni a térség vonalas vízelvezítési funkcióit, különös tekintettel a belvízcsatornákra, melyek a megfelelő műtárgyak biztosításával képesek vizet tartani a tájban és ökológia pufferként működni.

## A KONFERENCIA FŐBB MEGÁLLAPÍTÁSAI

### I. Integrált vízgazdálkodási szemlélet kialakítása a TIKEVIR hatásterületén

Az integrált vízgyűjtő-gazdálkodásnak nem lehet kizárólagos nyertese egy-egy vízhasználati cél, vagy egy-egy kisebb régió, mert az már rövid távon is a vízkészletek túlhasználatához, másutt vízkorlátozásokhoz vezethet. Több olyan vízgazdálkodási gyakorlatot újra kell értékelni, amelyek mára már a TIKEVIR hatásterületén a szélsőséges klímaesemények hatásainak kivédésére kevésbé hatékonyak, mint amilyenek a múlt évszázadban voltak. A vízgazdálkodási stratégiák és beavatkozások összehangolt megtervezéséhez javasolt egy – a GoNEXUS projekthez hasonló – komplex, nagyfelbontású, multidiszciplináris elemzés elvégzése. Ez az elemzés részletes képet adhatna a víz, az energia, az élelmiszer, az ökoszisztémák és a társadalom kapcsolatára vonatkozóan a TIKEVIR SVR területén. Az elemzés eredményei segíthetnek a vízgazdálkodási stratégiák és beavatkozások optimalizálásában, a fenntartható vízhasználat elősegítésében és a régió ökológiai, gazdasági és társadalmi céljainak elérésében. A kompromisszumos megoldások folytonos keresése kikényszeríti a víz és energiatarékos innovatív megoldások megtalálását, amely az egyetlen módszer lehet a fenntartható, azaz a változó környezeti-gazdasági-társadalmi célokhoz alkalmazkodó területi és települési integrált vízgazdálkodás gyakorlatában. A megfogalmazott célok eléréséhez minimum három területen szükséges fejleszteni az igazgatási rendszert, vagyis:

◆ Szükséges egy olyan intézményi keretrendszer létrehozása, amely biztosítja a vízgyűjtő egységes kezelését és a vízkészletek fenntartható hasznosítását. Jelenleg nincs hivatalosan kijelölt hatóság a vízgyűjtők komplex felügyeletére. A vízügyi igazgatóságok a vízi területek vagyongazdálkodási feladatait látják el, de nem rendelkeznek átfogó koordinációs kompetenciával.

◆ Jogi keretet kell teremteni a helyi kompromisszumok létrehozásához, figyelembe véve a vízgyűjtőn belüli eltérő vízhasználati igényeket. A vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény országos elveket és a szakpolitikai erőviszonyokat veszi figyelembe a vízhasználati prioritások meghatározásakor. Ez nem biztosít teret a helyi igények és érdekek figyelembevételére, ami konfliktusokhoz vezethet.

◆ Meg kell erősíteni a területi vízgazdálkodási tanácsok jogi kereteit, hogy valóban betölthessék eredetileg kijelölt szerepüket a társadalmi bevonás és a vízgyűjtőre szervezett tanácskozás elősegítésében. Jelenleg a tanácsok működése formális jellegű, nem rendelkeznek hatékony konfliktuskezelési és kompromisszumos megállapodás létrehozási mandátummal. A területi/regionális/országos vízgazdálkodási tanácsoknak kulcsfontosságú szerepet kell játszaniuk a vízgyűjtő-gazdálkodás koordinációjában és a vízkészletek fenntartható hasznosításában.

A mezőgazdasági vízhasználók, a vízkárokkal küzdők, a gazdálkodók, a termelők és a szaktanácsadók hosszú távú bevonása a kompromisszumos megoldások keresésébe segíthet megtalálni azokat a megoldásokat, amelyek mind a gazdálkodók, mind a környezet számára előnyösek.

## II. A mélyföldek, a hátsági területek és a települési környezet vízgazdálkodási rendszereinek összekapcsolása a belvíz- és aszálygazdálkodás tükrében

◆ Javítani kell a mélyföldek és a termékeny hátsági területek belvíz és aszálygazdálkodási kapcsolatát. Létre kell hozni az ökológiai vízpótláshoz felhasználható területi adatbázist, kiemelt figyelemmel a CIVAQUA hatásterületére, mint megvalósuló ún. „jó gyakorlatra”. Emellett különös hangsúlyt kell fektetni a meglévő vízgazdálkodási rendszerek rehabilitálására, valamint azok üzemeltetési rendjének, hidrológiai modelljének újragondolására.

◆ Tekintettel az időjárás viszontagságaira, újra kell gondolni a térség vonalas vízilétesítmények funkcióját, különös tekintettel a belvízcsatornákra, melyek a megfelelő műtárgyak biztosításával képesek vizet tartani a tájban. Ehhez ugyanakkor biztosítani kell a zavartalan vízkormányzási és vízsztetosztási kapacitásokat, így kiemelten fontos a Keleti-főcsatorna komplex mederrekonstruációjának elvégzése a csatorna teljes hosszában, mivel jelenleg a potenciális szállítóképességének már csak kb. 60%-án üzemel. Mindez úgy érhető el, hogy az Európai Unió finanszírozás keretein belül olyan vízgazdálkodási intézkedések kerülhessenek kialakításra, amelyek fenntartható módon szolgálják a víz- és élelmiszerbiztonságot.

◆ Célszerű lenne a TIKEVIR területén pilotként lefolytatni ezen modellezést, amely megalapozhatná az országos szintű vizsgálat szükségességét. A későbbiekben a pilotra alapozott országos szintű stratégia környezeti vizsgálat lefolytatása szükséges, mely azt modellezné, hogy a csatornarendszerek rehabilitációja, fejlesztése elsődle-

sen a víz tájban tartását biztosítja, valamint a térség éghajlatváltozással szembeni ellenálló képességét javítja, melynek „csak” egy eleme a mezőgazdasági vízpótlás.

◆ Racionalizálni kell a talaj-környezet-természetvédelmi elvárásokat és előírásokat. A jelenlegi környezeti erőforrásokra (talaj, vízkészlet, táj, energia stb.) alapozva szükséges lenne átfogó termelési (mezőgazdasági, halgazdálkodási és ipari) ajánlásokat kidolgozni. Ezek az ajánlások a legjobb elérhető tudás és eszközök felhasználásával, a fenntartható fejlődés alapelveinek betartásával készüljenek.

◆ Növelni kell a területi és települési vízgazdálkodás tér- és időbeli optimalizálását, gazdasági-ökológiai célok egyensúlyának fenntartását úgy, hogy a víz a körforgásos, zöld gazdálkodás termelő erejévé váljon. A területi és települési rendszerek integrálásához jelentős állami, térségi és lokális infrastruktúra fejlesztésre és fenntartásra/üzemeltetésre van szükség. Ehhez elengedhetetlen az állami támogatás, különben az újra használat nem lesz versenyképes az ingyenes öntözővízzel szemben.

◆ A KAP jelenlegi újra tervezése, az új vagy módosított célok megvalósítása lehetőséget ad a vízgazdálkodási központi új SVR egységek bevezetésére, amely az adatok átjárhatósága és egységesebb gyakorlat révén fenntarthatóbb döntési térkapcsolatot biztosítana pl. VGT/MEPAR /Integrált Városi Vízgyűjtőgazdálkodás.

## III. Oktatás és szemléletformálás

◆ A vízgazdálkodási kihívások kezeléséhez és a fenntartható vízhasználat elősegítéséhez elengedhetetlen a társadalmi tudatosság, mely révén a lakosság a vízfogyasztási szokásaival kapcsolatban is tudatosabbá válhat és aktívan részt vehet a vízgazdálkodási problémák megoldásában is.

◆ A vízgazdálkodási tudatosság kialakításában és növelésében kulcsfontosságú szerepe van az egyetemi oktatásnak. A Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karon elérhető Mezőgazdasági vízgazdálkodási és környezettudományi mérnöki alapszak, valamint a Mezőgazdasági vízgazdálkodási mérnöki mesterszak célja többek között olyan mérnökök képzése, akik alkalmasak a mezőgazdasági vízgazdálkodási és környezettudományi folyamatok üzemeltetési feladatainak ellátására, illetve a tervezésében, továbbfejlesztésében való közreműködésre, továbbá a mezőgazdasági vízgazdálkodás szakmai feladatainak legmagasabb szintű koordinálására.

◆ A víztudatos társadalmi szemléletformálásban több olyan programra lenne szükség, amelyet például Debrecen vezetése is elindított többek között a Future of Debrecen elnevezésű mozgalom keretein belül. A „Víz a Közös Kincsünk – Lakossági Csapadékvízgyűjtő Program” folytatásaként idén mintegy 5000 darab esővízgyűjtő hordót osztanak ki ingyenesen a debreceni lakosoknak. A program célja a csapadékvíz helyben tartása, a csatornahálózat tehermentesítése, és ezáltal a víztakarékosság és a fenntarthatóság elősegítése, a lakosság környezeti tudatosságának növelése.

◆ Debrecen területén a 2. ütem tervezési szakaszával folytatódik a CIVAQUA-program, mely elsősorban a

kiszáradással fenyegetett Nagyerdő és az erdőspusztai tavak vízpótlását hivatott biztosítani a Tisza vizének segítségével. E cél összhangban van a Zöld Kódex 50 intézkedéseinek egyikével, mely a debreceni polgárok által is leginkább támogatott „Vizet a Nagyerdőnek” program. A CI-VAQUA-program további célja a Tóóc-patak revitalizációja és Debrecen város vízellátásának fejlesztése, végeredményként pedig egy kék gyűrű létrehozása Debrecen körül.

A TIKEVIR hatásterülete lehet az egyik legjobb elérhető Speciális Vízgazdálkodási Regionális gyakorlat magyarországi példája, hiszen itt valamennyi vízgazdálkodási feladat koncentráltan jelentkezik és meg van a szándék, képesség, akarat, tudás ezek megoldására. A SVR – a TIKEVIR hatásterületén – a vízkormányzásra és a tározásra épülő optimalizált többcélú vízhasználat képes a térség fejlődéséhez és magasabb hozzáadott értékű mezőgazdasági, ipari termékek, tevékenységek és ökológiai szolgáltatások vízigényét biztosítani. Az SVR lehetne a hazai EU elnökségi ciklus egyik fontos eredménye, amelynek alapján a hazai vízgazdálkodás két feladata, a brüsszeli korlátozó szabályozásban is áttörést érhetne el.

Ezek egyike a hazai belvízprobléma unikális jellege. Ez csak részben árvízvédelmi, hanem sokkal inkább sajátos belvízgazdálkodási feladat. A másik a hazai öntözővízfejlesztés „blokkolása”. Az agro-biodiverzitás fenntartása nem történhet csak ökológiai vízkészlettel, hanem mesterséges vízkormányzást, tározást is meg kell engedni ott, ahol ez a talajok védelmét (biológiai aktivitását) célozza és ezen keresztül a diverzebb faj/fajta használatot teszi lehetővé kisebb szintetikus anyaghasználat (tápanyag, növényvédőszer) mellett. Ezzel hozzájárul az élelmiszer és élelmiszerbiztonsági célokhoz.

## IRODALOMJEGYZÉK

Tamás J., Nagy A. (2023). A Tiszántúl területi integrált vízgyűjtőgazdálkodási problémáinak és megoldási lehetőségeinek azonosítása, a Tisza-Körös völgyi Együttműködő Vízgazdálkodási Rendszer (TIKEVIR) hatásterületén. Hidrológiai Közöny, 103. évf. 3. szám, pp. 64-67.

Debreceni Egyetem, Médiatár, Területi és települési vízgazdálkodás konferencia:  
<https://unideb.hu/photoalbum/album?id=r4758917>

## A SZERZŐK



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



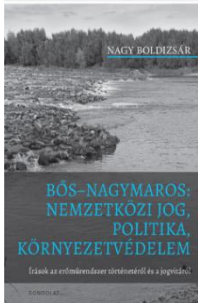
**NAGY ATTILA** a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karán egyetemi tanár. 2005-ben szerzett környezetgazdálkodási agrármérnök diplomát, PhD fokozatot 2009-ben szerezte meg, 2016-ban habilitált, 2023 óta egyetemi tanár. Tudományos pályája során korábban fitoremediációval foglalkozott. Jelenleg a távérzékelés és térinformatika vízgazdálkodási folyamatokban való alkalmazása, aszály okozta stresszhatások, mezőgazdasági vízgazdálkodás kritikus vízforgalmi tényezőinek értékelése területén végez kutatásokat. Elismerések: Debreceni Egyetem rektorának elismerő oklevele 2012, Magyar Zoltán Posztdoktori ösztöndíj (2013-2014). Bolyai János Kutatási Ösztöndíjas (2022-). A Magyar Hidrológiai Társaság tagja 2015 óta.



**KISS NIKOLETT ÉVA** a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karán adjunktus. 2016-ban környezetgazdálkodási agrármérnök diplomát, 2022-ben PhD fokozatot szerzett. Doktori értekezésében egy körforgásos gazdálkodás életciklus-értékelésével foglalkozott. Jelenleg az életciklus-értékelés mellett mezőgazdasági vízgazdálkodás területén is végez kutatásokat. Ösztöndíjak, elismerések: CEEPUS hallgatói és oktatói mobilitási ösztöndíj; BOKU, Vienna. K&H a fenntartható agráriumért ösztöndíjpályázat (2022) - I. helyezés PhD kategóriában. 2024. évi MTA Környezetvédelmi Tudományos Ifjúsági Pályadíj.

## Fórum

A FÓRUM ad teret a vitának. Ezért itt tettük itt közzé Nagy Boldizsár könyvének ismertetése után Zsuffa István, Szöllősi-Nagy András és Bogárdi János reflexióját, melyet a könyv kiváltott. Nagy Boldizsár észrevételeit szintén itt közöljük. Tanulságos olvasmány maga a könyv, a megszólított szerzők írása és Nagy Boldizsár észrevételei is.



### Könyvismertetés

Nagy Boldizsár: *Bős-Nagymaros: nemzetközi jog, politika, környezetvédelem*  
Gondolat Kiadó, 2024, 410 oldal

<https://www.lira.hu/hu/konyv/ismeretterjeszto-1/bos-nagymaros-nemzetkozi-jog-politika-kornyezetvedelem>



### Reflexió

Zsuffa István, Szöllősi-Nagy András, Bogárdi János: *Megszólalunk, mert megszólítottunk – Reflexiók Nagy Boldizsár könyvére*

<https://ojs3.mtak.hu/index.php/hidrologiaikozlony/article/view/16464/13983>

### Visszhang

A módszerről és a lényegről. Puritán válasz Zsuffa Istvánnak, Szöllősi-Nagy Andrásnak és Bogárdi Jánosnak

Nagy Boldizsár<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Professor Emeritus, CEU, International Relations Department, Bécs,

DOI: 10.59258/hk.17593



Nehéz lenne véka alá rejtteni örömeimet, mely abból fakad, hogy három, sokak által nagyra becsült mérnök figyelemre méltatta könyvem (*Nagy 2024*, ezentúl: „*Könyv*”) néhány oldalát (*Zsuffa és társai 2024*, ezentúl: „*Reflexiók*”), s most a patinás Hidrológiai Közöny lapjain folytathatunk párbeszédet a tényekről, a módszerről és a mindnégyünket érdeklő politikai kérdésekről.

Mindenekelőtt megvallom tévedésemet: a három szerző helyesen állapítja meg, hogy a könyv 616. lábjegyzetében szereplő, a 2023-as cikkükből (*Zsuffa és társai 2023*) vett idézetből kimaradt egy szó. (A közömbösség elől kifejejtettem a „társadalmi”-t). Mea culpa. (Talán az vitt erre, hogy a jelző nélkül több értelme volt az „üggyel kapcsolatos fáradtság és ... közömbösség” fordulatnak, hiszen, ha visszakerül a társadalmi és az csak a közömbösségre vonatkozik, akkor ki vagy mely csoport a fáradt?)

