



1949

**CLADOCERA-KÖZÖSSÉGEK ABUNDANCIÁJÁNAK
ÉS DIVERZITÁSÁNAK VÁLTOZÁSA KÜLÖNBÖZŐ
HASZNOSÍTÁSÚ HOLTMEDREKBEN**

Egyetemi doktori (PhD) értekezés

Berta Csaba

Témavezető:

Dr. Nagy Sándor Alex, egyetemi docens

DEBRECENI EGYETEM

Természettudományi és Informatikai Doktori Tanács

Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola

Debrecen, 2020

*Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Természettudományi és Informatikai Doktori Tanács a **Juhász Nagy Pál Doktori Iskola Hidrobiológia** programja keretében készítettem a Debreceni Egyetem természettudományi doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.*

Nyilatkozom arról, hogy a tézisekben leírt eredmények nem képezik más PhD disszertáció részét.

Debrecen, 2020.

.....
a jelölt aláírása

*Tanúsítom, hogy **Berta Csaba** doktorjelölt **2015-2018** között a fent megnevezett Doktori Iskola **Hidrobiológia** programjának keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult. Nyilatkozom továbbá arról, hogy a tézisekben leírt eredmények nem képezik más PhD disszertáció részét.*

Az értekezés elfogadását javasolom.

Debrecen, 2020.

.....
a témavezető aláírása

**CLADOCERA-KÖZÖSSÉGEK ABUNDANCIÁJÁNAK ÉS
DIVERZITÁSÁNAK VÁLTOZÁSA KÜLÖNBÖZŐ
HASZNOSÍTÁSÚ HOLTMEDREKBEN**

Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében
a Környezettudomány tudományágban

Írta: Berta Csaba okleveles hidrobiológus

Készült a Debreceni Egyetem Juhász-Nagy Pál doktori iskolája
(Hidrobiológia programja) keretében

Témavezető: Dr. Nagy Sándor Alex egyetemi docens

A doktori szigorlati bizottság:

elnök:	Dr. Prof. Szabó Szilárd
tagok:	Dr. Deák Balázs
	Dr. Málnás Kristóf

A doktori szigorlat időpontja: 2019 május 28.

Az értekezés bírálói:

.....
.....

A bírálóbizottság:

elnök:	
tagok:	
	
	
	

Az értekezés védésének időpontja: 2020

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzés.....	11
1.1 Bevezetés	11
1.1 Célkitűzések.....	16
2. Irodalmi áttekintés	17
3. Anyag és módszer	26
3.1 Mintavételi területek bemutatása	26
3.1.1 Felső-Tisza Gyüre és Tiszadob közötti szakasz holtmedrei ...	27
3.1.1.1 Gyürei Holt-Tisza.....	27
3.1.1.2 Bodonyszögi Holt-Tisza.....	28
3.1.1.3 Szabolcsi Holt-Tisza.....	30
3.1.1.4 Kis-Zátony tó.....	31
3.1.1.5 Tiszadobi Holt-Tisza mederrendszer Malom-Tisza szakasza	32
3.1.2 Cibakházi Holt-Tisza	34
3.2 Terepi mintagyűjtés, helyszíni mérések, laboratóriumi feltárás és a vízminták meghatározása	36
3.2.1 Felső-Tisza menti holtmedrek.....	36
3.2.2 A Cibakházi Holt-Tisza	39
4. Eredmények	44
4.1 Felső-Tisza menti holtmedrek	44
4.1.1 A vizsgálat során kimutatott Cladocera fajok	44
4.1.2 A kutatásba bevont holtmedrek elkülönülése biotikus és abiotikus változók alapján.....	50

4.1.3 Indikátor faj analízis	51
4.1.4 Regressziós fa analízis	54
4.2 Cibakházi Holt-Tisza	58
4.2.1 Biotikus és abiotikus változók alakulása a Cibakházi Holt-Tiszában.....	58
4.2.2 A Cibakházi Holt-Tisza vizsgálat során kimutatott Cladocera fajok	59
4.2.3 Fajgazdagság, egyedsűrűség és Simpson-diverzitás a holtmeder mintavételi területein	65
4.2.4 Béta-diverzitás mintázatának vizsgálata a recens és szubfosszilis Cladocera közösségen belül	68
4.2.5 A különböző hasznosítás alatt álló mederrészek elkülönülése a Cladocera fajszerkezet és egyedsűrűségek alapján	69
5. Diszkusszió.....	71
5.1 Cladocera fajok indikációja/jelzése a holtmeder hasznosítására vonatkozóan	74
5.2 Hasznosítási formák hatásainak vizsgálata recens és szubfosszilis Cladocera közösség egyidejű összehasonlító elemzésével	80
5.3 Védett terület hatása a Cladocera közösség diverzitásának fenntartásában.....	86
6. Összefoglalás.....	92
7. Új tudományos eredmények.....	97
8. Summary.....	98
9. New scientific findings	103
Köszönetnyilvánítás	104

Irodalomjegyzék	106
Függelék	127
A Jelölt tudományos tevékenysége.....	143

“Any kind of freshwater aquatic body will contain one or more species of freshwater crustacean that belong to Cladocera.”

