

## Paleolimnológiai módszerek alkalmazásának korlátai sekély állóvizek esetében

Jakab Jázmin\*, Bőjthe Andrea Clara\*, Soltész Andor Gergő\*, Korponai János\*\*\*, Gyulai István\*,\*\*

\* Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Hidrobiológiai Tanszék, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.  
(E-mail: jj1998jj@gmail.com)

\*\* Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium, Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Hidrobiológiai Tanszék, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

\*\*\* Nemzeti Közszerológiai Egyetem, Víz tudományi Kar, 6500 Baja, Bajcsy-Zsilinszky utca 12-14.

DOI:10.59258/HK.11449



### Kivonat

Világszerte egyre inkább növekednek az aszályos időszakok, jelentősen csökkentek az állóvizeink vízszintjei. Paleolimnológiai vizsgálatok esetében az állóvizek üledékének tanulmányozása folyik, melynek segítségével a múltban lejátszódott folyamatok, illetve környezeti hatások elemzésére adódik lehetőség. Paleolimnológiai kutatások során, amikor az üledékben megőrződött szervezetek maradványait, beleértve a Cladocera maradványokat vizsgáljuk, a meder legmélyebb részéről szoktunk üledék mintát venni, mert a legmélyebb pontra sodródhatnak össze a maradványok. Hazánkban azonban a legnagyobb számban sekély vizek fordulnak elő, így vizsgálatunk célja az volt, hogy megnézzük, sekély vizek esetében célszerűbb lenne-e a több mintavételi pont kijelölése? A mintavételekre hat vízteret jelöltünk ki és mindegyik víztérből három mintát vettünk, úgy, hogy a mintavételi helyek legalább 75-100 m távolságban helyezkedjenek el egymástól. A medrekben a habitatok is hasonlóak voltak. Az eredmények azt mutatták, hogy egymástól 100 méteres távolságban lévő mintavételi pontokon is különböző Cladocera egyedszámok és fajszámok azonosíthatók.

### Kulcsszavak

Paleolimnológia, sekély állóvizek, heterogenitás, szubfossilis, Cladocera.

## Limits of paleolimnological methods in shallow standing waters

### Abstract

Drought periods are increasing worldwide, and the water levels of our standing waters have dropped significantly. In the case of paleolimnological studies, the sediment of standing waters is examined to analyse the processes and environmental impacts that took place in the past. In paleolimnological research, when examining the remains of organisms preserved in sediments, including Cladocera remains, we tend to sample the sediment from the deepest parts of lakes where remains of organisms from the whole waterbody accumulate. Since in our country mainly shallow water bodies occur, the aim of our study was to investigate if it would be more appropriate to select more sampling points in shallow water bodies. Six water bodies were selected for sampling and three samples were taken from each water body, with the sampling sites located at least 75-100 meters apart. The habitats in the water bodies were similar. The results showed that sampling sites separated even by one hundred metres can differ significantly in number of individuals and species of Cladoceran remains.

### Keywords

Paleolimnology, shallow standing water, heterogeneity, subfossil, Cladocera.

### BEVEZETÉS

Napjaink egyik legfontosabb problémája környezetünk nem kellő intenzitású védelme. Sajnálattal látjuk, hogy világszerte egyre inkább növekedik az aszályos időszakok száma, hazai állóvizeink vízszintje csökken, illetve állapotuk nem éri el a jó minősítéshez szükséges kritériumokat. Nagyon fontos vizeink megfelelő mértékű védelme és rendszeres monitorozása. Annak érdekében, hogy vizeink megfelelő állapotát fenntartsuk és megóvjuk a jövőbeli degradációtól, lényeges megérteni, hogy az élőhelyeken bekövetkező változások hogyan hatnak az ott élő fajgyűjtésekre.