De lássuk a komoly érveket! Induljunk ki a szerzőhármas megfigyeléséből! „Az érvek hiányára utal, ha valaki egy írás módszertanát kritizálja úgy, hogy annak lényegi tartalmáról gyakorlatilag nincs mondanivalója.” (*Reflexiók*, 79. o.) Tegyük hozzá azt, amit könyvem tartalmáról bevallanak „A könyv voltaképpen egy életmű kötet, ami az első és utolsó fejezetek kivételével, a szerző korábbi írásait, vagy angolul megjelent cikkeinek magyar nyelvű fordításait tartalmazza. Ezek taglalásába itt most nem megyünk bele, mert azok már történelmi dokumentumok és a jövő kutatóira vár megítélésük.” (*Reflexiók*, 78. o.) Más szavakkal: a könyvben részletesen kifejtett ökológiai, gazdasági, politikai és jogi érveket, a lényegi tartalmat figyelmen kívül hagyjuk. A szerzőknek az első fejezetről sincs mondanivalója, így a 400 oldalból csak az „Összegző kitekintés” című utolsó húsz oldalhoz, valamint a könyv fülszövegéhez fűznek reflexiókat. Nem érdekteleneket.

Kezdjük egy fontos módszertani kérdéssel, ugyanis egy szöveg vagy felismerés attól válik a tudomány részévé, hogy módszertanilag feddhetetlen és megfelel a mindenkori tudományosság követelményeinek. Nem a téma teszi azzá: a sarlatánok, a fantaszták és a csalók is „tudományos kérdésekről” beszélnek (miképp gyógyítható a rák, miképp hasznosítható a Duna) csak éppen a módszereik nem ígérek megbízható, a realitások között létező eszközeinkkel igazolható eredményt.

Felróják a szerzők, hogy meg sem kíséreltem cikkük azon állításának cáfolatát, hogy „A dunacsúnyi [sic] tározóban nem következett be eutrofizációból eredő vízminőségromlás az elterelést követő 30 éves időszakban.”

Módszertani hibák e cáfolat megkövetelésében:

1) Cikküket nem a maga egészében taglaltam, hanem mint egy bizonyítékot arra, hogy feléledtek az eredeti művet megépíteni kívánó erők. Ezért irreleváns az, hogy a dunacsúni /és nem „dunacsúnyi”!/ tározóban bekövetkező vízminőségromlás (ha van) független az eutrofizációtól. Tételelem szempontjából nincs szerepe a másik három válasza kínált állításuknak sem. A vízlépcsőrendszer egészének felélesztésére irányuló vágy meglétének alátámasztására persze idézhettem volna Jakus Györgyöt és társait is, akik szerint a Szap alatti medersüllyedés orvoslása „csak egy Dunai alsó vízlépcső (Nagymaros vagy Pilismarót)” [megépítése lehet] (*Jakus és társai*, 37 o.).

2) Az eredeti, csúcsrajáratással üzemelő vízlépcsőrendszernek kevés köze van a most folyamatos üzemmódban üzemelő bösi vízlépcsőhöz, ezért hatásaik is csak nagy körültekintéssel vethetőek össze, különösen, mivel az EU környezet- és vízvédelmi szabályainak hatására radikálisan csökkent a befolyó vizek által okozott terhelés. Így a C variáns hatásai csak akkor bizonyítanak bármit is az eredeti terv tekintetében, ha a peremfeltételek és a körülmények az eredeti tervvel azonosak, vagy ahhoz nagyon közeliek. Az, hogy a folyamatos üzem nem jár azzal az eutrofizációval, amivel a csúcsüzem mód járt volna triviális és nem cáfolja az eredeti aggodalmakat.

3) Abból, hogy nem romlott (tovább) a vízminőség a tározóban, nem következik, hogy kívánatos minőségű. Ez a mondat akkor is igaz lenne, ha eleve rettenetes lett volna és most is az lenne, csak nem épp az eutrofizáció miatt.

4) A jelen állapot összetett értékelésének az eutrofizáció parányi részeleme. A nagy egészről szól a könyv sok oldala – ezek sajnos nem váltak a reflexiók tárgyává. De még a láthatóan olvasott utolsó fejezet is – többek között egy ÉDUVIZIG tanulmányra és a Vízyűjtőgazdálkodási Tervre támaszkodva – felidézi, hogy

- „[a] hullámtéri feltöltődés és az árvízi levezetőképesség romlása emelkedő árvízszinteket okoz, ami a geológiai felépítés miatt a belvív-veszélyeztetettséget is növeli. Az árvízvédelmi védvonalak jelenlegi kiépítettsége, műszaki állapota, valamint hiánya nem ad elvárható szintű biztonságot”. (*Könyv*, 345. o., megjelölt forrás: *Éduvizig 2020*, 16. o.);

- „A Duna ökológiai értelemben vett átjárhatósága jelentős mértékben korlátozott, a vízi élőlények vándorlásának feltételei jelentősen romlottak” (*Könyv*, 346. o., megjelölt forrás: *Éduvizig 2020*, 15. o.)

- A Duna és mellékágai felszíni vízminősége a Vízyűjtő-gazdálkodási terv második, 2022. évi felülvizsgálatakor a Vízkirányelv kategóriái szerinti ötfokú skálán 3-as („mérsékelt”) minősítést kapott, akárcsak 8 évvel korábban. (*Könyv*, 346. o., megjelölt forrás: *Vízyűjtő-gazdálkodási Terv 2022*, 6-1 melléklet)

A szerzők hiányolják cikkük négy állításának cáfolatát (*Reflexiók*, 79. o.). Ha az első állításról az előbbieken írtakhoz hozzáadják azt, hogy mind a rajkai, mind a dunaremeteinek vízbázis jelentősen veszélyeztetett (3-as) minősítést kapott a vízyűjtő-gazdálkodási terv második felülvizsgálatakor (*Vízyűjtő-gazdálkodási Terv 2022*, 6-7. melléklet) és azt is, „a rajkai fenékküszöb felduzzasztja ugyan a mellékágak vízszintjét, de a Nagy-Duna medréhez közeledve a talajvízszint grádiense meredek zuhanást mutat, s ez a partközeli erdők csaknem teljes pusztulását eredményezte. A jelenlegi vízpótló rendszer alapvető hiányossága az, hogy árvizek szimulálására nem alkalmas, az elárasztások elmaradása pedig a vegetáció gyökeres átalakulásához vezet, elveszíti eredeti jellegét. Megszűnt a montán elemek Alpokból történő levándorlásának lehetősége is”, akkor gyakorlatilag minden pont cáfolatát megkapták. Az utóbbi megfigyelést az ELTE Biológiai Intézetének Növényrendszertani, Ökológiai és Elméleti Biológiai Tanszéke által 2019-ben publikált, az elterelés utáni hatásokat összefoglaló tanulmánya (*ELTE 2019*, idézve: *Könyv*, 346. o.) tartalmazza.

Hangsúlyozom azonban, hogy nem ebben a témában szólítottam meg őket, hanem abban, hogy a második vízlépcső bizonyítottan ártalmassága ellenére ők építenének egyet és arra is készen állnak, hogy négy hidraulikai akadályt telepítsenek a szigetközi főmederbe végképp megváltoztatva a Duna karakterét.

S ha már a módszertannál tartunk: a szóbeli közlésnek, mint forrásnak ott van helye, ahol nincs elérhető, megbízható adat. Amit lehetne nyilvános, tudományos vagy egyéb, de megbízható forrással alátámasztani azt – például a Duna 1970-es évekbeli vízminőségét, vagy az üledékből származó oldott állapotban levő komponensek koncentrációját – nem 2023-ban elhangzó szóbeli közlésekkel kell igazolni, ahogy annak az időszaknak kiszáradási folyamatait sem (*Zsuffa és társai 2023*, 10. o.). Én csak akkor támaszkodtam szóbeli közlésre, amikor a nyilvánosság szeme elől rejtve tartott jelenlegi tárgyalásokról, vagy az ÉDUVIZIG terveiről kívántam értesülni, ezért a három szerző párhuzama saját tettei és az enyém között nem helytálló.

Van-e a fentiekben túl érdemi vita? – kérdezheti e ponton a türelmetlenné váló olvasó. Van.

A három szerző azt hiszi, nem térek ki a könyvben a „leállítás és a hágai per előkészítésének politikai hátterére” (*Reflexiók*, 78. o.). Tévednek. Az első fejezet 40-46. oldala az 1977-1992 közötti eseményeket veszi számba. Hangsúlyozom azonban, hogy könyvem nem a civil szervezetek és a kormány viszonyával foglalkozik, mert arról írtak eleget (*Fleischer 1992*, *Magyar kereset 1994*, *Fitzmaurice 1996*, *Nyerges-Cséfalvay 2014*). Én az elmúlt harminchat évben – azaz a könyv szövegeinek keletkezési periódusában – a kormányközi szintre, illetve a

kormányok álláspontjára koncentráltam és ezek a tárgyalási pozíciók végig követhetőek a tanulmányokban. Olykor kivételt tettem. A VI. fejezet Nemcsók János viselt dolgait részletesen elemzi.

E ponton felmerül egy másik hiány: Sámsondi Kiss György összeesküvés-elméleteinek figyelmen kívül hagyása. Egykori megbízom, a megboldogult kormánybiztos emlékét nem akartam azzal árnyékolni, hogy nyilvánvalóan abszurd vádjait felidézem. Ő maga buzgón tüntetett az épülő vízlépcsőrendszer ellen (*Dubniczky 2019*). Aktív korában, másfél éves kormánybiztossága alatt 1991-ben így vélekedett: „Mi úgy látjuk – mondta Sámsondi Kiss –, hogy nem szabad felelősséget vállalni az erőmű beindításáért, a tározó feltöltéséért és a Duna eltereléséért. Az eddigi vizsgálatok szerint, a környezeti és gazdasági khatások hosszú távon több kárt okoznak, mint hasznot. A szlovákok úgy érzik, hogy a ma már majdnem teljesen elkészült létesítményt hasznosítani kell! Félreértés ne essék, a közeljövő hasznából – hiszen amilyen, olyan a beruházás, akkor is közös – mi is részesednénk. Nekünk is szükségünk van villamosenergiára, és nekünk is gondot okoz a Duna elhanyagoltsága, hajózhathatósági szempontból. Mi viszont nem engedhetjük meg magunknak, hogy közeli előnyökért később ennél sokkal nagyobb károkkal fizessünk” (*Sámsondi-Kiss 1991*).

Aki hajlott korában úgy vélte, hogy az MTA „vezetése fundamentalista csapdaállító mozgalmárok befolyása alá került”, és feltételezte, hogy az első szabadon választott magyar parlament 386 tagja „Duna körös szellemmel átítatott volt” (*Reflexiók, 78. o.*) az – fájdalom –, elvesztette realitásérzékét és összeesküvés elméletek rabjává vált. Eként nem volt szerepe könyvemben, s különösen nem annak fülszövegében, ahová a három szerző beiktatni szeretne volna.

Érdemi vitát szül, hogy a szerzők – saját bevallásuk szerint – járatlanok a nemzetközi jog alapos ismeretében (*Reflexiók, 78. o.*) és ezért nem értik, sőt, egyenesen az okozat összekeverésének látják, hogy Szlovákia tartozna kártérítéssel a Duna eltereléséért. (Uo.) Segítek! A szlovák kártérítési kötelezettség megértéséhez olvassuk el a hágai Nemzetközi Bíróság ítéletét! (*Ítélet 1997*) A 144. pont felidézi, hogy a főbb művek – ma is – közös tulajdonban vannak, az ítélet rendelkező részét alkotó 155 C pont kimondja, hogy Csehszlovákia jogtalanul helyezte üzembe az „ideiglenes megoldást”, a 155 D pont pedig azt, hogy hacsak a felek másképp nem egyeznek meg, Szlovákia kártérítéssel tartozik Magyarországnak. Az értelmezésben segíthet a 152. pont, amely a felek jogsértő tetteinek következményeit leíró részben (148-154. pontok) található. Eszerint: „Magyarország jogosult a kártérítésre a Duna elterelése eredményeként elszenvedett károkért, miután Csehszlovákia a C variáns üzembehelyezésével, majd Szlovákia annak üzemeltetésével megfosztotta Magyarországot a közös vízi erőforrások Magyarországot jogosan megillető részétől, és ezeket a forrásokat lényegében saját javára aknázták ki.”

A Könyv tárgymutatójában 37 helyet jelöl meg, ahol a „kártérítés” eszméje előfordul, mivel a kérdéssel számos fejezetben foglalkoztam az ítélet értelmezésének a

körében. Legyen elég itt annyi, hogy abból, hogy Magyarország nem tartotta be valamely szerződéses kötelezettségét és ezt a bíróság jogsértőnek ítélte, nem következik, hogy a sértett fél szabad kezet kap. A bíróság lesöpörte Szlovákiának a C Variáns „megközelítő alkalmazás”-ként bemutató védekezését és elvetette azt is, hogy az elterelés jogos szankció lett volna (*Könyv, 105-108. o.*). Valójában még a szlovák fél által jelölt bíró is elismerte, hogy a szlovák válasz nem igazolható Magyarországot az megelőző tetteivel és Magyarországnak joga van a Duna vízhozamának észszerű és méltányos részére (*Skubiszewski 1997, 21. pont*). Mindebből az következik, hogy jelentős kártérítés jár az erőszakos elterelésért, mint nemzetközi jogsértő cselekedetért (a nemzetközi jog nem ismeri a „rablás” formulát). Ezen felül el kell számolni a jogtalanul hasznosított hidropotenciál és a közösen épített művek egyoldalú használatának árával. Szlovákia sokkal adósunk.

Az ezekről a milliárdokról lemondást a szerzők a „kormányok érthető józanságának, mintsem hibájának” tudják be. Én bátortalanságot és opportunizmust látok, de szakmabeli pletykák szerint az 1992 óta egyoldalúan eltulajdonított energia ellenértékének és a művek használati díjának megtérítése szerepel a most folyó tárgyalás napirendi pontjai között, vagy legalábbis a magyar fél szorgalmazza ezt. Milyen kár, hogy Czepek Gábor kormánybiztos tetteiről alig szivárognak hírek, s nem tudhatjuk, feladta-e a jelenlegi kormány eddigi meghunyászkodó pozícióját!

Vita van köztünk abban, hogy a Szigetköz és a Csallóköz minősíthető-e „utolsó belföldi deltának”. A *Magyar Kereset (1994)* így véli (5.17 pont), s ebben egy nemzetközi szakértő csapat tanulmányára támaszkodik, amelynek vezetője nem más, mint Jacques-Yves Cousteau volt (*Cousteau 1993*). Természetesen jelen állapota különbözik a XIX. századi szabályozás előtől, de attól még a meanderező ágrendszer és a parti zónák, valamint az ártér funkciói együttesen folyamatosan feltöltődő deltát alkottak és alkotnának, ha a görgetett hordalékot nem tartanák vissza és a hajózás érdekében nem szabályozták volna a főmedernek kikiáltott meder-ágot. Trásy Balázs és öt kutatótársa egy 2024-ben megjelent tanulmányában több mint tucat-szor nevezi a Szigetközt belföldi deltának (*Trásy és társai 2024*). A szlovák kompetens tudósok is annak tekintik, amint az majd e hozzászólás végén kiderül.