Leszek A. Błędzki

1. Bevezetés és célkitűzés

1.1 Bevezetés

Napjaink még mindig egyik legfontosabb és legégetőbb problémája környezetünk nem kellő intenzitású védelme, sem regionális, sem globális szinten. E kérdéskör egyik rendkívül fontos eleme vizeink állapotának megóvása, a már bekövetkezett degradáció megszüntetése, illetve védelme az újbóli leromlás ellen. Hazánk igen gazdag és sokrétű vízhez köthető természeti értékekkel rendelkezik, de sok vízterünk állapota, sajnálatos módon, az év bizonyos időszakaiban nem éri el a jó vízminőségi állapotot.

Magyarország a Duna vízgyűjtő területén helyezkedik el és földrajzi adottságából kifolyólag számos állóvíze és vízfolyása van. A Duna vízgyűjtő területén található hazánk második legnagyobb folyója, a Tisza, amely fontos szerepet tölt be az ország életében (öntözés, szállítás, horgászat, rekreáció). A Tiszán és mellékfolyóin a 19. század közepétől jelentős szabályozási munkákat végeztek, melyek következtében az eredeti hosszúságának csaknem kétharmadát elveszítette a folyó. A kanyarulatok átvágásával és töltések közé kényszerítésével számos különböző méretű, formájú és mélységű víztereket hoztak létre (holtágak, holtmedrek) mesterségesen (Dobrosi és mtsai., 1993; Janauer és mtsai.,

2012). Az újonnan kialakult vízterek kutatása az utóbbi években egyre nagyobb hangsúlyt kapott, elsősorban árvizekkel és nehézfémekkel kapcsolatban (Lakatos és mtsai., 2003), illetve a holtmedrek ökológiai sajátosságainak vizsgálatára összpontosító munkákkal (Braun és mtsai., 2000, Dévai és mtsai., 2001; Pálfi, 2001; Abonyi és mtsai., 2009). Ezekről a holtmeder jellegű vízterekről hamar kiderült, hogy igen fontos szerepet töltenek be az adott régió biodiverzitásának fenntartásában (Strayer és Dudgeon, 2010), ezért fontos részei az ökoszisztémának, szerepük lehet az adott területen a társadalmi-gazdasági feladatok megoldásában (Limburg és Waldman, 2009).

Egyértelműen kijelenthető, hogy napjainkban több és sokszor fokozódó hatás éri nem csak vizeinket, hanem a Föld más szféráit is. Ezek a hatások közvetve, vagy közvetlenül is befolyásolják a vízi ökoszisztémákat (Bradbury és mtsai., 2004). Olyan publikációk láttak napvilágot, amelyek rámutattak arra a tényre, hogy ezek a hatások kapcsolatban állnak a klíma változásával (Asikainen és mtsai., 2007; Ampel és mtsai., 2010; Pál és mtsai., 2018; Słowiński és mtsai., 2018) és az antropogén hatásokkal (Hamerlik és mtsai., 2016; Dubois és mtsai., 2018).

Egy adott időegység alatt a környezetben bekövetkezett változások vizsgálatához szükségünk van ökológiai indikátorokra, segítségükkel pontosabb képet alkothatunk a változások mértékéről, sebességéről, illetve a változások okaira is következtethetünk (Dale és Beyeler, 2001). Minden esetben az adott indikátor szervezetnek gyors reakciójának kell lennie, jól felismerhető és egyértelmű választ kell adnia az adott környezeti változóra reagálva (Carignan és Villard, 2002). Ezeket az indikátor sajátosságokat

figyelembe véve kutatásunk indikátor szervezeteinek az ágascsapú rákokat (Cladocera) választottuk. Ezek az élőlények elsődlegesen vízhez köthető szervezetek, a Föld minden pontján megtalálhatóak, ahol akár egy csekély mennyiségű összegyűlt víz előfordul. Az ágascsapú rákok (Cladocera) az ízeltlábúak (Arthropoda) törzsébe tartoznak, azon belül is a rákok (Crustacea) altörzsébe. Ezen belül a Branchiopoda osztály Diplostraca alosztály Cladoceromorpha infraosztályának nagyrendjét alkotják (WoRMS, 2020).