Az állóvizek üledéke a környezeti változásokról jelentős archívumot őriz meg (Burge és társai 2017). Az üledékben számos különböző, úgynevezett proxy (közvetett bizonyíték vagy mérés, mely felhasználható az édesvízi ökoszisztémák múltbeli környezeti viszonyainak meghatározására) marad fenn (Cohen 2003). A paleolimnológia az a tudományterület, amelynek keretein

belül az üledékekben megőrződött abiotikus (pl.: radioaktív izotópok, ásványok) és biotikus (pl.: különböző fossziliák, pigmentek) proxy-k széles skáláját elemzik a kutatók az ökoszisztéma változásának rekonstruálása érdekében (Last és Smol 2001, Cohen 2003). A biológiai szervezetek számos különböző csoportja hagy valamilyen azonosítható szubfossilis maradványt az üledékben, többek között az árvaszünnyogok, a kovaalgák, illetve az ágascsapú rákok (Korosi és társai 2017). A cladocerák elsősorban édesvízekben előforduló apró méretű (0,2-18 mm) rákok, a zooplankton jelentős alkotói (Forró és társai 2008). A környezetben végbemenő változásoknak érzékeny indikátorai, ebből adódóan igen jól alkalmazhatók a környezeti változások nyomán követésére (Kurek és társai 2010). A vizsgálatunk során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a Cladocera maradványok hogyan jelzik a tavak heterogenitását. Paleolimnológiai mintavételek során általában egy mintavételi pontot jelölünk ki, mely a meder legmélyebb pontja, mivel a maradványok a legmélyebb pontra sodródhatnak össze (Korponai és társai 2019).

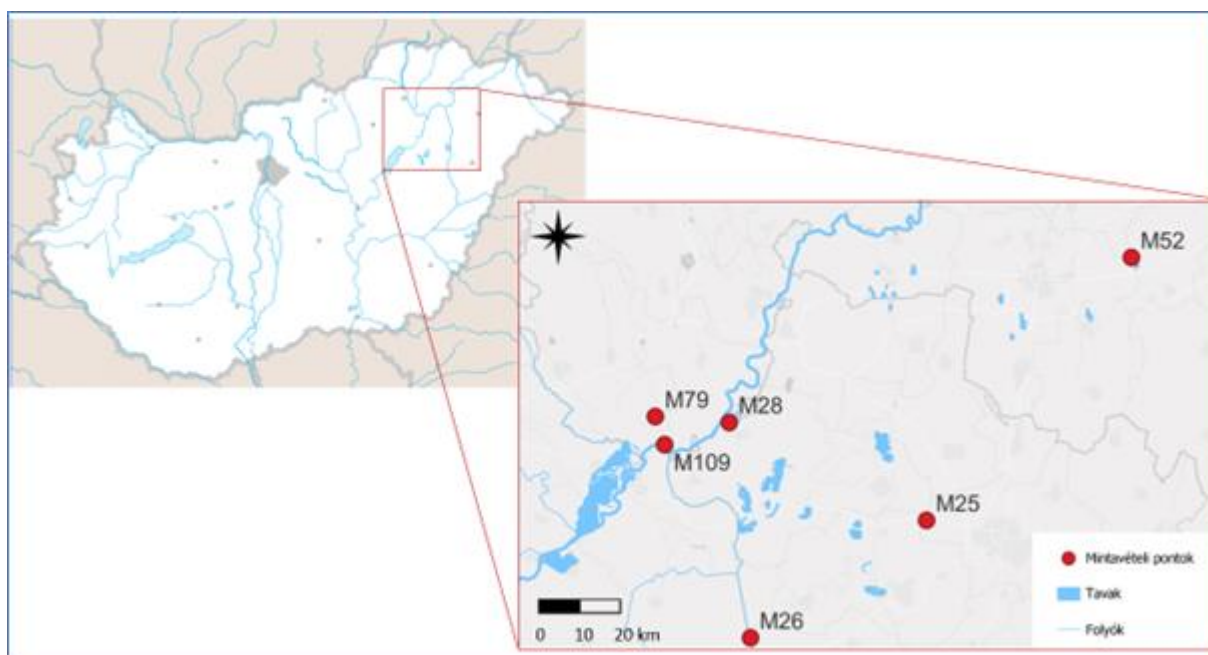
Tekintettel arra, hogy hazánkban sekély vizek fordulnak elő, kutatásunk során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy vajon célszerűbb lenne-e egy mintavételi pont helyett többet kijelölni?