Nem értünk egyet abban sem, hogy „bizonyítékok által nem bonyolított kinyilatkozás formájában” állítom, hogy „a vízpótló rendszer árvizek szimulálására nem alkalmas”. A kijelentést az ELTE kutatói tették – én egyetértően, kellő hivatkozással, idézőjelek között közlöm (*Könyv, 346. o.*) A forrás szerepel a 624. lábjegyzetben (*ELTE 2019*). Nem kinyilatkoztatás, van bizonyíték. Egyébként az egyszerű mindennapi ész is elegendő lenne: ha az árteret elborító víz nem a főmeder táplálékot gazdagon sodró nagyvizéből ered, hanem a mellékágrendszer túltöltéséből, azaz plusz 200 m<sup>3</sup>/s vízhozam hozzáadásából az egyébként ilyenkor szokásoshoz – ahogyan erről *Jakus és társai (2024)* beszámolnak – akkor hiába néz ki árvíznek, nem az, hiszen az ártér a főmedertől végig elzárt marad. A „részleges tavaszi árasztások” (*Jakus és társai 2024, 34. o.*) nyilván nem azonosak az évi többszöri teljes áradással, amely a főmeder és a mellékágak összekapcsolt viszonyai között jönne létre.

Az árvízi vízszint létrejön, a főmederből kilépő nagyvízzel társított sebesség, vízhozam, a lebegtetett és görgetett hordalék mozgása és a tápanyag-tartalom nem. Meglep, hogy e különbséget hangsúlyoznom kell.

Végül kapcsoljuk össze az érdemi vitát és a módszertani megfontolásokat egy csipetnyi politikával! A szerzők szerint nem igaz, hogy a „vízlépcső terve a szocialista integráció ideologikus produktuma volt” és az állítás cáfolatául a zambiai, mozambiki, kínai, svájci etc. „vízerőhasznosítási gyakorlatok” tanulmányozását kínálják fel. (A szovjet/oroszt nem). Én természetesen nem azt állítottam, hogy minden vízerőmű szocialista ideológiai produktum. Ezért a tőkés, fejlődő és szocialista országok vízerőhasznosítási gyakorlata közömbös, nem cáfolja állításomat, sőt valószínűleg megerősíti, mert a felhívott gyakorlatok között aligha van (ennek nem nézek utána) olyan vízlépcső, amelyben 100 kilométeren duzzasztanak egy folyamat – hosszú szakaszon terepszint fölé – azért, hogy az így nyert néhány méteres esést kihasználva szerény 158 MW teljesítményt építsenek be. Amit állítottam a könyv lapjain és amit még a szlovák fél sem cáfolt meg a per során az az, hogy gazdaságilag indokolatlan a vízlépcsőrendszer, ezért a lényegét illetően ideológiai produktum. Ha a használdozat költségét nézzük, akkor alternatívái gazdaságosságban kenterben verik, s velük szemben azért választották ezt, mert a szerződő felek a vízlépcsőt létrehozó szerződés szerint felismerték, hogy „a Duna magyar-csehszlovák szakaszának közös hasznosítása tovább mélyíti a két állam baráti kapcsolatait és jelentősen hozzájárul a Kölcsönös Gazdasági Segítség Tanácsa tagállamai szocialista integrációjának megvalósításához” (1977 évi szerződés, preambulum).

A három szerző az általam vizsgált eredeti cikkben a közel kétmilliárd forinttal támogatott Insula Magna Projekt keretében született írását hasznosította újra (Zsuffa és társai 2023, 21. o.). Az 1180/2024. (VI. 20.) Korm. határozat szerint 2024 negyedik negyedévében a KEHOP Plusz-1.2.21 keretében újabb 40 milliárd forintot bocsátanak rendelkezésre a „fenntartható szigetközi innovációs mintaprojekthez szükséges vízrendezési feladatok” végrehajtására. Érthető az elszántság a kritika visszaszorítására. Csakhogy ahhoz könyvem érdemi állításaira kellett volna reagálni. Annál is inkább szerencsés lett volna ez, mert akkor az Insula Magna ellen tiltakozó szlovák tudósok és mérnökök nagy csoportja legalább megérthette volna, miért nem látják jobbparti kollégáik azt, amit ők a Duna balpartján kétségbeesve érzékelnek. A „Felhívás az eredeti Dunameder és mellékágai megvédésére” című nyilatkozatuk nem kertel: „Jelenleg nagy aggodalommal figyeljük a nemzetközi tárgyalások legújabb fejleményeit, amelyek az eredeti Duna-meder négy helyen történő duzzasztása felé tartanak. Határozottan ellenezzük ezeket a terveket, mivel megvalósításuk nemcsak Szlovákia, hanem Magyarország érdekeit is sérti a vízgazdálkodás, a környezetvédelem, a hajózás, valamint a sport- és szabadidős vitorlázás terén ... Figyelembe véve a szlovák és nemzetközi szakértők legújabb tudományos és gyakorlati megállapításait, a javasolt megoldás nem megfelelő és rendkívül káros. Jelentősen károsítaná a Duna fő vízgazdálkodási funkcióit, növelné a katasztrofális árvizek kockázatát, 40 km szabad folyású fo-

lyó elvesztését eredményezné, és tönkretenné a Duna belvízi deltájának egyedülálló ökoszisztémáját. ... A fenntartható és széles körben elfogadott megoldás megtalálása érdekében az Insula Magna projekt végrehajtásáról szóló tárgyalások azonnali felfüggesztésére szólítunk fel.” (Felhívás 2024).

Ez a puritán hozzászólás nem tért ki sem az eredeti, 2023-as cikkben (Zsuffa és társai 2023) megjelenő inszINUÁCIÓKRA, sem a hágai ítélet tendenciózus félreértelmezésére, sem arra, hogy a *Reflexiók* miért hallgattak a Duna állapotára vonatkozó – természetesen a valódi szakértőktől származó – észrevételeimről. Célja pusztán a Hidrológiai Közlöny olvasóinak objektív informálása volt a *Reflexiókban* felvetettek tárgyában.

## IRODALOMJEGYZÉK

1977. évi szerződés (1978. évi 17. tvr.) Bős–Nagymaros szerződés, Magyarország–Csehszlovákia

1180/2024. (VI. 20.) Korm. határozat a Környezeti és Energiahatékonysági Operatív Program Plusz éves fejlesztési keretének megállapításáról szóló 1527/2023. (XII. 1.) Korm. határozat módosításáról

Cousteau (1993). *The Danube ... For Whom and For What? Final Report*, March 1993 – Magyar Kereset 5/II kötet, 16. függelék. <https://www.icj-cij.org/sites/default/files/case-related/92/10937.pdf> (20241102)

Dubniczky M. (2019). Sámsondi Kiss György a Bős–Nagymaros-szindrómáról. Mérnökvagyonok.hu blog, 2019 október 25. <https://mernokvagyonok.hu/blog/2019/10/25/samsondi-kiss-gyorgy-a-bos-nagymaros-szindromarol/> (2024.11.10)

ELTE (2019). A szigetközi botanikai monitoring eredményei. ELTE Biológiai Intézet, Növényrendszertani, Ökológiai és Elméleti Biológiai Tanszék. Összeállította: Hahn István, 2019. január, [https://szmp.hu/sites/default/files/media/docs/elte\\_20\\_eve\\_s\\_ertekeles\\_0.pdf](https://szmp.hu/sites/default/files/media/docs/elte_20_eve_s_ertekeles_0.pdf); (20241101)

Éduvizig (2020). Vízgyűjtő-gazdálkodási terv (VGT) 2022, Jelentős vízgazdálkodási kérdések. 1-1 Szigetköz vízgyűjtő-gazdálkodási tervezési alegység, pp. 15–16. [https://vizeink.hu/wp-content/uploads/2020/04/1\\_1\\_Szigetkoz\\_JVK\\_2020\\_09\\_25\\_EDUVIZIG\\_TVT\\_jovahagyott.pdf](https://vizeink.hu/wp-content/uploads/2020/04/1_1_Szigetkoz_JVK_2020_09_25_EDUVIZIG_TVT_jovahagyott.pdf)

Felhívás (2024). Appeal to save the original Danube channel and its anabranch system (2024) <https://www.mojapeticia.sk/campaign/vyzva-na-zachranu-povodneho-koryta-dunaja-a-jeho-ramennych-sustav/323653e9-53a2-40a4-8f1d-41869b201770> (20241111)

Fitzmaurice, J. (1996). *Damming the Danube: Gabčíkovo and post-communist politics in Europe*. Westview Press, Boulder (Colo.)

Fleischer T. (1992). Cápa fogász a Dunán, Társadalomkutatás 2/3 sz. pp. 28-46.

Ítélet (1997). Gabčíkovo-Nagymaros Project (Hungary/Slovakia), Judgment, I. C. J. Reports 1997, p. 7. <https://www.icj-cij.org/sites/default/files/case-related/92/092-19970925-JUD-01-00-EN.pdf> (20241111) Nincs megbízható magyar fordítása



Jakus Gy., Kertész J., Mohácsiné Simon G., Pannonhalmi M. (2024). Az újjászülető Szigetköz, *Hidrológiai Közlöny*, 104. évf. 1.sz, pp. 17-34. <https://doi.org/10.59258/hk.14994>

Magyar kereset (1994). Memorial of the Republic of Hungary, 2 May 1994 <https://www.icj-cij.org/sites/default/files/case-related/92/10921.pdf>

Nagy B. (2024). Bős-Nagymaros: nemzetközi jog, politika, környezetvédelem: Írások az erőműrendszer történetéről és a jogvitáról. Gondolat Kiadó. p. 410.

Nyerges Cs., Cséfalvay A. (2014). Eltaszított fele királyság, Kisalföld könyvek.

Sámsondi-Kiss Gy., Koós T. (1991). A bős-nagymarosi tengeri kígyó: Nyilatkozik a magyar és a szlovák kormánybiztos. *Magyarország*, február 8., pp. 10-11.

Skubiszewski (1997). *Dissenting Opinion of Judge Skubiszewski* (Skubiszewski ad hoc bíró ellenvéleménye a Bős-Nagymaros projekt ügyében hozott ítéletben) <https://www.icj-cij.org/sites/default/files/case-related/92/092-19970925-JUD-01-12-EN.pdf>

Trásy, B., Magyar, N., Hatvani, I.G., Garamgyei, T., Kovács-Székel, I., Kovács, J., Trásy-Havril, T. (2024). "Drivers of Daily Water Level Fluctuation of Shallow Groundwater in the Inner Delta of the River Danube" *Water* 16, no. 14: 2011. <https://doi.org/10.3390/w16142011>

Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv (2022). Vízyűjtő-gazdálkodási terv (VGT) 2022, 6-7. melléklet, Védett vízbázisok veszélyeztetettsége, <https://vizeink.hu/vizgyujto-gazdalkodasiterv-2019-2021/vgt3-elfogadott/#up01>

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

Zsuffa, I., Szöllősi-Nagy, A., Bogárdi, J. (2024). Megszólalunk, mert megszólítottunk – Reflexiók Nagy Boldizsár könyvére. *Hidrológiai Közlöny*, 104. évf. 3. szám, pp. 77-81. <https://doi.org/10.59258/hk.16464>

## A SZERZŐ



**NAGY BOLDIZSÁR** professzor Emeritus CEU, Bécs, tiszteletbeli tanár, ELTE, Budapest. Jogi és filozófiai tanulmányokat folytatott, majd a budapesti Eötvös Loránd Tudományegyetemen (ELTE) jogi doktorátust szerzett. Nemzetközi jogot és menekültjogot tanított a bécsi Közép-európai Egyetemen és az ELTE-n. Az Európai Nemzetközi Jogi Társaság egyik alapítója. A hágai pert megelőzően a felelős kormánybiztos/miniszter szakértője, a perben Magyarország egyik ügyvédje, majd 2010-ig a kétoldalú tárgyalások – kivéve az 1997-98-as Nemcsók korszakot – résztvevője volt. Publikációi a nemzetközi jog számos témakörét ölelik fel, többek között a szuverenitást, az emberiség közös örökségét és a menekültjogot. További részletek: [www.nagyboldizsar.hu](http://www.nagyboldizsar.hu).

# Történelmi pillanatkép

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

## 50 éve volt a Fehér- és a Fekete-Körös rendkívüli árvize

Szlávik Lajos<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Professor Emeritus, egyetemi magántanár

<sup>2</sup> a Magyar Hidrológiai Társaság tiszteletbeli elnöke

DOI:10.59258/hk.17599



### Kivonat

A Körösökön 1895-2006 között 17 jelentős árhullám vonult le, s ezek közül jó néhánynak a tetőző vízszintje rendre felülmúlta a korábbi legnagyobb vízszinteket. Számos töltésszakadás alakult ki hazai, vagy román területen, úgy, hogy azok átterjedtek, elöntéseket okoztak magyar területen is. Az 1925-1995 közötti hét évtizedben 31 ilyen eseményt tartunk itt nyilván. E töltésszakadások és töltés-átvágások hidrológiai tapasztalatai lényegesen kihatottak az árvízi szükségeltározás módszerének kidolgozására.

Az 1973. év végi – 1974. év eleji csapadékszegény időjárás májusban gyökeresen megváltozott, három hónap alatt a Fehér- és a Fekete-Körös hegyvidéki vízgyűjtőjén a csapadékos napok száma meghaladta a 60-at, a lehullott eső pedig helyenként az 500-700 mm-t. A két folyón néhány hét alatt öt árhullám alakult ki, amelyekből a második alkalmával, június 14-15-én rendkívüli vízszintek alakultak ki. A Körösök felső és középső szakaszán néhány óra alatt 104 km hosszon kellett volna töltésmagasítást végrehajtani ahhoz, hogy az árhullám a töltések között levezethető legyen. Olyan döntés született, hogy a nagyobb gazdasági károk elhárítása érdekében fel kell tölteni és vésztározóként alkalmazni a két Körös közötti ún. deltát. Június 15-én délután robbantással megnyitották a Fehér-Körös jobb parti töltését, a Fekete-Körösön pedig a két előre meggyengített helyen a víz a töltést átszakította. Az elárasztott mezőgazdasági terület 7 100 ha, szórványos tanyavilággal. A tározott víztömeg a számítások alapján 118 millió m<sup>3</sup> volt.

Az 1974. évi vésztározás hidrológiai szempontból rendkívüli jelentőségű volt. A töltésmegnyitások hatására a tetőzések (esés, sebeség, vízhozam) sorrendjének törvényszerűsége felborult és általunk „fordított hurok görbének” nevezett jelenség alakult ki a remetei és gyulai szelvényben. Az 1974. évi vésztározásra kapott  $\Delta h=f(W)$  kapcsolat szemléletesen igazolja, hogy a viszonylag kis mennyiségű víz kieresztésével is jelentős árvízcsúcs-csökkentő hatás érhető el, hogy a síkvidéki árvíztározás is hatékony árvízvédelmi módszer lehet. Ez a következő évtizedek árvizeinél beigazolódott, a Körösökön is, más folyókon is. Az 50 évvel ezelőtti, 1974. évi katasztrofális körösi árvíznél első ízben alkalmazták tervszerűen a szükségeltározást a töltések átvágásával. Ennek az árvíznek a tapasztalatai alapján épült meg néhány év alatt 3 körösi szükségeltározó, illetve ez szolgált módszertani alapul a tiszai tározók (immár 7 db) tervezéséhez.

### Kulcsszavak

Árvíz, árvízi hidrológia, Körös-völgy, vésztározás, szükségeltározás, vízhozammérések, árhullámképek rekonstruálása.

## 50 years ago, there was an extraordinary flood of the Fehér- and Fekete-Körös rivers

### Abstract

Between 1895 and 2006, 17 significant water waves descended on the Körösök, and the peak water levels of quite a few of them exceeded the previous highest water levels. Many embankment breaks occurred in Hungarian or Romanian territory, so that they spread and caused flooding in Hungarian territory as well. In the seven decades between 1925-1995, 31 such events are recorded here. The hydrological experience of these embankment breaks, and embankment crossings had a significant impact on the development of the emergency flood storage method.