A Cladocera fajok világviszonylatban igen nagy fajszámmal jelenhetnek meg. Flössner (1972) első összefoglaló leírásában körülbelül 440 fajra adott következtetéseket, melyet Forró és mtsai. (2008) már 620-ra bővített. A jelenlegi kutatások alapján Vadadi-Fülöp (2010) a tényleges fajszámot már 2000 fölé becsüli, de ez a szám akár jóval magasabb is lehet, mivel a legtöbb Cladocera csoport esetében a genetikai viszonyok még nincsenek teljes pontossággal meghatározva (Petrusek és mtsai., 2004). Mint szinte minden élőlény esetében, az ágascsapú rákok esetében is meg kell említeni, hogy csak olyan élőhelyen fordulnak elő, melyek számukra megfelelőek (Mészáros, 2015), igen érzékenyek arra a mikrohabitatra, amit életterükként használnak (Flössner, 1964; Hann, 1989). Mindezek alapján Korhola és Rautio (2001) munkájukban leírták a Cladocera fajok habitat preferenciáit. A litorális régió nyíltvizének domináns fajai a *Bosmina* és *Simocephalus*, a nyíltvízi (főleg a pelágikus élettér) fajai a *Bosmina*, *Daphnia* és *Leptodora*. Köves aljzathoz kötötten találjuk meg az *Alona*, *Alonopsis* és *Chydorus* fajokat, homokos és agyagos aljzaton az *Alona*, *Chydorus* és *Leydigia*, míg a partmenti makrovegetáció között a *Graptoleberis*, *Alona*, *Pleuroxus*, *Acroperus*, *Disparalona* és *Oxyurella*

fajok fordulnak elő. Fontos azonban megjegyezni, hogy a fentebb említett habitat preferenciákat főleg mély és hideg állóvizek esetében tudták bizonyítani.

A Cladocera fajok közösségszerkezete és egyedsűrűsége igen tág határok között változik vízi környezetben. Gyakran előforduló szervezetek és igen érzékeny indikátorai a környezetben bekövetkező változásoknak (Kurek és mtsai., 2010). Faj-összetételükben és egyedsűrűségükben bekövetkező gyors átalakulásuknak köszönhetően, ökológiai megközelítésben, jól használhatóak különböző környezeti változások nyomon követésében, mint például az eutrofizáció monitorozásában (Korponai és mtsai., 2011). Elterjedésük és diverzitásuk vizsgálatával nyomon követhetjük a különböző szennyezések terjedését (Manca és Comoli, 1995; Piscia és mtsai., 2012), a klímaváltozás víztestekre gyakorolt hatását (Battarbee és mtsai., 2002) és más környezeti problémák hatásait. Ezeken felül fontos szerepet töltenek be a vízi táplálékhálózatokban is. Haltáplálék szervezetek, de egyben a fitoplankton mennyiségét is befolyásolják. Szabályozásuk alapját abban kereshetjük, hogy a ragadozók általi predáció hatására lecsökken a fajok egyedsűrűsége (Persson és mtsai., 2004), kisméretű egyedek kezdenek el domináns szerepet betölteni a közösségen belül (Haberman, 2000), illetve a megmaradt fajok egyedei testméretük csökkentésével reagálnak (Mehner és mtsai., 2016).

Nem csak Magyarországon, de Európában is igen limitált azoknak a kutatásoknak a száma, melyek arra keresnek választ, hogy Cladocera fajok segítségével lehet-e következtetéseket levonni egy víztest hasznosítását illetően, illetve a kezeléseknek milyen hatása van a

közösségek szerkezetére. Korábbi kutatásaink során már kerestük azokat az összefüggéseket, melyek alátámaszthatják a Cladocera fajok habitat preferenciáját (Berta és mtsai., 2014), de eddigi eredményeink alapján ezt hazai vízterekben még nem sikerült tökéletesen igazolni. Gyulai és mtsai. (2018) kutatásuk során bizonyították, hogy a jelentős vízszint ingadozást és az ezzel együtt járó élőhely átalakulások vizsgálatában jó indikátorok az ágascsapú rákok, illetve tanulságot nyert az is, hogy sekély vízterek esetében a habitat kötődések nem mutathatóak ki egyértelműen.

A recens és szubfosszilis Cladocera közösség egyidejű elemzésével kevés tanulmány foglalkozik. Ennek a fajok különböző fosszilizálódási lehetősége és minősége adhat magyarázatot (Hann, 1988). A legnagyobb problémát az jelenti, hogy paleolimnológiai vizsgálatok során nagyfokú torzulások fordulhatnak elő az adott közösség összetételében. A gyengébben kitinizált fajok (például: *Diaphanosoma* sp.) szinte teljes mértékben hiányozhatnak az üledékből, illetve a magas predációs nyomás alatt tartott recens közösség nagyméretű fajai is (Nevalainen, 2011). Ennek ellenére találunk olyan kutatásokat, amelyek leírták a recens és szubfosszilis közösségek közötti kapcsolatokat (Jeppensen és mtsai., 2000; Korponai és mtsai., 2019).