### ANYAG ÉS MÓDSZER

Terepi mintagyűjtésre hat vízteret jelöltünk ki (1. ábra). A terepi mintagyűjtés előtt mind a hat meder esetében felmértük a medrek állapotát, illetve kijelöltük a potenciális mintavételi pontokat. A mintavételre 2021 júliusában került sor. Mind a hat víztér esetében három mintavételi pontot jelöltünk ki. Ezen mintavételi pontok 75-100 méter távolságban helyezkedtek el egymástól. A medrekben a habitatokban ugyanazok a növénytársulások fordultak elő. Mintavételünk során gravitációs mintavevő eszközt használtunk, amely egy visszacsapó sze-

lepes 0,5 m-es plexi cső vágóéllal ellátva. A teljes üledékoszlop nem került felhasználásra, hanem a felső egy-két centiméter vastagságú lágy üledékréteget gyűjtöttük be, hogy vizsgálatunkba ne vonjuk be a több éves vagy évtizedes maradványokat. A mintákat zárható edényekben, hűtve tároltuk.

A vízmintákat merítéses módszerrel gyűjtöttük be. A helyszínen meghatároztuk a víz fizikai paramétereit YSI EXO 2 multiparaméteres szondával. Minden vízminta esetében vízkémiai vizsgálatokat végeztünk, megállapítottuk az összes lebegőanyag (TSS), összes oldott anyag (TDS), illetve a klorofill-a mennyiségét. Ezen felül meghatároztuk a minták  $KOI_{sMn}$  (kémiai oxigénigény) értékeit, illetve az m-lúgosság és p-lúgosság-hoz tartozó értékeket is. Megállapítottuk továbbá a  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_4^+$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$  ionok koncentrációját.



1. ábra. A mintavételi helyszínek bemutatása: M79: Tiszavalki-főcsatorna, M109: Szajlai Holt-Tisza, M28: Tiszadorogmai Holt-Tisza, M26: Hortobágy folyó, M25: Látóképi víztározó, M52: Kenderáztató-tó

Figure 1. Location of the sampling sites. M79: Tiszavalki-main channel, M109: Szajlai Holt-Tisza, M28: Tiszadorogmai Holt-Tisza, M26: Hortobágy river, M25: Látóképi reservoir, M52: Kenderáztató-lake

A minták feltárását Korhola és Rautio (2001) standard módszere alapján végeztük. Minden mintából 1 cm<sup>3</sup> mennyiséget kimértünk, majd főzőpoharakba helyeztük és 100 milliliter 10%-os KOH (kálium-hidroxid) oldatot adtunk hozzájuk. Ezt követően minimum fél órára vízfürdőbe helyeztük az elegyeket időnkénti keverés mellett, a vízfürdőt követően minden mintát felengedtünk csapvízzel és 35 mikrométer lyukbőségű szűrőn leszűrtük, ügyelve a nagyobb növényi törmelékek eltávolítására. A szűrt mintákat 45 milliliteres centrifugacsövekbe helyeztük, 24 órára ülepedni hagytuk, majd ezt követően leszívtuk egységesen 25 milliliterre. Minden mintához a tartósítás kedvéért 96%-os Patosolv alkoholt adtunk, így megakadályoztuk a különböző gombák és baktériumok elszaporodását, illetve a kálium-hidroxiddal (KOH) való kezelés hatására a kitin teljesen átlátszóvá vált, így pár csepp Safranin-glicerinnel festéket adtunk minden mintához a könnyebb határozás érdekében (Sweetman és Smol 2006, Kattel és Augustinus 2010).

A Cladocera maradványok faj szintű határozása történt, a vizsgálatunkhoz Olympus BX 53 típusú fénymikroszkópot alkalmaztunk, 10-100-as nagyítás alatt vizsgáltuk a maradványokat. Száz mikroliter mennyiségű mintát hordtunk fel egy tárgylemezre automata pipetta segítségével. Mintánként 25 db tárgylemezt vizsgáltunk meg, illetve, ha a mintában az egyedszám elérte a 100-at, akkor a mintát befejezettnek tekintettük.