The low-precipitation weather of the end of 1973 - beginning of 1974 changed radically in May, in three months the number of rainy days in the Fehér and Fekete-Körös mountain watersheds exceeded 60, and the amount of rain that fell in some places was 500-700 mm. Five tidal waves formed on the two rivers in a few weeks, the second of which, on June 14-15, caused extraordinary water levels. In the upper and middle sections of the Körösök, 104 km of embankment had to be raised in a few hours in order for the tidal wave to be channeled between the embankments. A decision was made that the so-called delta area between the two Körös should be filled up and used as an emergency reservoir in order to prevent major economic damage. On the afternoon of June 15, the embankment on the right bank of the Fehér-Körös was opened by blasting, and in the Fekete-Körös, the water breached the embankment in the two pre-weakened places. The flooded agricultural area is 7 100 ha, with scattered farms. Based on the calculations, the stored water mass was 118 million m<sup>3</sup>.

The 1974 emergency reservoir was of extraordinary importance from a hydrological point of view. As a result of the levee openings, the regularity of the order of peaks (fall, velocity, water flow) was overturned and what we call the "inverted loop curve" developed in the Remete Remete and Gyula section. The relationship  $\Delta h=f(W)$  obtained for the emergency reservoir in 1974 clearly proves that even with the release of a relatively small amount of water, a significant flood peak reduction effect can be achieved, and that lowland flood reservoirs can also be an effective flood protection method. This was confirmed by the floods of the following decades, also on the Körösök and other rivers. During the catastrophic flood in Körös 50 years ago in 1974, emergency reservoirs used as planned for

the first time by cutting the embankments. Based on the experiences of this flood, 3 emergency reservoirs were built in a few years, and this served as the methodological basis for the design of the Tisza reservoirs (now 7).

### Keywords

Flood, flood hydrology, Körös valley, emergency storage, contingency storage, water flow measurements, reconstruction of flood wave pattern.

### BEVEZETÉS

A levonult árvizek tapasztalatainak összegzése és szintetizálása igen lényeges a gyakorlati árvízvédelmi tevékenység, valamint az árvízi hidrológiai kutatás és tervezés szempontjából. Különösen áll ez a Körösökre, ahol 1895-2006 között 17 jelentős árhullám vonult le (*1. táblázat*), s ezek közül jó néhánynak a tetőző vízszintje rendre felülmúlta a korábbi LNV-eket.

Számos esetben töltésszakadások alakultak ki hazai területen, vagy román területen, úgy, hogy azok átterjedtek, előntéseket okoztak magyar területen is. Az 1925-1995 közötti hét évtizedben 31 ilyen töltésszakadást, illetve árvízi vésztározás (szükségtározás) miatti töltésátvágást tartunk itt nyilván (*1. ábra*). A közleményben ismertetett 1974. évi júniusi körösi árvizet megelőzően nem volt kialakult gyakorlata a síkvidéki árvízi vésztározásnak, így kialakulatlan volt a módszer szakmai terminológiája is. 1974-ben és az azt követő években a módszert „vésztározás”-nak nevezték, ezért e cikkben is ezt a terminológiát alkalmazzuk. Különösen sokat szenvedett az árvízi előntésektől a Fehér- és a Fekete-Körös közötti delta, amelyet 1925-1981 között nyolc árvíz öntött el részben vagy teljes egészében (*2. táblázat*). A levonuló árhullámok tetőző szintjei újra meg újra meghaladták az addig észlelt maximumokat. A Körös-völgyben élők számára ezek emlékezetes események voltak. E töltésszakadások és töltésátvágások hidrológiai tapasztalatai lényegesen kihatottak az árvízi vésztározás módszerének kidolgozására (*Szlávik 1976a, 1976b, 1983, 1998*).

### AZ 1974. ÉVI JÚNIUSI ÁRVÍZ KELETKEZÉSE, HIDROMETEOROLÓGIAI VONATKOZÁSAI

Az 1973. év végi – 1974. év elejei csapadékszegény időjárás – amely 5 hónap alatt több mint 100 mm-es csapadékhiányt halmozott fel – májusban gyökeresen megváltozott, egy hónap alatt a sokévi átlag 150-200%-a hullott le szeszélyes területi eloszlásban. Az esőzések májusban négy kisebb árhullámot indítottak el egymás után a Körösökön, amelyek azonban az I. fokú készülségi szintnek megfelelő vízállásokat sem érték el, a mederben szabadon levonultak.

Június elején a csapadékos időjárás tovább folytatódott és június 8-ára kialakult a Fehér- és a Fekete-Körösön az az árhullám, amelyet a továbbiakban, mint az 1974. évi „első” árhullámot fogunk emlegetni (*2. ábra*). Június 9-10-én újabb jelentékeny előkészítő eső hullott, majd tulajdonképpen a 11-13-i csapadék (42-106 mm) alakította ki a másodikat, a rendkívüli árhullámot (*2. ábra*).

A csapadékhiány a továbbiakban is, egészen július végéig megmaradt és még három további árhullámot eredményezett (*2. ábra*), amelyek mindegyike 50 mm körüli

területi átlagú csapadékból származott. Ezek önmagukban ugyan már nem jelentettek nagyobb veszélyt, de igen-igen megnehezítették a védekezők munkáját, a megnyitott töltésszakaszok helyreállítását. 1974 május-júliusában három hónap alatt a hegyvidéki vízgyűjtőn a csapadékos napok száma meghaladta a 60-at, a lehullott eső pedig helyenként az 500-700 mm-t!

### A VÍZÁLLÁSOK ALAKULÁSA A KÖRÖSÖKÖN

Az első árhullám a Fekete-Körösön igen heves volt és a tetőző vízállás Antnál meghaladta a III. készülségi fokozat szintjét (700 cm), Remeténél pedig a II. fokozat közelében (600 cm) tetőzött. A Fehér-Körös első árhulláma nem volt számottevő, Gyulánál az I. fokozat (350 cm) fölött 60 cm-rel tetőzött.

A június 11-én kezdődött heves esőzés hatására folyókon 12-én délben megállt az apadás és rendkívül heves árhullám indult meg mind a két folyón. Antnál a vízállás 14-én 23 órakor meghaladta az LNV-t (908 cm), Gyulán pedig 15-én 03 órakor (718 cm) (*1. táblázat, 2. ábra*). 15-én reggel 7 órakor a vízszint a Fekete-Körösön már 20 cm-rel, a Fehér-Körösön pedig 24 cm-rel haladta meg az LNV-t. A két folyó változatlan intenzitással, óránként 6-7 cm-rel tovább áradt. Nem volt többé kilátás arra, hogy a vizet a gátak között meg lehessen tartani. A Körösök felső és középső szakaszán 104 km hosszon kellett volna töltésmagasítást végrehajtani ahhoz, hogy az árhullám a töltések között levezethető legyen.

Az Árvízvédelmi Területi Bizottság (*1. kép*) úgy határozott, hogy a nagyobb gazdasági károk elhárítása érdekében fel kell tölteni és vésztározóként alkalmazni a két Körös közötti ún. deltát. A helyzet ismeretében a védelemvezetés felhagyta a Fehér-Körös jobb parti és a Fekete-Körös bal parti töltés védelmét és az erőket a szemközti töltésekre irányította. Elrendelte a Fekete-Körös bp. töltésének meggyengítését a 2+130 és a 2+880 tkm szelvényekben. Felvonultatta a robbantó osztagokat a Fehér-Körös jp. töltésének 124+500 tkm szelvényéhez. Június 15-én 14 órakor a Fehér-Körösön a víz egy szintben volt a töltések koronájával. A folyót átívelő közúti és vasúti híd alsó övlemezei félig vízben álltak (*2. kép*). A bal parton már 20-30 cm-rel magasabb volt a víz a töltés koronájánál, csak a nyúlgátak tartották a rettentő víztömeget. Ugyanez volt a helyzet a Fekete-Körös remetei szakaszán is. 15 óra 20 perckor robbantással végrehajtották a Fehér-Körös jobb parti töltésének megnyitását. Csaknem ugyanebben az időben a Fekete-Körösön a víz az előre meggyengített helyeken a töltést átszakította. Ekkor a Fekete-Körös vízszintje Antnál 32 cm-rel, Remeténél 55 cm-rel, a Fehér-Körösé Gyulánál 68 cm-rel, a Kettős-Körös Békésnél 34 cm-rel haladta meg az LNV-t; az eddigi maximumok feletti szint volt egészen Köröstarcsáig.

1. táblázat. Az árhullámok tetőző vízállásainak növekedése a Körösökön (cm) (Szlávik 2007)  
 Table 1. Increase in the peak water levels of tidal waves on the Körösök (cm) (Szlávik 2007)

Folyó, mértékadó vizmérce	Árhullámok tetőző vízállásai																	Növekedés
	1895	1919	1925	1932	1939	1940	1962	1966	1970	1974	1980	1981	1988	1989	1995	2000	2006	
	Fekete-Körös, Ant	—	859	800	774	848	802	828	828	908	944	988	1000	861	856	908	948	
Fekete-Körös, Remete	690	786	715	777	728	770	753	788	863	916	853	870	826	697	858	842	752	+226
Fehér-Körös, Gyula	564*	672	613	646	653	663	675	672	718	786	710	742	719	574	785	673	627	+114
Kettős-Körös, Békés	746	862	776	841	827	860	832	841	938	972	963	944	891	764	950	921	847	+226
Kettős-Körös, Mezőberény	736	852	748	812	762	754	788	610	844	828	891	836	814	700	808	874	856	+155
Berettyó, Szeghalom	469	566	488	561	561	468	582	544	548*	678	589	666	632	508	490	558	612	+209
Sebes-Körös, Körösladány	625	714	618	699	699	617	726	679	667	615	736	798	767	634	639	700	755	+190
Három-Körös, Gyoma	784	873	756	838	838	736	864	794	792	918	807	881	835	711	756	837	909	+134
Három-Körös, Kunszentmárton	852	900	660	918	918	620	876	818	828	947	770	800	850	704	689	987	1041	+189

Jelmagyarázat: **938** – legnagyobb észlelt vízszint (LNV) a következő maximum bekövetkeztéig

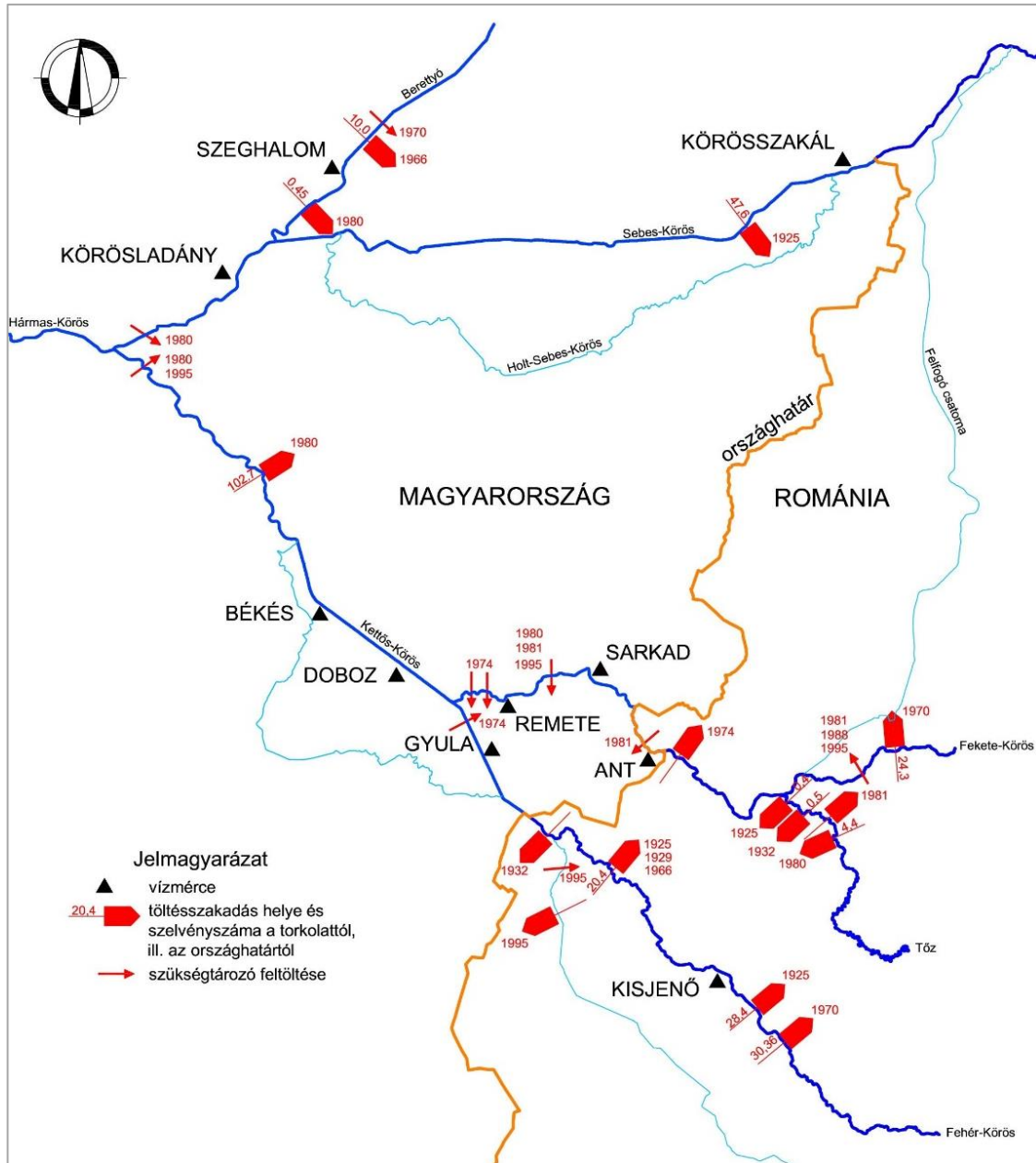
710 – töltésszakadásokkal, szükségtározásokkal befolyásolt érték (a töltésszakadás hazai területen, vagy román területen következett be, de a hazai folyószakaszokra hatással volt)

564\* – jeges árhullám

Notes: **938** – highest observed water level (LNV) until the next maximum occurs

710 – value affected by embankment breaks and emergency reservoirs (the embankment break occurred on domestic or Romanian territory, but affected domestic river sections)