Munkánk során arra törekedtünk, hogy a lehető legátfogóbb képet tudjunk alkotni a vizsgálatba bevont vízterekről, a Cladocera közösségekről, a különböző környezeti tényezőkről, azok egymásra gyakorolt hatásairól, illetve az előforduló különböző hasznosítási formák közösségre gyakorolt hatásairól. Az ágascsapú rákokra vonatkozóan eddig nem látott napvilágot olyan kutatás, tanulmány, amely a víztest

hasznosításának formája és a közösség szerkezetének kapcsolatát írta volna le.

1.1 Célkitűzések

Munkánk során azt a célt tűztük ki, hogy a vízterek különböző hasznosítási formáinak hatásait vizsgáljuk a Cladocera közösség abundancia és diverzitás viszonyainak alakulására. Ugyanis az utóbbi évtizedek során bekövetkezett természetes és antropogén behatások következményeként a biodiverzitás csökkenését lehet megfigyelni. Az általam választott élőlény csoport tagjai érzékenyen reagálnak a környezetükben történő változásra és összetételük, annak változása és indikációs képességük jól jellemzik az adott víztér sajátosságait. Ezek a változások nem csak a recens közösség tagjainak vizsgálatával mutathatóak ki, hanem a már az üledékben akkumulálódott szubfosszilis közösséggel is. Mindezek alapján dolgozatomban az alábbi kérdéseket foglalmaztuk meg:

1. A Cladocera fajok jelzik-e egy holtmeder jelenlegi hasznosítási formáját?
2. Szükséges-e a szűrt vízminták és a recens üledékminták Cladocera közösségének egyidejű vizsgálata ahhoz, hogy a víztér jelenlegi hasznosítási formájának hatását megállapítsuk a közösség összetételére nézve?
3. Milyen hatása van a védett vizes élőhelyeknek a Cladocera közösség diverzitásának fenntartásában?

2. Irodalmi áttekintés

Magyarországon a zooplankton és azon belül is főleg a Cladocera fajokra vonatkozó kutatások igen csekély számban vannak jelen a hasonló témával foglalkozó nemzetközi szakirodalmakkal összehasonlítva. Az első fellelhető munka Daday (1893) nevéhez fűződik, aki kutatása során azt a megfigyelést tette, hogy eltérő tulajdonságú vizekben egymástól különböző fauna alakulhat ki. Ezt követően két jelentősebb kutatás látott napvilágot Cladocera-ra vonatkozóan, de ezek csak mennyiségi, nem minőségi vizsgálatok voltak. Kottász (1913) munkája során bizonyította, hogy a Cladocera fauna változatosabb képet mutat, sekély gyorsan átmelegedő víztestekben, mint mély víztestek esetében. Jungmayer (1914) már utalást tett szezonálisan előforduló, egész évben fellelhető és nyári fajokra. Ezt a megfigyelést Woynárovich (1938) is leírta Tisza menti ártereken visszamaradó víztestekben, hogy a fauna egy tavaszi és egy nyári csoportra osztható. Ahogy fejlődött a tudomány, úgy egyre komplexebb problémakörökkel foglalkozó kutatások láttak napvilágot. Erre jó példa Megyeri (1958; 1960; 1962) munkássága, aki arra a következtetésre jutott, hogy a lokális abiotikus tényezők mellett a víz kémiai sajátosságai a legbefolyásolóbb tényezők az adott víztest fajkészletére.

A 60-as évek közepétől eléggé hiányos adatok vannak a recens Cladocera kutatásokra vonatkozóan. Sebestyén Olga (1965; 1969; 1970; 1971) kutatásai a recens Cladocera magyarországi faunára, melyek főleg a Balaton közösség szerkezetére koncentráltak, hiánypótlóak voltak. Ettől az időtől kezdődően eléggé elhanyagolt élőlénycsoporttá váltak, míg be nem kerültek az Nemzeti Biodiverzitás Monitorozó Rendszer (NBMR) V.