Minden következő tárgylemez esetében a tárgylemezre való felhordás előtt a mintát felkevertük, így elkerülve a kiülepedés következtében kialakuló egyenetlen maradványeloszlást és a teljes 100 mikroliternyi mintát átvizsgáltuk, hogy kiküszöböljük a maradványok nem egyenletes eloszlását. Határozókönyvnek Szeroczyńska és Sarmaja-Korjonen (2007), illetve Gulyás és Forró (1999) könyvét használtuk.

Minden mintavételi pont esetében megállapítottuk a fajszámokat és az egyedszámokat, míg minden mintavételi helyszínen kiszámítottuk az összesített faj, illetve egyedszámokat. Főkoordináta analízissel (PCoA) vizsgáltuk, hogy az egyes habitatok mennyire határozzák meg az adott mederszakasz Cladocera közösségét. Az analízishez a denzitás adatokon Hellinger-transzformációt végeztünk, majd kiszámoltuk az objektumok Euklideszi távolság-mátrixát. Ezt követően PERMDISP (betadisper) módszerrel megvizsgáltuk a távolságmátrix homogenitását, amelyben a távolságoknak a négyzetgyökét vettük alapul. TukeyHD post-hoc teszttel meghatároztuk azokat a medreket, amelyek homogenitása eltér a többitől, és két homogenitási csoportot képeztünk. Ezt követően PERMANOVA segítségével meghatároztuk, hogy a medrek Cladocera közösségei közötti különbség vagy a habitatok közötti különbség határozza-e meg a Cladocera közösségek eltéréseit. A

szignifikancia szintet 10%-on határoztuk meg. A számításainkat az R v. 4.2.1 statisztikai környezetben a vegan csomag segítségével elemeztük.

## EREDMÉNYEK

Eredményeink alapján elmondható, hogy a mintavételi helyszínek mintavételi pontjai között nem tapasztaltunk jelentős különbségeket a vízkémia vizsgálataiban. Számos esetben előfordult, hogy a mintavételi helyszín egyik mintavételi pontján az adott Cladocera faj egy példányát sem találtuk meg, viszont a 100 méterrel arrébb található mintavételi pontban megtaláltuk ugyanazon faj példányát. Adott mintavételi ponttól 100 méterrel távolabb elhelyezkedő mintavételi ponton más faj- és egyedszámokat azonosítottunk. Az egyes mintavételi pontokon és mintavételi helyszíneken a fajszámok tekintetében különbségeket tapasztaltunk. Minden mintavételi pont és helyszín esetében az egyedszámok is számottevő különbségeket mutattak (1. táblázat).

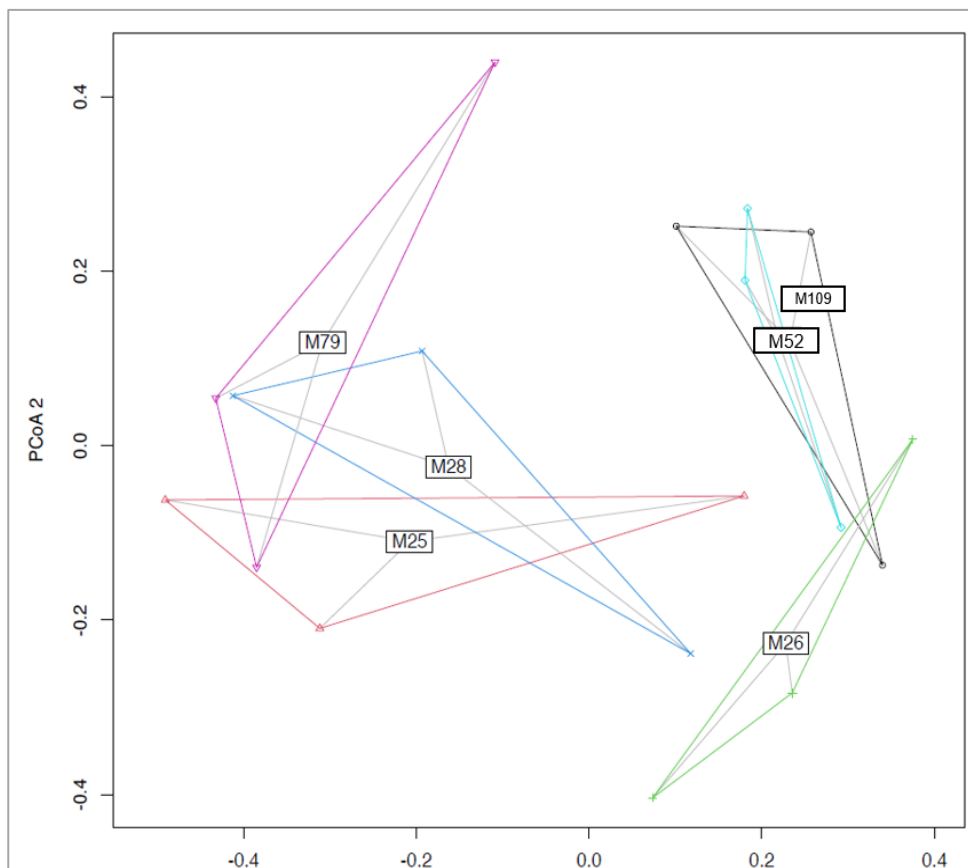
1. táblázat. Mintavételi pontokon észlelt egyedszámok és fajszámok, illetve a mintavételi helyszíneken talált összesített egyedszámok és fajszámok, valamint átlagos egyedszámok