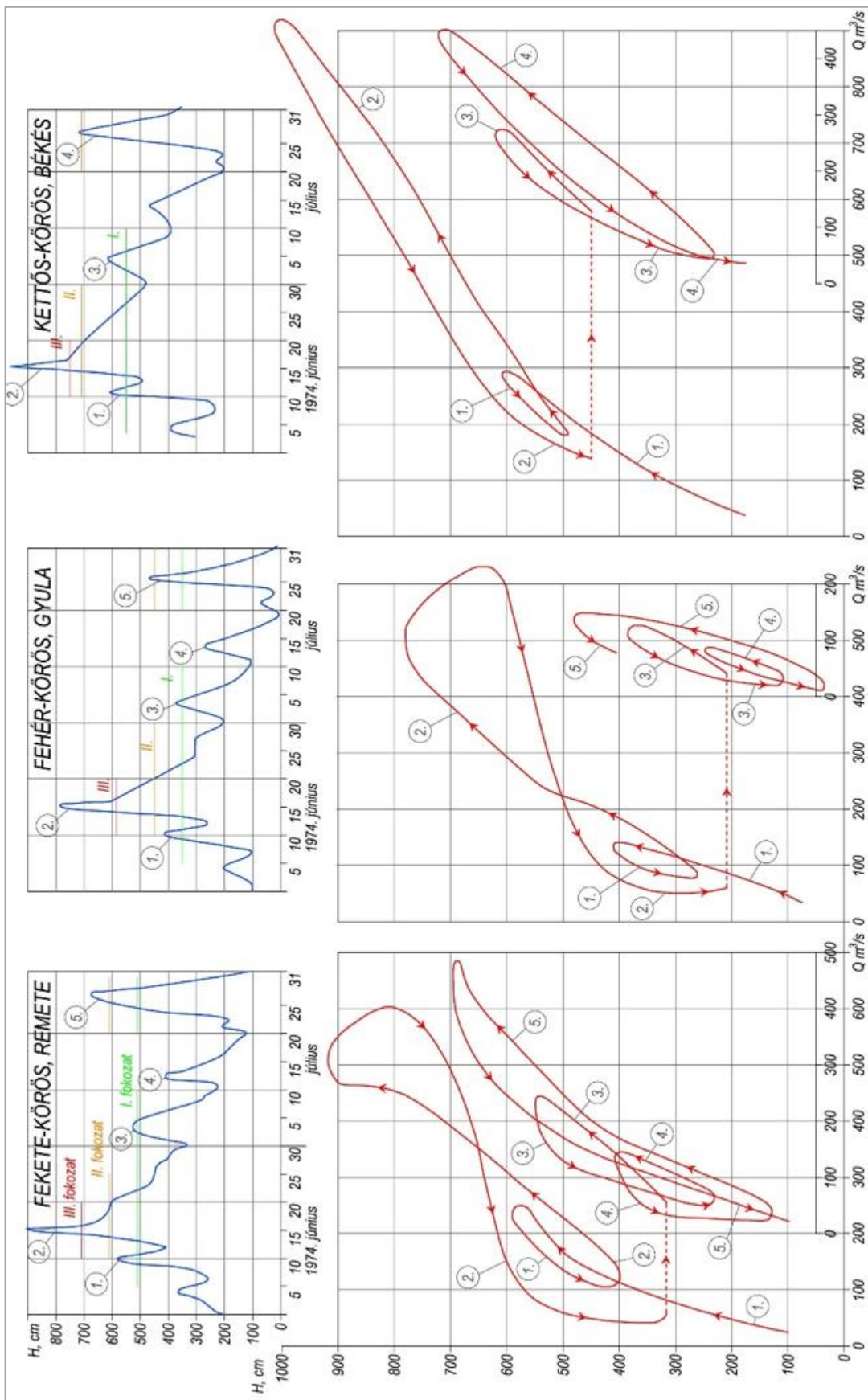
564\* – icy flood



1. ábra. Töltésszakadások és szükségeltározó megnyitások a Körösök völgyében 1925-1995 között  
Figure 1. Dyke breaches and emergency storage openings in the Körösök valley between 1925-1995

2. táblázat. A Fehér- és a Fekete-Körös közötti deltában elöntött terület és kiömlött vízmennyiség (Szlávik 1983)  
Table 2. Flooded area and amount of spilled water in the delta between Fehér and Fekete-Körös (Szlávik 1983)

Töltésszakadás éve	Elöntött terület [km <sup>2</sup> ]	Kiömlött vízmennyiség [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]
1925	160	200
1932	36	30
1939	64	39
1966	161	138
1970	135	90
1974	71	118
1980	30	35
1981	33	75



2. ábra. A vízállások és vízhozamok összefüggése az 1974. évi árhullámnál az árvízi vízhozammérések alapján (Szlávik 1976a)  
 Figure 2. Correlation of water levels and water flows during the 1974 flood waves based on flood water flow measurements (Szlávik 1976a)



1. kép. A döntés pillanatai... (1974. június 15.). A kép közepén Dégen Imre államtitkár és Takács Lajos vízügyi igazgató, a jobb szélén Bencsik Béla OVF főosztályvezető (KÖVIZIG archívum)

Photo 1. Moments of decision... (June 15, 1974). In the middle of the picture, State Secretary Imre Dégen and Director of Water Directorates, Lajos Takács, on the far right OVF head of department Béla Bencsik (KÖVIZIG archive)

### VÉSZTÁROZÁS A DELTÁBAN

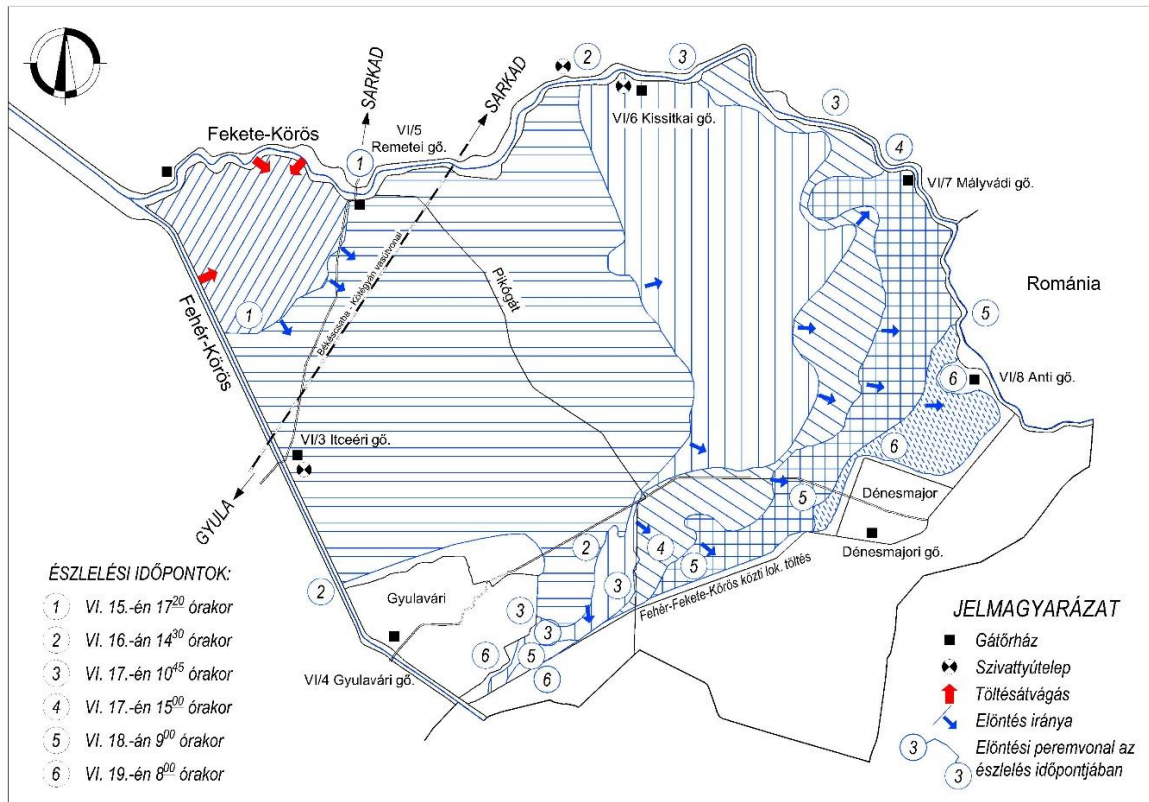
Az átvágások következtében gyors apadás indult meg. A Fekete-Körös Remeténél 10 óra alatt 216 cm-t, a Fehér-Körös Gyulánál 8 óra alatt 170 cm-t, a Kettős-Körös Békésnél 14 óra alatt 215 cm-t apadt. A víz ereje a nyílásokat rohamosan bővítette. A Fehér-Körös jobb parti 124+500 szelvényében kiobbantott kb. 8-10 méter széles

nyílás 24 óra alatt 126 méterre szélesedett. A Fekete-Körös bal parti alsó megnyitása 60 méter, a felső megnyitása 50 méter szélességgel állt be. A tározótér feltöltődése 82 óra alatt történt meg, azaz június 19-én 6 órára fejeződött be. Ekkor a folyókban és a tározóban levő vízszintek 89,85 m Orsz. szinten kiegyenlítődték. A tározott víztömeg számítások alapján 118 millió m<sup>3</sup>-re adódott. A deltai tározótér feltöltődésének menetét a 3. ábrán adott vázlat mutatja be.



2. kép. Árad a Fehér-Körös, a gyulai híd alsó övlemezei már félig vízben állnak (Szlávik 1976a)

Photo 2. The Fehér-Körös is flooding, the lower girders of the bridge (Gyula) are already partially submerged (Szlávik 1976a)



3. ábra. Helyszínrajzi vázlat a delta tározóterének feltöltődéséről (Szlávik 1976a)  
Figure 3. Topographic sketch of the filling of the delta reservoir (Szlávik 1976a)

Az elárasztott vésztározó nagysága 7 100 ha mezőgazdasági terület, szórványos tanyavilággal. A deltában összesen 254 épület volt, amelyekben 379 ember lakott. A tanyák tönkrementek (3. kép), a deltán átvezető vasútvonal jelentősen megrongálódott (4. kép). Volt itt ezen kívül 153



3. kép. Víz alatt lévő tanyák a deltában (KÖVIZIG archívum)  
Photo 3. Flooded farms in the delta (KÖVIZIG archive)



4. kép. Az árvíz pusztítása a deltában: tönkrement a Gyula-Sarkad közötti vasútvonal egy szakasza (Szlávik 1976a)  
Photo 4. The destruction of the flood in the delta: the destroyed railway line between Gyula and Sarkad (Szlávik 1976a)

Nem túlzás azt állítani, hogy az 1974. évi vésztározás hidrológiai szempontból rendkívüli jelentőségű volt, több okból is:

- a) Ez volt az eddigi legjelentősebb vésztározás a hazai árvízvédekezések addigi történetében.
- b) A vésztározásra ugyan kényszerítő helyzetben került sor, ennek ellenére azonban azt tervszerűen hajtották végre, műszakilag a rendelkezésre álló legjobb lehetőség lett kihasználva, a töltések megnyitására hidrológiai szempontból a legkedvezőbb időben került sor.
- c) A vésztározás közvetlenül abban a térségben történt, ahol 1974-et követően az árvizek szükségátározására sor kerülhetett (a mályvádi árvízi tározóban).
- d) A vésztározással kapcsolatban a hidrológus szakcsoport – irányítással – nagy tömegű közvetlen mérést, észlelést végzett, amelyek lehetővé tették, hogy az 1974. évi vésztározást, mint egy nagyminta-kísérletet értékeljük a Körösök völgyében tervezett és a későbbiekben megvalósított síkvidéki árvíztározók méretezéséhez és üzemrendjük kidolgozásához.

Az 1974. évi vésztározás fontosabb hidrológiai tapasztalatai a következők:

- A töltésmegnyitások hatására a tetőzések sorrendjének törvényszerűsége (esés, sebesség, vízhozam) felborult és általunk „fordított hurok görbének” nevezett jelenség alakult ki a remetei és gyulai szelvényben. A kiömlő vízmennyiség hatására előállott gyors apadás következtében a mérőszelvények körzetében hirtelen helyi esésnövekedés állt elő, megnöttek a sebességek és így az apadás hatására – a csökkenő szelvényterület ellenére – azonos vízállásnál nagyobb vízhozam folyt át a szelvényen, mint áradó ágnál (2. ábra). A fordított hurokgörbe Remeténél június 16-án, Gyulánál 18-án csatlakozik az áradó ági

hétvégi ház, amelyeket az árvíz idején nem laktak. Ugyancsak a deltában található Dénesmajor és Gyulavári község. A körtöltéssel védett Gyulavárit közvetlen elöntési veszély nem fenyegette. Dénesmajort, ahol 104 épület volt, a lélekszám 350 fő, körtöltéssel bevédtek.

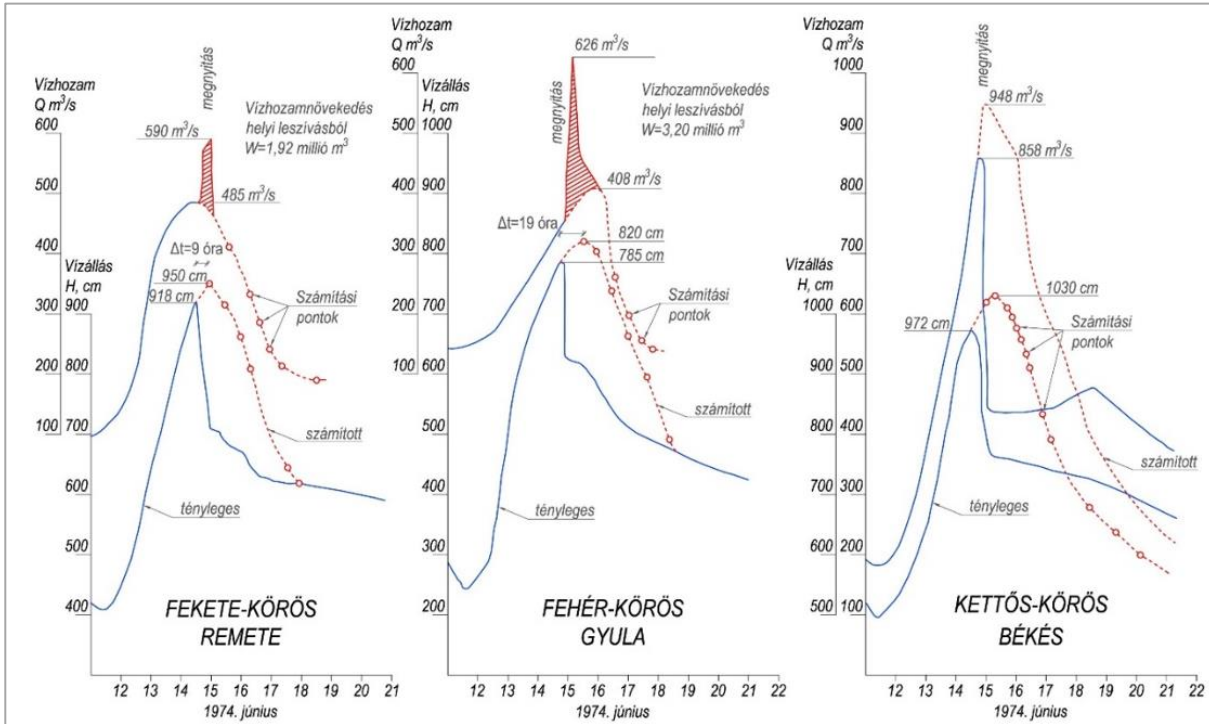
vízhozamgörbéhez; ezután a szokásos árvízi hurokgörbe követhető nyomon.

- A ténylegesen észlelt vízhozam-idősorok ábrázolásából látható, hogy mind a remetei, mind a gyulai árhullámképre jellemző a töltésmegnyitások utáni néhány órában a vízhozam hirtelen megnövekedése. Ez a jelenség azal magyarázható, hogy a mérőszelvények alatt néhány km-es távolságban levő töltésmegnyitások a közelben levő folyószakaszokon a mederben tározódott vizet hirtelen leszívták. Ez a jelenség a vésztározás hidrológiája szempontjából rendkívüli jelentőséggel bír.
- A helyesen megválasztott tározási időpontban viszonylag kis mennyiségű víz kieresztése is biztosíthatja a kívánt hatás elérését: a töltésekre nehezedő terhelést néhány km-es hullámterti szakaszon tározott víz kivezetése nagymértékben lecsökkentheti. Ha a vésztározás valamilyen módon szabályozható vízkieresztéssel oldható meg, akkor ez a jelenség jól hasznosítható: a helyi leszívás után a további kieresztés mértéke mérlegelhető.
- A helyi leszívás hatását Remeténél 10, Gyulánál 15 órán át lehetett érezni, az ebből eredő kifolyt vízmennyiség 1,92, illetve 3,20, összesen tehát 5,12 millió m<sup>3</sup> (4. ábrán).
- A részletes vízhozammérések alapján képet kaptunk a töltésmegnyitásokon kifolyó vízhozam nagyságrendjéről és időbeli alakulásáról. Ez a kérdés hidraulikai úton nehezen közelíthető, mivel a szelvények alakja időben gyorsan változó, a töltésmegnyitások méretei miatt az oldalbukókra ismert hidraulikai összefüggések nem alkalmazhatók, a rövid csatornaszakaszra felírható összefüggések viszont részletes vízállásészleléseket igényelnek a fel- és alvíz felől egyaránt.
- A vésztározás legszembetűnőbb és leglényegesebb hidrológiai tapasztalatát az 5. ábra mutatja, ahol fel-



tüntették az összesen  $W$  térfogatú víz kieresztésével Remeténél és Gyulánál elért  $\Delta h$  apadást (nem vizsgáltuk külön, hogy melyik folyóból mennyi víz folyt ki). Látható, hogy 10 millió  $m^3$  víz kieresztésével Remeténél 170 cm, Gyulánál 135 cm árapasztást lehetett elérni; 15 millió  $m^3$ -nél ezek az értékek Remeténél 200 cm-re, Gyulánál 155 cm-re nőttek. Az apadási görbék kb. ezen a ponton megtörttek, a további vízkieresztés az árapasztás szempontjából ennél az árhullámnál már nem volt jelentős hatása. Például újabb 15 millió  $m^3$  víz kivezetése Remeténél már csak to-

vábbi 30 cm-es, Gyulánál pedig 20 cm-es vízszintcsökkenést eredményezett, ez azonban már nem is teljes egészében az árapasztás hatása, közrejátszik benne a folyók vízállásának természetes apadása is. Az 1974. évi véstározásra kapott  $\Delta h=f(W)$  kapcsolat szemléletesen igazolja, hogy a viszonylag kis mennyiségű víz kieresztésével is jelentős árvízcsúcs-csökkentő hatás érhető el, hogy a síkvidéki árvíztározás is hatékony árvízvédelmi módszer lehet. Ez a következő évtizedek árvizeinél beigazolódott, a Körösökön is, más folyókon is.