csoportjának tagjai közé. Kiválasztásuk okaként azt fogalmazta meg Forró (1997), hogy nagy elterjedésűek és fontos szerepet töltenek a vizek anyagforgalmában. Fontosságukat abban állapították meg, hogy jelenlét-hiány, testhossz, fajsúly, illetve relatív abundanciájuk (Nédli, 2015) jellemzi az adott víztér állapotát vagy az állapotban bekövetkezett változásokat. Innentől kezdve folyamatosan jelentek meg az egyre komplexebb Cladocera alapú kutatások, melyek a modern kor problematikáival foglalkoztak. Kiss (2004; 2006) kutatása során arra kereste a választ, hogy a Cladocera közösség térben és időben hogyan alakul át, mind diverzitás mind abundancia tekintetében a Duna menti árterületen található víztestekben. Számos közlemény látott napvilágot, amelyek közül a témánk szempontjából a legfontosabbakat emeljük ki. Ezek főként arra irányultak, hogy a nemzetközi publikációkban bizonyított tézisek – melyeket főként mély és hideg víztestekre fogalmaztak meg – igazolhatóak-e hazai állóvizeinkre (Korponai és mtsai., 2010; 2011; Gyulai és mtsai., 2012; Berta és mtsai., 2014). Jelenlegi legnagyobb probléma a szűrt Cladocera közösség vizsgálatában, hogy a zooplankton csoport nem került be az EU Víz Keretirányelv biológiai elemei közé. Ennek következtében sajnálatos módon kezdik elveszíteni kiemelt szerepüket mind a hazai, mind a nemzetközi kutatások terén. Több kutatás is napvilágot látott azóta, melyben bizonyító erejű eredményekre alapozva hangsúlyozzák a zooplankton fontosságát és javasolják az EU VKI minősítésbe történő bevonását (Moss és mtsai., 2003; Jeppesen és mtsai., 2011). Az Egyesült Államok Környezetvédelmi Ügynökség már felismerte a zooplankton fajok fontosságát a biológiai vízminősítésben. Hiánypótlás képen 2016-ban kiadtak egy szabványt (LG403), amely már

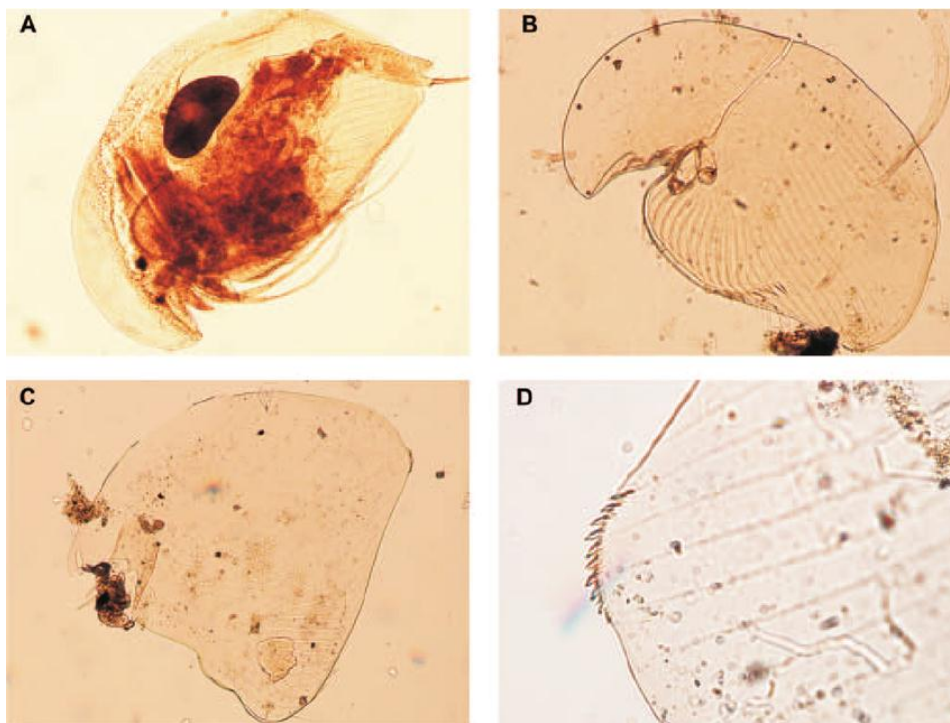
tartalmazza a zooplankton szabványos mintavételét és bevonását a biológiai vízminősítésbe (EPA, 2016).