Table 1. Numbers of individuals and species detected at sampling points, and total number of individuals and species found at sampling sites and average numbers of individuals

Mintavételi helyek neve	Látóképi Víztorozó			Hortobágy folyó			Tiszadorogmai Holt-Tisza		
Mintavételi helyek kódja	M 25/1	M 25/2	M 25/3	M 26/1	M 26/2	M 26/3	M 28/1	M 28/2	M 28/3
Fajszám	9	16	9	9	9	10	11	14	13
Összesített fajszám	20			12			20		
Egyedszám	260	985	310	330	160	650	340	360	380
Összesített egyedszám	1555			1140			1080		
Átlagos egyedszám	518			380			360		
Mintavételi helyek neve	Tiszavalki-főcsatorna			Kenderáztató-tó			Szajlai Holt-Tisza		
Mintavételi helyek kódja	M 79/1	M 79/2	M 79/3	M 52/1	M 52/2	M 52/3	M 109/1	M 109/2	M 109/3
Fajszám	9	13	12	13	15	11	12	13	15
Összesített fajszám	22			21			18		
Egyedszám	125	375	630	1137	1392	500	835	1471	660
Összesített egyedszám	1130			3029			2966		
Átlagos egyedszám	377			1010			989		

Statisztikai elemzésünk során az adatok távolságmátrixa nem volt homogén (betadisper,  $F_{5,12} = 4,2499$ ,  $p = 0,019$ ), ezért két homogén csoportra bontottuk az adatokat (2. ábra). Az alacsony diszperziójú (betadisper,  $F_{2,6} = 1,4029$ ,  $p = 0,3163$ ) csoportba az M109, az M26 és az M52 medrek, míg a magasabb (betadisper,  $F_{2,6} = 1,7431$ ,  $p = 0,253$ ) az M25, az M28 és az M79 med-

rek tartoztak. Az alacsony diszperziójú csoport Cladocera közösségei nem különböznek szignifikánsan sem a medrekben, sem a habitatokban (2. táblázat), míg a magas diszperziójú csoport Cladocera közösségei a habitatokban szignifikánsan különböznek egymástól, függetlenül attól, hogy melyik mederből származnak (3. táblázat).



2. ábra. A különböző medrek diszperziója az Euklideszi térben  
 Figure 2. Dispersion of the different lake beds in the Euclidean space

2. táblázat. Az alacsony diszperziójú medrek PERMANOVA analizisének eredménye  
 Table 2. PERMANOVA analysis of the nonsignificantly different water beds

	Df	Sum Sqs	R <sup>2</sup>	F	p
meder	2	0.7194	0.2862	1.0216	0.419
habitat	1	0.2851	0.1134	0.8097	0.77
meder:habitat	2	0.4532	0.1803	0.6435	0.978
Residual	3	1.0564	0.4202		
Total	8	2.5141	1		

3. táblázat. A magas diszperziójú medrek PERMANOVA analizisének eredménye  
 Table 3. PERMANOVA analysis of the significantly different water beds