4. ábra. A véstározás nélküli árhullámképek rekonstrukciója (Szlávik 1976a)

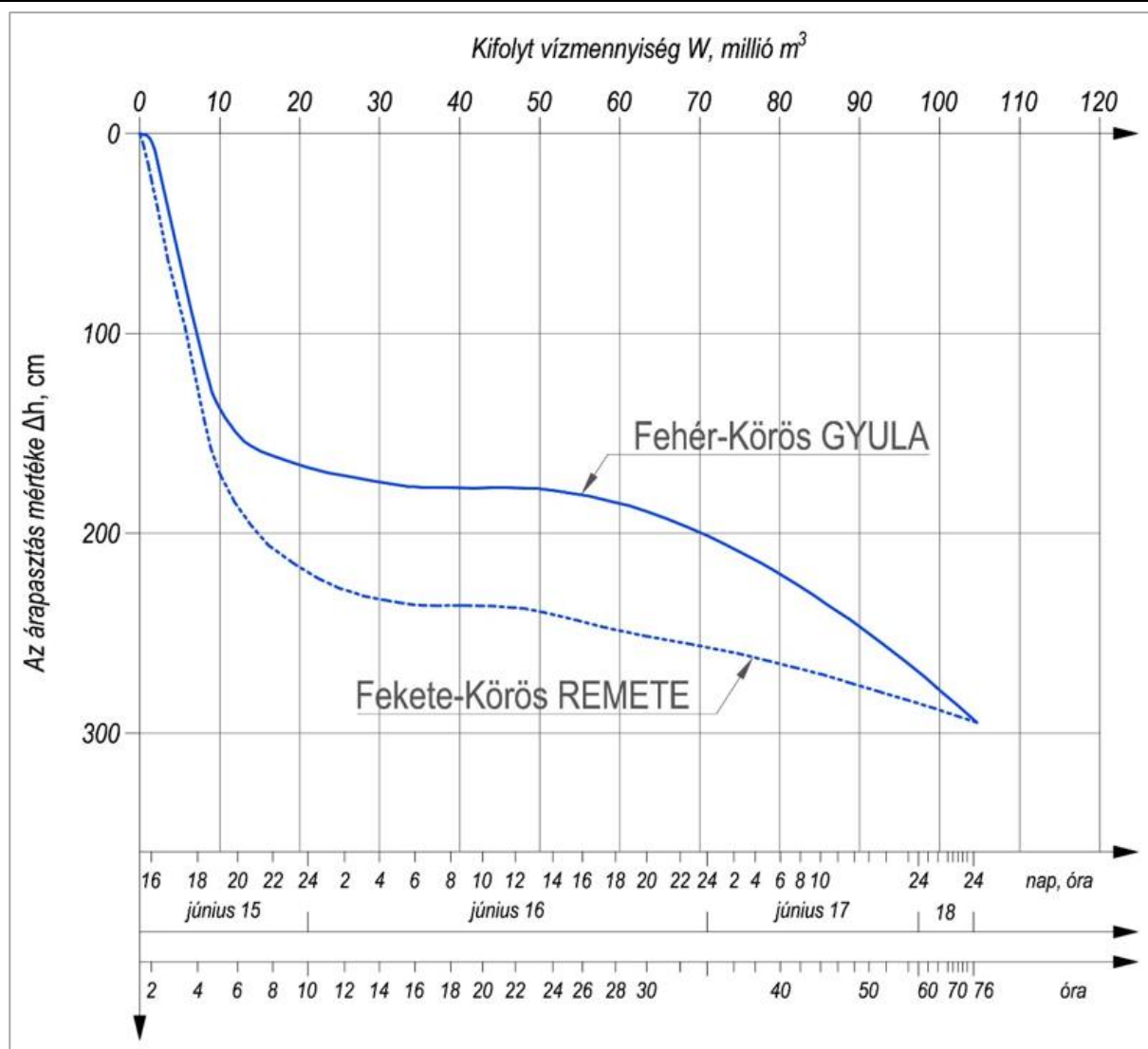
Figure 4. Reconstruction of flood waveforms without emergency storage (Szlávik 1976a)

## AZ ÁRVÍZ ALATT VÉGZETT VÍZHOZAMMÉRÉSEK

A vízállások és a vízhozamok közötti kapcsolat a levonuló árvíztől, annak sajátosságaitól függően erősen változik. A vízhozamok rendszeres mérése ezért nagy jelentőségű az árvíz hidrológiai sajátosságainak vizsgálata során. Az árvízvédekezés idején a Körös-vidéki Vízügyi Igazgatóság árvízvédelmi törzsének munkáját – az Igazgatóság történetében első ízben – hidrológus szakcsoport segítette. A szakcsoport munkáját e cikk szerzője szervezte meg és személyesen irányította az árvízvédekezés során, valamint személyesen végezte az észlelési adatok feldolgozását. A hidrológus szakcsoport egyik feladata volt az árvízi vízhozammérések végrehajtása. 1974. június 8–július 31. között a Körösökön 11 szelvényben összesen 221 mérésre került sor, ebből 87 mérést a VITUKI 4 mérőbrigádja végezte el, a többi mérés a helyi erők munkája volt. A mérések eléggé egyenletesen kiterjedtek valamennyi vízjárású fázisra. A Fekete-, Fehér- és Kettős-Körösön az apadó ágon végzett

nagyszámú mérést a deltából való vízvisszavezetés ellenőrzése tette szükségessé.

Újszerű és igen komoly feladatot jelentettek a véstározással kapcsolatos vízhozammérések. A deltába ömlő víz hozamának műszeres mérését a nagy sebesség és a turbulens vízmozgás miatt első ízben csak 48 órával a Fehér-Körös töltésének megnyitása után tudtuk elvégezni. Ettől kezdve rendszeres mérésekkel kísértük nyomon a deltába be-, illetve onnan kifolyó vízhozamokat. 1974. június 17–július 10. között a töltésátvágásokban összesen 107 vízhozammérést végeztünk, ebből 91 mérés műszeres, 16 pedig botúszós volt. Az 1974. évi árhullámok idején végzett vízhozammérések lényeges információ-többlettel gazdagították a Körösök árvízi hidrológiai viszonyaira vonatkozó ismereteinket. Több szelvényben az addigi legnagyobb vízhozam értékeket sikerült regisztrálni. Az árhullámok sorozatának teljes végigmérésével fontos adatokat kaptunk a folyók nagyvízi vízszállításáról és a torkolati szakaszok egymásra hatásáról.



5. ábra A deltába kifolyt vízmennyiség és a Körösökön elért árapasztó hatás összefüggése (Szlávik 1983)

Figure 5. Correlation between the amount of water flowing into the delta and the tidal effect achieved on the Körösök (Szlávik 1983)

### A VÉSZTÁROZÁS NÉLKÜLI ÁRHULLÁMKÉPEK REKONSTRUÁLÁSA

A deltai vésztározás során szerzett hidrológiai tapasztalatokat felhasználva a vésztározás nélküli árhullámképeket a következőképpen rekonstruáltuk:

#### Fekete-Körös, Remete

Közismert az, hogy a folyó vízszállítását jellemző mennyiségek tetőzésének sorrendje: esés, sebesség, vízhozam, vízállás, vagyis a vízhozam tetőzése megelőzi a vízállását. A gyakorlatban a ritka mérések miatt ezt általában nehéz nyomon követni, az 1974. évi sorozatmérések viszont ezt a jelenséget nyilvánvalóan alátámasztják. A töltésmegnyitások pillanatában (VI. 15. 15 h-ra kerekítve) a remetei vízhozam idősor már tetőzést mutat (4. ábra). Ezt figyelembe véve és leválasztva a helyi leszívásból fellépő időszakos vízhozam-növekedést, rekonstruáltuk a szelvény vízhozam-idősorát. A tetőző vízállás rekonstruálásához feltételeztük a két folyó egymásra hatásából származó — visszaduzzasztásból eredő — további lassú áradást és a vésztározás nélküli tetőzés értékét 950 cm-ben határoztuk

meg. Az apadó ági vízállások rekonstruálását az apadó ági vízhozamokból a rekonstruált apadó ági vízhozamgörbe szerint számoltuk vissza. Megbízható értékeket kaptunk, jó egyezés mutatkozik a vésztározó vízszintjének kiegyenlítődési időpontjával: a rekonstruált apadó ág június 19-én 02 h-kor csatlakozik az észlelt ághoz.

#### Fehér-Körös, Gyula

A töltésmegnyitáskor a vízhozamok még intenzív áradást mutatnak (4. ábra). A helyi leszívásból eredő vízhozamcsúcsot leválasztva a tetőző vízhozam értékét 508 m<sup>3</sup>/s-ban határoztuk meg. Az extrapolált vízhozamgörbéről az ehhez tartozó tetőző vízállás 820 cm, amelynek idejét 4 órával a vízhozamtetőzés, 19 órával a töltésmegnyitás utánra, június 16-án 10 órára tételeztük fel. Az apadó ági vízállások rekonstruálása az előzőekhez hasonlóan történt. A vésztározó vízszintjének kiegyenlítődési időpontjával itt is jó egyezést kaptunk: számításaink szerint a rekonstruált apadó ág június 19-én 09 h-kor csatlakozik az észlelt ághoz.

## A DELTA VÍZTELENÍTÉSE

A véstározó és a Körösök vízszintjének kiegyenlítése (június 19. 06 óra) után megkezdődhetett a delta víztelenítése. A terület elöntésétől való mentesítése az átvágott töltéseken keresztül gravitációsan és szivattyúsan történt. A véstározóban levő vízmennyiség túlnyomó részét gravitációsan kellett visszavezetni. A Körösök apadásával a



5. kép. Átvágva a Gyula-Sarkad közötti közút (KÖVIZIG archívum)

Photo 5. The public road between Gyula-Sarkad has been cut (KÖVIZIG archive)

Az újabb esőzések hatására a hegyvidéken június 29-én kialakult újabb árhullám a Fehér-Körös alsó töltésmegnyitásán keresztül ismét elárasztotta a Gyula-Sarkad műúttól nyugatra eső ún. kisdeltát. Az út átrobbantott 50 m-es nyílásának bevédésével a delta felső részét sikerült megvédeni (6. kép). Az újabb árhullámból 9 millió m<sup>3</sup> víz áramlott ki a területre.

A töltésmegnyitások vízszállító képességének csökkenésével került sor a nyílások elzárására. A szivattyús víztelenítés június 21-én indult meg és fokozatosan üzembe

visszafolyás üteme fokozatosan megnőtt és június 21-én délelőtt érte el csúcserékét (152 m<sup>3</sup>/s). A gravitációs vízszervezetés lehető legmagasabb vízhozamának biztosítása megkívánta a folyamatos vízkormányzást a területen, a Gyula—Sarkad műút átvágását (5. kép), a nyílások hidraulikailag kedvezőtlen szelvényeinek kotrással és robbantással való korrekcióját.



6. kép. A közúti átvágás ideiglenes helyreállítása (KÖVIZIG archívum)

Photo 6. Temporary restoration of the road crossing (KÖVIZIG archive)

helyezték a víztelenített szivattyútelepeket és telepítették a provizóriumokat. Július 5-re 4 stabil szivattyútelep 6,89 m<sup>3</sup>/s, 7 telepítési helyen 56 db mobil szivattyú (7. kép) 25,8 m<sup>3</sup>/s névleges kapacitással lépett üzembe, a teljes névleges szivattyús kapacitás tehát csúcspan 32,69 m<sup>3</sup>/s volt.

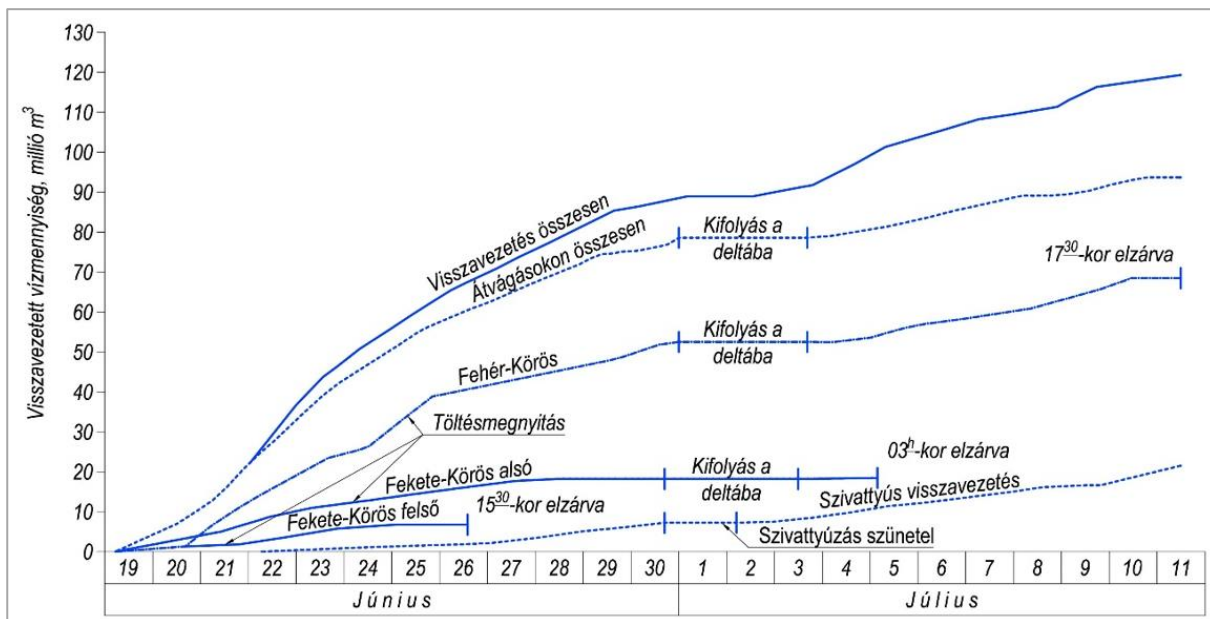
Július 11-ig, 23 nap alatt a deltába kifolyt összesen 127 millió m<sup>3</sup> víz visszavezetése nagyjából megtörtént, 80%-ban gravitációsan és a 20%-ban szivattyúsán (6. ábra).

A delta tározóterének leürülését állandó légi megfigyelés kísérte, ennek eredményéről a 7. ábrán mutatunk be példát.