Nem egyszerű teljes mértékben összefoglalni a Cladocera közösségre vonatkozó kutatási témákat és trendeket (Gulyás, 2000). A kezdeti nehézséget az okozza, hogy a legtöbb faj taxonómiai sajátosságának leírása az 1700-as évek közepére tehető, így a tématerület összefoglalását hasonlóan az 1900-as évek elejétől fejtem ki. Az első legjelentősebb könyv (Lilljeborg, 1900) már az addigra leírt fajok teljes taxonómiai leírásait tartalmazza, illetve elsőként ad leírást az egyes fajok ökológiai szerepéről. A század első két évtizedében főként a Cladocera fajok reprodukciójára koncentráltak a kutatások (Banta, 1916; Smith, 1915; Agar 1914), melyek összefüggésben vannak a hazai irodalom reflektálásával. Ezek közül is a legkiemelkedőbb kutatás Banta (1918) nevéhez fűződik, aki már laboratóriumi kísérletekkel bizonyította különböző fajok reprodukciós stratégiáit és ezeket már abiotikus faktorokkal is összefüggésbe hozta. Ebben az időszakban jelentek meg az első, kifejezetten egy-egy országra/kontinensre vonatkozó általános fajlisták. Ilyen például Stromsten (1920) munkássága, aki kéziratában leírta az okoboji régió édesvízi Cladocera fajkészletét. Igaz, ez még teljes mértékben csak a fajok leírására koncentrált. Számos más terület átfogó fajkészletének leírása is megtörtént, például Közép-Ázsia (Sars, 1903), Ausztrália (Henry, 1919), vagy akár Nebraska (Fordyce, 1904). Az 1920-as évektől kezdődően a kutatások az ökológia sokkal szélesebb spektrumát kezdték lefedni. Megjelentek a kezdetleges kromoszómális vizsgálatok (Banta és mtsai., 1939), a különböző ragadozó-préda kapcsolatokra fókuszáló kutatások (Nurnberger, 1930; Swynnerton és

Worthington, 1940), ezzel egyidejűleg továbbra is a fő kutatási vonal a Cladocera fajok szaporodása köré összpontosult. Ekkor már azonban jóval komplexebb rendszerek között vizsgálták a különböző stratégiákat, ezek közé tartozott a hőmérséklet szerepe a Cladocera életmenetére (Brown és Banta, 1932), illetve a különböző abiotikus faktorok, pl. fény intenzitása és színe (Lumer, 1932), oxigéntartalom (Obreshkove és Banta, 1930). Az átfogó és több környezeti tényezőre kiterjedő vizsgálatok mellett tovább folytatódtak a fajkészlet leírások és a már meglévő irodalmak kiegészítése, felülbírálata (Carl, 1940; Ueno, 1936). A 40-es évektől kezdődően már nem csak a fajkészlet kutatások, diverzitás és abundancia felmérések zajlottak, hanem jóval szélesebb körben kezdték el bevonni a különböző abiotikus és biotikus környezeti tényezőket is. Mai napig is helytálló tanulmányok születtek azzal kapcsolatban, hogy milyen predációs nyomást helyeznek a fitoplankton közösségre vonatkozóan (Burns, 1968; Dumont és mtsai., 1975; Zaret, 1972a, 1972b; Zaret és Suffern, 1976). Ezen felül már az egyes fajok ökológiai szerepeit és sajátosságait is lejegyezték, elsők között a Chydorid nemzetségre vonatkozóan (Whiteside, 1970), majd ezt követően napjainkig folyamatosan zajlanak a leírások és pontosítások. A 80-as évektől megjelent egy új tudományterület – a paleolimnológia –, amely a Cladocerákat, mint biológiai markereket használja a különböző rekonstrukciós vizsgálatokban. Ez az üledék-mintavételek fejlődésének és a mintavételi szabályok standardizálásának volt köszönhető (Hvorslev, 1949).

A paleolimnológiai kutatások már nem kifejezetten a víztestben megtalálható élő Cladocera egyedekre fókuszálnak, hanem az üledékben akkumulálódó, a degradációs folyamatok miatt darabjaira széthullott – az

állat testrészei – maradványokra és azok vizsgálatára összpontosít. A legjelentősebb és egyben a legmeghatározóbb publikáció Frey (1988) nevéhez fűződik, aki elsőnek fogalmazta meg, hogy mi is az a paleolimnológia. Innentől kezdve az élő Cladocera fajok kutatása és az üledék Cladocera maradványainak kutatása kéz a kézben fejlődött, egymást segítve – olykor kritikus szemmel – alakult.

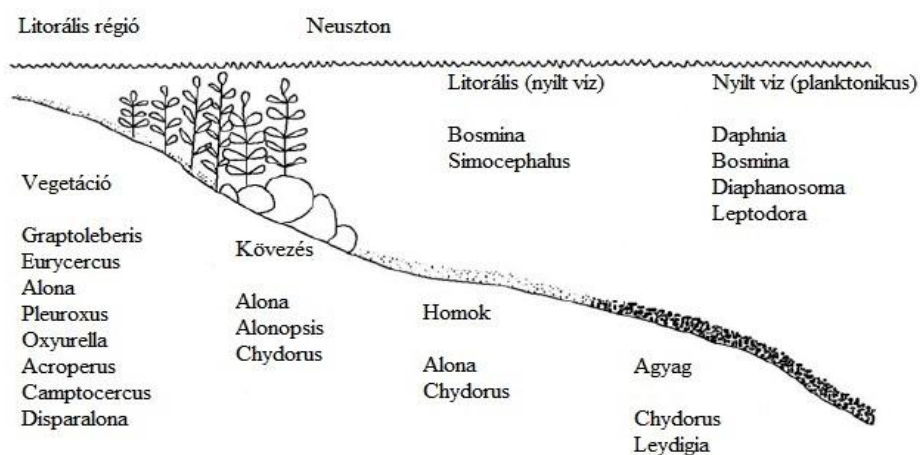


1. ábra. *Acroperus harpae* f. *multidentata* (Baird, 1834) recens példánya (A), illetve szubfossilis maradványai (B – fejpajzs és héj; C – héj; D – héj alsó nyelén elhelyezkedő fogacskák) közötti különbségek szemléltetése (Sinev és mtsai., 2012).