	Df	Sum Sqs	R <sup>2</sup>	F	p
meder	2	0.9339	0.2625	1.0522	0.393
habitat	1	0.5949	0.1672	1.3405	0.068
meder:habitat	2	0.6979	0.1962	0.7864	0.944
Residual	3	1.3313	0.3742		
Total	8	3.5579	1		

**ÖSSZEZÉS**

Kutatásunk során terepi mintagyűjtésre hat vízteret választottunk ki, minden víztér esetében három mintavételi pontot jelöltünk ki. A mintavételi pontokról a lágy üledék begyűjtésére került sor, melyből Cladocera maradványok feltárását végeztük el. Minden mintavételi pont esetében feljegyeztük az üledékmintában fellelhető egyedszámokat, illetve fajszámokat, továbbá mintavételi helyszínenként rögzítettük az összesített faj- és egyedszámokat. Az eredményeink szerint akár egymástól 100 méteres távolságban lévő mintavételi pontokban is különböző egyedszámok és fajszámok voltak azonosíthatóak.

Statistikai elemzésünk során főkoordináta analízist (PCoA), PERMDISP (betadisper) módszert, TukeyHD post-hoc tesztet és PERMANOVA-t hajtottunk végre. Eredményeink alapján az adatok távolságmátrixa nem volt homogén, ennek következtében egy alacsonyabb diszperziójú és egy magasabb diszperziójú csoportra bontottuk az adatokat. Az alacsony diszperziójú csoport Cladocera közösségei nem különböztek szignifikánsan a medrekben, illetve a habitatokban. A magas diszperziójú csoport Cladocera közösségei a habitatokban szignifikánsan különböztek egymástól, attól függetlenül, hogy melyik mederből származtak.

Hazánkban a hasonló jellegű kutatások ritkák. *Zsuga és Pekli (2011)* a Bodrog vízgyűjtő területén végzett vizsgálatokat. A Bodrogköz vízteréből leírt 42 Cladocera fajból a folyóban mindössze 9 fajt sikerült megtalálniuk. A kutatásunk során a Hortobágy-folyó általunk vizsgált, igen lassan áramló szakaszán 12 fajt azonosítottunk. Az eltérés oka minden bizonnyal a mintavételezésre kiválasztott szakaszok eltérő áramlási viszonyaiban keresendő, ugyanis a Bodrog vízdinamikai viszonyai nem kedveznek ennek az élőlénycsoportnak, míg a Hortobágy-folyó általunk vizsgált szakaszán jóval kedvezőbbek a körülmények.

Eddigi vizsgálataink és eredményeink alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy sekély vízterek esetében célszerű több mintavételi pontot kijelölni annak érdekében, hogy a vizsgált víztér valós Cladocera fajösszetételét jobban megismerhessük.

### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A TKP2021-NKTA-32 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában jött létre. A közleményben bemutatott kutatás a Széchenyi Terv Plusz program keretében az RRF-2.3.1-21-2022-00008 számú projekt támogatásával valósult meg.

### IRODALOMJEGYZÉK

*Burge, D. R. L., Edlund, M. B., Frisch, D. (2017).* Paleolimnology and resurrection ecology: The future of reconstructing the past. *Evolutionary Applications*, 11(1). pp. 42-59. doi:10.1111/eva.12556

*Cohen, A. S. (2003).* Paleolimnology: The History and Evolution of Lake Systems Oxford, UK: Oxford University Press. p. 528.

*Forró, L., Korovchinsky, N. M., Kotov, A. A., Petrusek, A. (2008).* Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595(1). pp. 177-184. doi:10.1007/s10750-007-9013-5

*Gulyás, P., Forró, L. (1999).* Az ágascsapú rákok (Cladocera) kishatározója. *Vízi Természet- és Környezetvédelem*, 9. KGI, Budapest. p. 237.