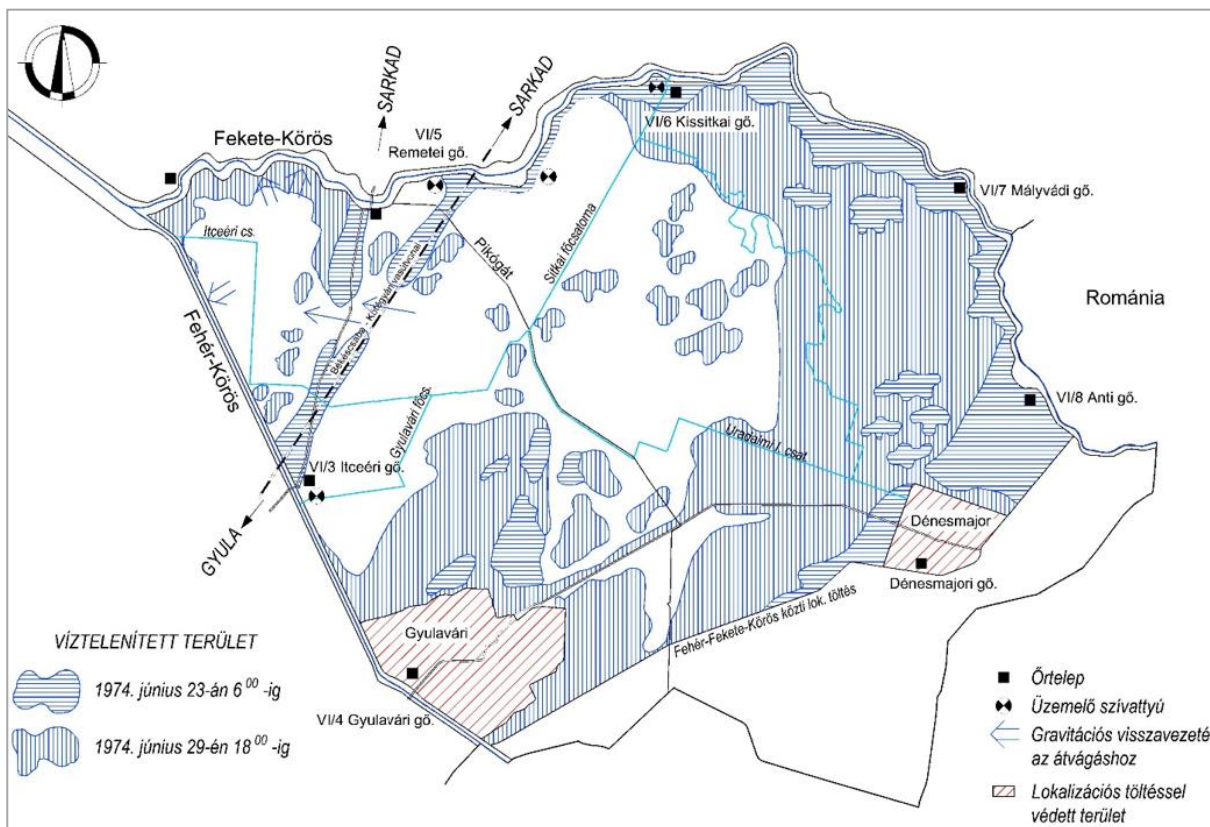


7. kép. A Fehér-Körös jobb parti töltésén telepített szivattyú provizóriumok (KÖVIZIG archívum)

Photo 7. Provisional pumps installed on the right bank embankment of Fehér-Körös (KÖVIZIG archive)



6. ábra. A víz visszavezetés integrálgörbéi (Szlávik 1976a)  
 Figure 6. Integral curves of water redirecting (Szlávik 1976a)



7. ábra. Helyszínrajzi vázlat a delta tározóterének leürüléséről (Szlávik 1976a)  
 Figure 7. Site Plan Sketch of the Delta Reservoir Drainage (Szlávik 1976a)

**A LEFOLYT VÍZMENNYISÉG**

Az előzőekben ismertetett adatok és számítási eredmények alapján megbízhatóan meghatározhattuk a Körösökön lefolyt vízmennyiséget. A júniusi második árhullám alkalmával a 4 644 km<sup>2</sup> vízgyűjtő területű Fekete-Körös 206 millió m<sup>3</sup>, a 4 251 km<sup>2</sup> vízgyűjtő területű Fehér-Körös pe-

dig 193 millió m<sup>3</sup> vizet szállított, ami lefolyási magasságra átszámítva 44,4, ill. 45,4 mm-t jelent. A csapadékmennyiségek hiányos ismerete miatt a lefolyási tényező pontosabb meghatározása nem volt lehetséges, a rendelkezésre álló hegyvidéki csapadékadatok alapján értékét 0,5—0,6-ra becsülhetjük.

## ÖSSZEFOGLALÁS

Megállapíthatjuk, hogy a két Körösön az 1970. évihez hasonló jellegű és mennyiségű, kedvezőtlen területi eloszlású csapadékból származó árhullámok telt mederre érkeztek, a torkolatnál összetalálkoztak és az addig észlelt leghevesebb, legnagyobb tetőzési magasságú (1. táblázat) és vízhozamú, valóban rendkívüli árvizet váltottak ki.

A két folyón néhány hét alatt öt árhullám vonult le, amelyekből a második alkalmával, június 14-15-én rendkívüli vízszintek alakultak ki. A Körösök felső és középső szakaszán néhány óra alatt 104 km hosszón kellett volna töltésmagasítást végrehajtani ahhoz, hogy az árhullám a töltések között levezethető legyen. Ilyen méretű töltésmagasítást ennyire rövid idő alatt nem lehetett volna végrehajtani. Június 15-én 14 órakor a Fehér- és a Fekete-Körösön a víz gyakorlatilag egy szintben volt a töltések koronájával, helyenként csak a nyúlgátak akadályozták meg a töltésmeghágást. Ezért került sor – ennél, az 1974. évi árvíznél első ízben – a Fehér- és a Fekete-Körös közötti ún. delta árvízi szükségtározóként történő igénybevételére. Robbantással megnyitották a Fehér-Körös jobb parti töltését; a Fekete-Körösön pedig a víz az előre meggyengített helyeken a töltést átszakította. Ekkor a vízszint 0,32-0,68 m-rel volt az addig észlelt legnagyobb érték felett.

Eredményes védekezési munka folyt Gyulavári község körtöltésén, Dénesmajor településrészt pedig ideiglenes lokalizációs töltés menet közbeni megépítésével védtek meg az elöntéstől.

A tározótér feltöltődése 82 óra alatt ment végbe. A 71 km<sup>2</sup>-en 127 millió m<sup>3</sup> víz tározódott. A vízszint 10 óra alatt több, mint 2 métert csökkent. A három töltésmegnyitáson kifolyó vízhozam csúcserőke együttesen 780 m<sup>3</sup>/s volt. Három és fél nap múlva megkezdődhetett a víz visszavezetése a mederbe. A szükségtározás alkalmazása eredményes védekezési stratégiának bizonyult: a Fehér- és Kettős-Körös bal partján Gyula, Békéscsaba és Békés vá-

rosokat, a Fekete-Körös jobb partján pedig Sarkadot lehetett így megmenteni az esetleges spontán töltésszakadásból eredő elöntéstől.

## IRODALOMJEGYZÉK

Nagy Gy., Kovács L., Szlávik L., Bátka J. (1974). A Körösök lefolyásának szabályozása. (Kézirat, KÖVIZIG-Gyula tanulmánytára).

Nagy Gy. (1975). A Körösvidék lefolyási viszonyainak alakulása Vízügyi Közlemények, 3. füzet.

Pálinkás L., Szlávik L. (1982). A Fehér- és Fekete-Körös árvízvédelmi fejlesztéseinek tervezése és kivitelezése. MHT III. Országos Vándorgyűlés, Debrecen, 1982. június 23-25. II. kötet.

Somlyódy L. (szerk.) (2000). A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései. MTA Vízgazdálkodási Tudományos Kutatócsoport, Budapest.

Szlávik L. (1975). A Fekete-Körös mértékadó árhullámképe. Vízügyi Közlemények, 2. füzet.

Szlávik L. (1976a). Az 1974. évi Körös-völgyi árvíz hidrológiai jellemzése. Vízügyi Közlemények, 1. füzet.

Szlávik L. (1976b). A Körösök 1974. évi árvizeinek hidrológiai vizsgálata. Hidrológiai Tájékoztató.

Szlávik L. (1983). Árvízi szükségtározók tervezése és üzemelése. Vízügyi Közlemények, 2. füzet.

Szlávik L. (1998). Árvizek szükségtározása. Vízügyi Közlemények, 1. füzet.

Szlávik L. (szerk.) (2007). A Duna és a Tisza szorításában. A 2006. évi árvizek és belvizek krónikája. Budapest.

Szlávik L. (2020). A Körösök 1980. évi rendkívüli árvize – töltésszakadások, szükségtározása. Hidrológiai Közlöny, 100. évf. 2. szám, pp. 14-27.

Takács L. (1975). Békés megye vízgazdálkodási helyzete és fejlesztése. Hidrológiai Közlöny, 55. évf. 10. szám, pp. 433-442.

Zorkóczy Z. (1987). Árvízvédelem. Országos Vízügyi Hivatal, Bp.

## A SZERZŐ



**SZLÁVIK LAJOS** okleveles mérnök-hidrológus, építőmérnök (1970), vízkészlet-gazdálkodási és hidrológiai szakmérnök (1978). 1982-ben egyetemi doktori fokozatot, 1997-ben PhD fokozatot szerzett. Európa-mérnök (1999). 1970-1991. között vízügyi igazgatóságoknál, majd 2004-ig az OVF-ben, a VITUKI-ban és KvVM-ben dolgozott vezető beosztásokban. 30 éven át, 1993-tól 2022-ig tanított Baján főiskolai docensként, főiskolai tanárként. 2013-ban Professor Emeritus címet kapott. 2017-től a Nemzeti Közszolgálati Egyetem egyetemi magántanára. 2014-től az OVF Vízügyi Tudományos Tanács tagja. 2016-tól a Magyar Mérnöki Kamara tiszteletbeli tagja. Fontosabb kitüntetései: Magyar Köztársaság Lovagkeresztje (2008), Vásárhelyi Pál Díj (2010), Reitter Ferenc Díj (2017), Magyar Érdemrend Tisztikeresztje (2019). Mintegy 320 publikációt jegyez (részben társszerzőkkel), amelyből 25 könyv, illetve könyvrészlet, könyvfejezet a hidrológia, árvízvédelem, vízgazdálkodás, vízügytörténet témaköreiből. Ötször kapta meg az MHT Vitális Sándor szakirodalmi dívját. 1970 óta tagja az MHT-nak. Két ciklusban az MHT alelnöke (1996-2003), majd főtitkára (2007-2011), 2011-től 2023-ig a Társaság elnöke, azóta a Társaság tiszteletbeli elnöke. MHT kitüntetései: Pro Aqua emlékérem (1977), Schafarzik Ferenc díj (1992), Bogdanfy Ödön díj (1999), Kvassay Jenő díj (2023). Kutatási területei: műszaki hidrológia; magyarországi folyók árvizeinek kialakulása, hidrológiája; az árvizek elleni védekezés módszerei, technológiái; ármentesítés, árvízvédelem; a síkvidéki árvíztározás alkalmazása; az árvízszintek emelkedésének okai; vízkárelhárítási védekezés-irányítás informatikai módszerei; a hazai árvízvédekezés, árvízvédelem története; vízkészlet-gazdálkodás; vízügytörténet.

# Események



**A MAGYAR HIDROLÓGIAI TÁRSASÁG XLI. Országos Vándorgyűléséről számolunk be, melyet Szolnokon, a Debreceni Egyetem Szolnoki Kampuszában tartottak.**



## MAGYAR HIDROLÓGIAI TÁRSASÁG XLI. ORSZÁGOS VÁNDORGYŰLÉS SZOLNOK, 2024. július 3-5.



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

A Magyar Hidrológiai Társaság (MHT) XLI. Országos Vándorgyűlésének Szolnok adott helyet. A szakma minden területéről 462 regisztrált résztvevő érkezett a Debreceni Egyetem Szolnoki Kampuszára, a csodálatos környezetű Tiszaligetre.

Az eseményindító plenáris ülésen, Nádor István moderálásával, dr. Váradi József társelnök megnyitóját követően, Réthy Pál, a BM helyettes államtitkára, Szalay Ferenc, Szolnok város polgármestere, Láng István, az Országos Vízügyi Főigazgatóság főigazgatója, Hajdú György Péter, a Jász-Nagykun-Szolnok vármegyei –

Mérnöki Kamara elnöke, dr. Szabó Attila. campusigazgató és Lovas Attila, a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság igazgatója köszöntötte a Vándorgyűlés résztvevőit.

A hagyományoknak megfelelően, a plenáris ülésen került sor az MHT 2024. évi nívódíjának átadására, melyet idén a Vízügyi Ágazat Szegedi Aszály Munkacsoportja nyert el „Az aszálymonitoring hálózat létrehozásával kapcsolatos kutatási, fejlesztési és üzemeltetési feladatok bemutatása (A monitoring rendszer fejlesztésének lehetséges irányai)” című pályázatával.



2. fotó. Az MHT 2024. évi nívódíjának győztesei: dr. Benyhe Balázs, dr. Fehérvári István (Fiala Károly nem vett részt az átadásban), az MHT társelnökei Somlyódy Balázs és dr. Váradi József társaságában (Fotó: Bokor Csaba)

Photo 2. The winners of the MHT's 2024 diploma of excellence: dr. Balázs Benyhe, dr. István Fehérvári (Károly Fiala did not participate in the award ceremony) in the company of co-presidents Balázs Somlyódy and dr. József Váradi (Photo by Csaba Bokor)

Az első nap plenáris előadásai globális problémákra fókuszáltak. Sipos Katalin, a WWF Magyarország Alapítvány igazgatója a „Vízgazdálkodás a klímaváltozás korában – Megérthetik-e jobban egymást a vízügyesek és a

zöldek?” kérdéssel foglalkozott, majd V. Németh Zsolt, az Energiaügyi Minisztérium víziközmű-ágazatért felelős államtitkára a sokak által érdeklődéssel várt előadásában a „Korszakok határán – átalakulóban a víziközmű ágazat,,

címmel vázolta a víziközmű ágazat helyzetét. Itt jelentette be, hogy a kormány döntött arról, hogy a területi vízgazdálkodás 2024. augusztus 1-től a Belügyminisztériumból az Energiaügyi Minisztériumba kerül. Ez egy jelentős lépés az integrált vízgazdálkodás művelésének irányába.

Ebéd után pódiumbeszélgetéssel folytatódott a program, ahol „Vizet a tájba!” címmel az agrárium, a vízügy, a természetvédelem és a politika felelősségét, lehetőségeit és kötelezettségeit vizsgálták a beszélgetésben résztvevő szakemberek. A vitát moderálta és vezette dr. Bíró Tibor, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem tanára.

A kiállítással kibővített vándorgyűlésen hét témakörben rendeztek szekciós üléseket.

### **Vízkezelés szekció**

A szekcióban elhangzott 19 előadás zömében árvízvédelmi kérdésekkel foglalkozott: az egyes folyók árvízvédelmi sajátosságaival, a nagyvízi medrek levezetőképességének változásaival, a 2023. évi árvizek hidrometeorológiai előzményeivel és a védekezések tapasztalataival. Különösen érdekes előadást tartott a PET Kupa Egyesület képviselője a „folyómentés” tudományáról és technikáiról, bemutatva az egy évtized alatt felhalmozott tapasztalatokat. Az előadások között helyet kapott a Fertő-tó vízminőségével, a vízenergia hazai kiaknázásának lehetőségeivel (szlovák példák alapján), valamint a vízgazdálkodási beruházásokhoz kapcsolódó ökoszisztéma szolgáltatások közgazdasági értékelési módszertanával foglalkozó prezentáció is. Ez utóbbi különösen élénk szakmai vitát váltott ki, amelyet más fórumokon is folytatni kell a téma újszerűsége és fontossága miatt. A szekciót Dobó Kristóf és Göncz Benedek vezette.