A fajok előfordulásukat tekintve két fő csoportra bonthatók: pelágikus és bentikus fajok csoportjára. Ennek az alap megállapításnak a

tudatában egy víztest életében nem teljes mértékig kielégítő, ha csak a planktonikus fajok alapján próbálunk egy közösséget leírni. Az olyan fajok pl.: *Leydigia leydigi* is, amely kifejezetten agyagos aljzatot kedvelő faj, főleg az üledékhez kötötten fordul elő -, nagy valószínűséggel nem fordulnak majd elő a pelagiálban. Így indokolt mind a két közeg egyidejű vizsgálata (Garcia-Giron és mtsai., 2018). A recens Cladocera populáció vizsgálata alapján következtetéseket vonhatunk le az adott pillanatban tapasztalható diverzitásról – mind taxonómiai, mind genetikai alapon – ezzel ellentétben az akkumulálódott maradványok vizsgálatával a múltbéli állapotokra adhatunk következtetéseket (1. ábra). Az egyik legjobban kutatott tématerület, a zooplankton vízi ökoszisztémában betöltött szerepe köré csoportosul. Vízi környezetben az egyik legfontosabb szerepük a fitoplankton strukturálásában rejlik (McCauley és Briand, 1979; Sterner, 1989), ugyanis mint szűrő szervezetek folyamatosan predációs nyomás alatt tartják táplálékukat. Ezen kívül a táplálékhálózatban, mint közvetítő médiumként helyezkednek az alacsonyabb és magasabb trofitású szintek között (Gliwicz és Pijanowska, 1989). Ezeket a megállapításokat Brodersen és mtsai. (1998) és Nevalainen (2008) szintén igazolta, teljesen más struktúrájú, elhelyezkedésű és típusú vizekben. Szintén fontos tématerület a fokozódó emberi beavatkozások által kiváltott változások vizsgálata. A lényege, hogy a beavatkozások révén megváltoznak a környezeti feltételek, és a különböző változásokra más és más formában reagálnak az egyes fajok. A reagálás főleg abban mutatkozik meg, hogy bizonyos fajok eltűnnek, míg más fajok megjelennek (Smol, 2008), így a közösség monitorozásával gyorsan képet alkothatunk a behatás mértékéről és formájáról. Nyomon követhetővé válnak a vízszintben bekövetkezett

változások (Smol, 2008), valamint a trofikus állapotok változása (Jeppesen és mtsai., 2014). Ezen felül olyan hatások is kimutathatóakká válnak, melyek nyomon követése nem minden esetben egyszerűen megoldható, ilyen például a halközösség átalakulása (plankton fogyasztó halak mennyiségi alakulása) (Bjerring és mtsai., 2009).



2. ábra. Cladocera taxonokra vonatkozó mikrohabitat preferencia, egy komplex víztestben (szerkesztve: Korhola és Rautio, 2001).

Régóta fennálló tény, hogy a Cladocera fajok elterjedése a földön nem hektikus, hanem legfőképpen a szélességi körökhöz kötötten alakult ki (Meijering, 1983). Ez azonban manapság kezd átalakulni, köszönhetően a klimatikus viszonyok megváltozásának. Ennek következtében változás mutatkozik elterjedésükben, szaporodásukban, méretükben, de főleg a fajsza-mok növekedése mutatható ki a legmarkánsabban (Andric és mtsai., 2009). A legnagyobb hatással a hőmérséklet emelkedése van a közösség összetételére, ami az adott élőlény számára pozitív vagy negatív