*Kattel, R. G., Augustinus, C. P. (2010).* Cladoceran-inferred environmental change during the LGM to Holocene transition from Onepoto maar paleolake, Auckland, New

Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 53(1). pp. 31-42. doi:10.1080/00288301003631772

*Korhola, A., Rautio, M. (2001).* Cladocera and other branchiopod crustaceans. In: Smol, J.P., Birks, H.J.B., Last, W.M. (Eds). *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Biological Techniques and Indicators*; Kluwer Academic Publisher: Dordrecht, The Netherlands, Volume 2. pp. 1-38. doi:10.1007/0-306-47671-1\_2

*Korosi, J. B., Thienpont, J. R., Smol, J. P., Blais, J. M. (2017).* Paleo-ecotoxicology: What Can Lake Sediments Tell Us about Ecosystem Responses to Environmental Pollutants? *Environmental Science & Technology*, 51(17). pp. 9446-9457. doi:10.1021/acs.est.7b02375

*Korponai, J., Braun, M., Forró, L., Gyulai, I., Kövér, C., Nédli, J., Urák, I., Buczkó, K. (2019).* Taxonomic, functional and phylogenetic diversity: how subfossil cladocerans mirror contemporary community for ecosystem functioning: a comparative study in two oxbows. *Limnetica*, 38(1). pp. 431-456. doi:10.23818/limn.38.25

*Kurek, J., Korosi, J. B., Jeziorski, A., Smol, J. P. (2010).* Establishing reliable minimum count sizes for cladoceran subfossils sampled from lake sediments. *Journal of Paleolimnology*, 44(2). pp. 603-612. doi:10.1007/s10933-010-9440-6

*Last, W. M., Smol, J. P. (Eds.). (2001).* Tracking environmental change using lake sediments: Vol. 1: Basin analysis, coring, and chronological techniques, (548 pp.) Dordrecht, Netherlands: Springer. doi:10.1007/0-306-47669-x

*Sweetman, N. J., Smol, P. J. (2006).* Patterns in the distribution of Cladocerans (Crustacea: Branchiopoda) in lakes across a Northsouth transect in Alaska, USA. *Hydrobiologia*, 553(1). pp. 277-291. doi:10.1007/s10750-005-1333-8

*Szeroczyńska, K., Sarmaja-Korjonen, K. (2007).* Atlas of subfossil cladocera from Central and Northern Europe. Friends of the Lower Vistula Society. Świecie.

*Zsuga, K., Pekli, J. (2011).* Zooplankton tanulmányok a Bodrog vízgyűjtőjén – Zooplankton studies in the Bodrog catchment area. *Hidrológiai Közlemény (Hungary)*. 91. 6. pp. 116-118.

### A SZERZŐK



**JAKAB JÁZMIN** a Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Karán 2021-ben végzett biológus, szakdolgozatának keretein belül a természetes és mesterséges állóvizek üledékének összehasonlító elemzését végezte. 2021-től MSc hallgató a Debreceni Egyetem Hidrobiológia Tanszékének Hidrobiológus szakán. Főbb kutatási területe az eltérő trofitású holtmedrek Cladocera közösségének vizsgálata, illetve ezen közösségek abundanciájának és diverzitásának változása. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja.



**BŐJTTHE ANDREA CLARA** tanulmányait a Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Karának Biológia BSc szakán 2021-ben fejezte be, ahol szakdolgozata témája a „Klímaváltozás világszinten” volt. Jelenlegi tanulmányait Hidrobiológus MSc szakon végzi, a Debreceni Egyetemen. Kutatási területe az ártereken kialakult holtmedrek Cladocera közösségének a vizsgálata. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja.



**SOLTÉSZ ANDOR GERGŐ** tanulmányait a Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kar Biológia BSc szakán 2022-ben fejezte be. Jelenleg Hidrobiológus MSc hallgató a Debreceni Egyetemen. Kutatási területe az állóvízi zooplankton-közösségek vizsgálata, illetve a holtmedrek üledékében fellelhető Cladocera maradványok vizsgálata. Paleolimnológiai módszerekkel keresi a választ Cladocera-fajgyűtteseinek időbeli változásaira. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja.



**KORPONAI JÁNOS** limnológus, egyetemi docens a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz tudományi Kar Vízellátási és Csatornázási Tanszékén. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja.



**GYULAI ISTVÁN** környezetkutató-ökológus, adjunktus a Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Karának Hidrobiológiai Tanszékén. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja.



*50 éves a Kiskörei vízlépcső (www.kotivizig.hu)*