### **Vízkezelés-gazdálkodás szekció**

A szekcióban a felszíni és felszín alatti vízkezelés-gazdálkodás kérdéseivel foglalkoztak, két alszekcióra bontva.

Az MHT Hidrológiai Szakosztályának deklarált célja, hogy önálló vagy önállónak tekinthető felszín alatti vizes szekció/alszekció is megrendezésre kerüljön az évek óta megszokottak szerint, és ez a cél most is teljesült. A 2024-es évben összesen 10 előadás került bemutatásra. Az elhangzott előadások közül témájuk fontossága miatt kiemelkedő volt a termálvizes blokk, valamint a manapság igen ritka, bányavíz-telenítéshez kapcsolódó előadás. Az előadói díjat Tóth Katalin és Hernádi Béla nyerte el „Vizet a tájba. A felszín alól! Bükkaljai vízkivételek” című prezentációjukkal, amely érdekessége és aktualitása miatt érdemelte ki a közönség figyelmét. Az alszekcióban a hallgatói jelenlét változó volt, a legmagasabb hallgatói létszám 61 fő volt.

A felszíni vízkezelés-gazdálkodás témái között sok elméleti és néhány gyakorlati kérdés szerepelt, valamennyi köthető az utóbbi időszak vízhiányos helyzetéhez. A dolgozatok nemcsak különböző problémákat elemeztek, hanem a jövő számára is megfogalmaztak feladatokat és kutatási irányokat, ami azt vetíti előre, hogy a következő években is értékes dolgozatok, valamint év közben izgalmas előadói ülések várnak a vízkezelés-gazdálkodás iránt érdeklődő szakemberekre. A szekciót dr. Lénárt László és Sütő László vezette.

### **Területi vízgazdálkodási Szekció**

Az előadások széles skálája foglalkozott Magyarország vízháztartásával, különösen a vízkészletek egyenlőtlen területi és időbeli eloszlásával. Ennek megfelelően a térségi vízáteremtés és vízpótlás műszaki megoldásai kerültek előtérbe. Ugyanakkor érezhetően megnövekedett a nem szerkezeti módszerek alkalmazására tett javaslatok száma, mely elsősorban a vízgazdálkodás integratív szemléletét erősítette. Szép számban jelent meg a vízviszatarítás jó gyakorlatának bemutatása, melyben élen járt a házigazda Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság.

Az előadásokat összekötő alap gondolat a "Vizet a Tájba" jelszó mögött meghúzódó vízgazdálkodási paradigma váltás szükségességének visszaigazolása volt. Ezt a célt teljesítő műszaki megoldást, illetve annak több variánsát az igazgatóságok már alkalmazzák, de az is világossá vált, hogy területi használat váltás nélkül nincs adaptív vízgazdálkodás. A vízügyi szolgálatra egyre nagyobb nyomás helyeződik a mezőgazdasági vízszolgáltatás tekintetében, így nem véletlen, hogy több dolgozat is foglalkozott ezzel a témával, felvázolva a kihívásokat, lehetőségeket és az előttünk álló feladatokat. Az érdeklődés, a hozzászólások, a kérdések és a vélemények igen aktív megnyilvánulása kifejezetten élvezetessé tette a szekció munkáját. A szekciót dr. Bíró Tibor és dr. Váradi József vezette.

### **Települési vízgazdálkodás**

Az MHT XLI. vándorgyűlésének Települési vízgazdálkodás szekcióján hét, rendkívül színvonalas előadás hangzott el a csapadékvíz-elvezető rendszerek tervezési és kivitelezési tapasztalataitól kezdve a csatornahálózat üzemeltetési kihívásain át, a szennyvíztisztító telepek működésének optimalizálásáig. A szekcióban foglalkoztak a tisztított szennyvíz elhelyezési lehetőségeivel is és ismeretterjesztésre kerültek a mikroszennyező anyagok hatékony eltávolításához kifejlesztett nagyhatékonyságú oxidációs eljárások (Advanced Oxidation Processes, AOP) alkalmazásának kérdései is. Ez utóbbi téma különösen fontos a 91/271/EGK irányelv módosítása miatt, ami kiemelt figyelmet fordít a mikroszennyező anyagok eltávolítására, így a negyedik fokozatként bevezethető technológiák alaposabb megismerése különösen aktuális. A szekciót dr. Darabos Péter, és Kassai Zsófia vezette.

### **Vízhasználat és környezete**

A Vízhasználat és környezete szekció meghirdetett főbb témaköréi széles spektrumot öleltek át a limnológia-élőhelyvédelem-tájhasználatról kezdve az oktatás-kutatás-fejlesztésen át a létesítmény üzemeltetésig és fenntartásig, valamint közgazdasági, szabályozási kérdésekig. Ennek megfelelően a benyújtott előadástervet is igen változatos szakterületeket fedtek le. A beérkezett 27 jelentkezésből időkorlátok miatt 20 bemutatásra volt lehetőség, melyek során a biztonságos ivóvíz, a víztakarékos növénytermesztés, vízminőség monitoring, vízgyűjtő-, vízgazdálkodási és üzemeltetési tapasztalatok, szennyvíztisztítás, tápanyagterhelhetőség kérdései, valamint a Víz Keretirányelvhez kapcsolódó teendőik egyaránt napirendre kerültek. Az előadók többsége fiatal, pályája elején levő szakember volt. A szekciót dr. Szalma Elemér és dr. Engloner Attila elnökölte.

### ***Mesterséges intelligencia, digitalizáció szekció***

A digitalizáció és azon belül a mesterséges intelligencia (MI) alkalmazása rendkívüli sebességgel fejlődik a világban, és hasonlóan más területekhez, a vízgazdálkodásban is merőben új mérési-adatelemzési módszereket kínál. A hazai vízgazdálkodásban meghatározó szereplők, vízügyi igazgatóságok, egyetemek és kutatóintézetek nagyszerű mintaalkalmazásokon keresztül illusztrálták az MI-ben rejlő potenciált. Bemutatásra került múltbeli árhullám idősorok gépi tanulás alapú elemzése, belvíz tartósság műhold alapú vizsgálata, folyóléptékű mederanyag elemző eljárások, folyami műanyag szennyezés videó alapú elemzése, de hidrológiai előrejelző modell fejlesztés is ismertetésre került. A bemutatott előadások magas színvonalúak voltak és egyértelműen igazolták az MI alkalmazhatóságát a vízgazdálkodási feladatok támogatására, egyúttal kijelölve a jövőbeli lehetséges fejlesztési irányokat. A szekciót dr. Baranya Sándor és dr. Kozák Péter vezette.

### ***Nemzetközi szekció***

Az MHT lehetőséget biztosított külföldi szakemberek részvételére is, amikor meghirdette és megrendezte a 7. Nemzetközi szekciót, melyet a KÖTIVIZIG, a GWP Magyarország és az ICPDR Tisza Group támogatott és a programja a KÖTIVIZIG Tisza Irodája szervezésével alakult ki.

A szekció programjában levő 13 előadás első csoportja (5 előadás) foglalkozott: a Duna vízgyűjtőn valószínűsíthető klímaváltozás vízkészletre és aszálykiterjedésre gyakorolt hatásaival; az EU Duna Régió Stratégiában végzett magyarországi részvétel projektszintű bemutatásával; kiegészülve a Tisza-vízgyűjtőn megvalósított, illetve kidolgozás alatt levő projektek bemutatásával.

Az előadások második csoportjában bemutatott 8 előadás specifikus témákkal foglalkozott, úgymint: Ökoszisztéma-szolgáltatások és helyreállítási lehetőségek egy fenntartható környezeti fejlődéshez a Duna mentén; Villámárvíz szimuláció hidrodinamikus csapadék-lefolyás

modellezéssel; Extrém csapadék/árvíz esemény következményeinek vizsgálata; Vízgazdálkodási tervezés Romániában a klímaváltozást figyelembe véve; A Duna menti havi átlag vízhőmérséklet statisztikai elemzése és előrejelző modellezése; Öntözővíz-gazdálkodás klímaváltozás hatása; Vízkészlet-gazdálkodás kihívásai a klímaváltozást figyelembe véve a Tisza vízgyűjtőjén; Vízkészlet-gazdálkodási kihívások vízerőművek alatti folyószakaszokon Litvániában, a vízi ökoszisztémák igényeinek kielégítésére az éghajlatváltozást figyelembe véve. A Nemzetközi szekciót dr. Fehér János vezette.

A záró plenáris ülésen dr. Váradi József társelnök röviden értékelte a rendezvényt, majd Somlyódy Balázs társelnökkel közösen átadták a szekcióvezetők által elismerésre érdemesnek ítélt dolgozatok szerzőinek a Magyar Hidrológiai Társaság erről szóló okleveleit. (a kitüntetettek névsora az MHT honlapján megtalálható). Ezt követően Tóth Sándor, az MHT Közép-dunántúli Területi Szervezetének elnöke, valamint Horváth Angéla, az MHT Közép-dunántúli Területi Szervezet vezetőségi tagja, egyben a Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság műszaki igazgatóhelyettese meghívták Társaságunk tagjait Székesfehérvárra, a 2025. évi XLII. Országos Vándorgyűlésre.

A vándorgyűlés harmadik napján a szakmai tanulmányút résztvevői először megtekintették a Karcagi Gábor Árvízvédelmi gyakorló pályát és a Milléri Vízügyi Múzeumot, majd szakmai vezetéssel egybekötött látogatást tettek a Fokorúti töltésáthelyezésnél, valamint a Sajfoki zsilipnél és múzeumnál. A szakmai programot a kisköréi Tisza-tó terepasztal és hallépcső ismertetővel egybekötött megtekintése zárta.

A vándorgyűlés dolgozatait tartalmazó tanulmánykötet az alábbi linken érhető el:

<https://hidrologia.hu/vandorgyules/41/>

*dr. Major Veronika  
a Hidrológiai Közöny főszerkesztője*



## Nekrológ



Okleveles mérnök (ÉKME 1964), okl. vízellátás-, csatornázás-, egészségügyi szakmérnök (BME 1971), okl. gazdasági mérnök (BME 1977), egyetemi doktor (BME 1986), c. főiskolai tanár (1987), c. egyetemi docens (1992).

Szakmai pályafutását 1964-ben a Baranya Megyei Állami Építőipari Vállalatnál kezdte, majd 1967-ig a Komlóvízvízmű (később Baranya Megyei Vízmű Vállalat) üzemi mérnöke, utóbb, 1967-től a Pécsi Vízmű üzemvezetője, 1971-től osztályvezetője, 1974-től főmérnöke, majd ugyanazon évben kinevezték a Vízmű igazgatójának, amely megbízatása 1994-ig tartott. Ezt követően két évig a Pécsi Közüzem Rt.-nél műszaki-gazdasági tanácsadó, 1995-től a DRV Rt. főmunkatársa, 1996–2006 között területi igazgatója.

Munkásságát számos kitüntetéssel ismerték el, többek közt a Munka Érdemrend Ezüst fokozatával (1987), a környezetvédelmi és vízügyi kormányzat Vásárhelyi Pál-díjával (2004), valamint a MAVÍZ Reitter Ferenc-díjával (2005).

Mindenkor törekedett a csatornaüzemeltetés, -építés és -tisztítás során a legkorszerűbb eljárások magyarországi bevezetésére. Elsők között használt tisztított szennyvíz ipari felhasználására alkalmazható technológiát. Irányításával valósult meg az első hazai termikus iszapkezelés, biogáz hasznosítással és a granulátum mezőgazdasági felhasználásával.

Javaslatra és terveire alapján létesült a Melegmányi-völgyi 3000 köbméteres vízmű, amely a mai napig is Komló vízellátását szolgálja. Vass Béla kollégájával karszt vízszaduzzasztással megoldották a Tettye-forrás hozamki-

### Dr. Solti Dezső

Pécs, 1941. június 2. – Pécs, 2024. augusztus 11.

egyenlítését. Vezetésével kezdődött meg a közműdiagnosztika, a vízellátó hálózat hidraulikai modellezése, majd a 80-as évektől a kitarakás nélküli rekonstrukció. Kiemelt szakmai érdeklődési területei voltak: a víz újrahasználat, valamint az üzemeltetés komplex kérdései.

Igen jelentős tervezési tevékenységet folytatott, vállalati-, illetve magántervezőként.

1965 óta vett részt a szakoktatásban, először technikai óraadóként, majd az 1970-es évek végétől Pécsen, a Pollack Mihály Műszaki Főiskolán tanított környezetvédelmet nappali hallgatóknak, mint külsős, több mint egy évtizedig.

A posztgraduális képzésben, a szakmérnök-oktatásban a Bajai Vízügyi Főiskolán 1986-tól tanított csatornázást, majd a Budapesti Műszaki Egyetemen is, víziközmű rekonstrukciót. Több tucat publikációja jelent meg a Vízügyi Közleményekben, a Hidrológiai Közlönyben és más szaklapokban. Egyetemi jegyzeteket is írt és társszerzőként két szakkönyvet is jegyez:

- Víz- és csatornahálózatok rekonstrukciója (1989)
- Csatornarendszerek üzemeltetése (2006)

A Vízügyi Közlemények és a Vízmű Panoráma szerkesztőbizottságainak két, illetve három cikluson át tagja volt. Az MTA Pécsi Akadémiai Bizottság Vízgazdálkodási Munkabizottságában 1994-től több éven át titkári, majd elnöki feladatokat látott el és számos MTA bizottság munkájában vett részt. 25 éven át volt a Magyar Víziközmű Szövetség szakértője.

A Magyar Hidrológiai Társaságnak 1964. január 1-től, több mint 60 éven át volt tagja, a Baranya megyei területi szervezetben elnöki és vezetőségi tagi tisztséget töltött be 1975–2013 között. Kiemelkedő szakmai munkát végzett az MHT Vízellátási Szakosztályában. Rendszeres előadója volt az MHT vándorgyűléseinek. Társasági munkájáért Pro Aqua emlékérem (2000), Bogdánfy Ödön emlékérem (2006), majd Kvassay Jenő díj (2016) társasági kitüntetésben részesült. A vízgazdálkodás területén végzett csaknem hat évtizedes munkásságáért, társadalmi tevékenységéért, életművének elismeréseként 2022-ben az MHT Tiszteleti tagja kitüntetésben részesült.

Türellemmel viselt súlyos betegség után, életének 84. évében 2024. augusztus 11-én hunyt el. 2024. augusztus 28-án a Pécsi Köztemetőben helyezték örök nyugalomra.

Emlékét kegyelettel megőrizzük!

*Dr. Szlávik Lajos  
az MHT tiszteletbeli elnöke*



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

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

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

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

### FORMAI KÖVETELMÉNYEK

Kérjük, közleményük készítésekor tanulmányozzák a részletes közlési útmutatót ([https://www.hidrologia.hu/wp-content/uploads/2024/04/Hidrologiai-Kozlony-Kozlesi-Utmutato\\_MAGYAR\\_2024.pdf](https://www.hidrologia.hu/wp-content/uploads/2024/04/Hidrologiai-Kozlony-Kozlesi-Utmutato_MAGYAR_2024.pdf)), melyből közzéteszünk néhány előírást:

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

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

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

2024-től már angol nyelvű kéziratokat is fogadunk, melyek külön kötetbe rendezve jelennek meg. Az angol nyelvű kéziratok részletes közlési útmutatója: [https://www.hidrologia.hu/wp-content/uploads/2024/04/Hidrilogiai-Kozlony-Kozlesi\\_Utmutato\\_ANGOL\\_kivonat.pdf](https://www.hidrologia.hu/wp-content/uploads/2024/04/Hidrilogiai-Kozlony-Kozlesi_Utmutato_ANGOL_kivonat.pdf)