következményekkel járhat. A hőmérséklet emelkedése folyamán a víztestek átlagos vízmennyisége folyamatos csökkenést mutat, így az átalakuló élőhelyek más és más preferenciájú új fajok megjelenését prognosztizálják (Thienpont és mtsai., 2015). A lecsökkenő vízmennyiség magával hozza a növényzet előretörését a mederben (Korponai és mtsai., 2010), mely következtében a litorális fajok mennyisége megnő, a planktonikus fajok mennyisége pedig lecsökken. Ennek következtében az eredeti közösséget kialakító fajok dominancia és diverzitási viszonyai megváltoznak, új jobban és gyorsabban alkalmazkodó fajok jelennek meg. Korhola és Rautio (2001) leírta az egyes fajok élőhelyhez való kötődését mély és hideg állóvizekben (2. ábra), azonban a hőmérséklet növekedésével időszerű lehet majd a munka revíziója, illetve kiterjesztése sekély, gyorsan felmelegedő víztestekre vonatkozóan is. Ugyanis ezen sekély vízterek Cladocera közössége egy sokkal kisebb mértékű behatásra is drasztikusabban reagálhat, így a folyamatok előrejelzése kisebb léptékben, kevesebb ráfordított energia és anyagi keretek mellett is megvalósítható (Sarmaja-Korjonen, 2002).

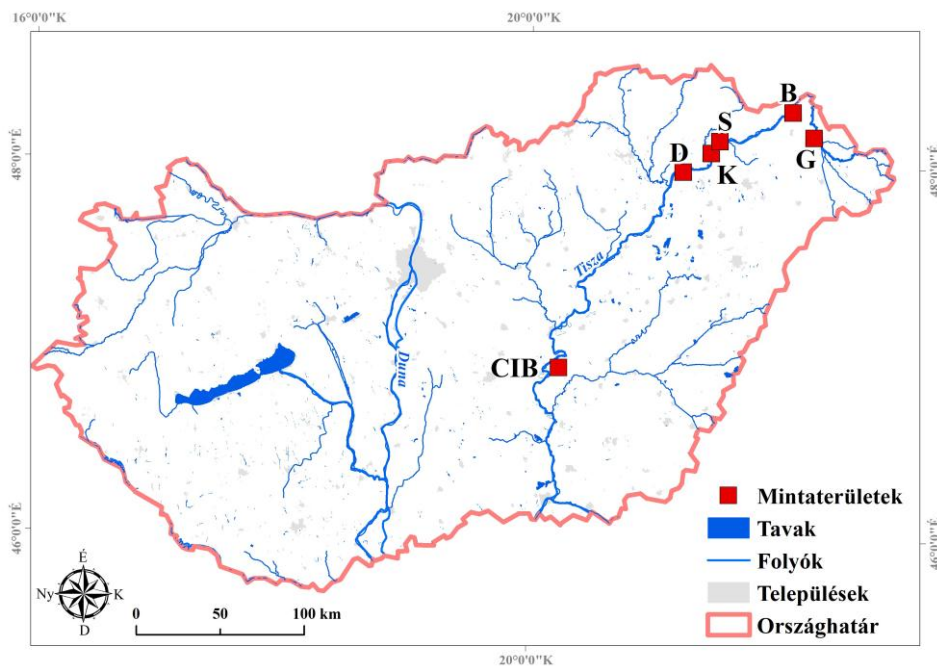
A felszíni víztestek állapotának vizsgálatát Magyarországon az Európai Unió csatlakozás óta az EU VKI-ban megfogalmazott kritériumok és eljárások alapján kell elvégezni. Sajnálatos módon ebben a vizsgálati rendszerben nem kaptak helyet a zooplankton szervezetek, így az ágascsapú rákok sem. A vízi táplálékhálózat egyik nélkülözhetetlen tagjának bevonására vonatkozóan Jeppesen és mtsai. (2011), illetve Moss és mtsai. (2003) javaslatokat fogalmazott meg fontosságukra hivatkozva. Ezzel kapcsolatban számos más tanulmány is napvilágot látott, melyek egyértelműen kimutatták, hogy a VKI-nak tartalmaznia kellene a

zooplankton csoportot (Davidson és mtsai., 2010a; 2010b). Ezzel együtt Magyarországon 2009-ben elindult az Új Magyarország Vidékfejlesztési Program (ÚMVP), mely keretében támogatják a vizes élőhelyek kezelését és védelmét, de a hatástanulmányok csak szárazföldi fajok vizsgálatára vonatkoznak (Kovács és mtsai., 2009; Batáry és mtsai., 2005).

3. Anyag és módszer

3.1 Mintavételi területek bemutatása

Kutatásunkat öt, különböző hasznosítás alatt álló holtmederben végeztük el a Felső-Tisza Gyüre és Tiszadob közötti szakaszán, illetve egy vegyes hasznosítás alatt álló holtmederben a közép-tiszai szakaszon (3. ábra).



3. ábra. Mintavételi területeink elhelyezkedése. Jelölések: G – Gyürei Holt-Tisza, B – Bodonyszögi Holt-Tisza, S – Szabolcsi Holt-Tisza, K – Kis-Zátory tó, D – Tiszadobi Holt-Tisza Malom Tisza mederrendszere, CIB – Cibakházi Holt-Tisza.

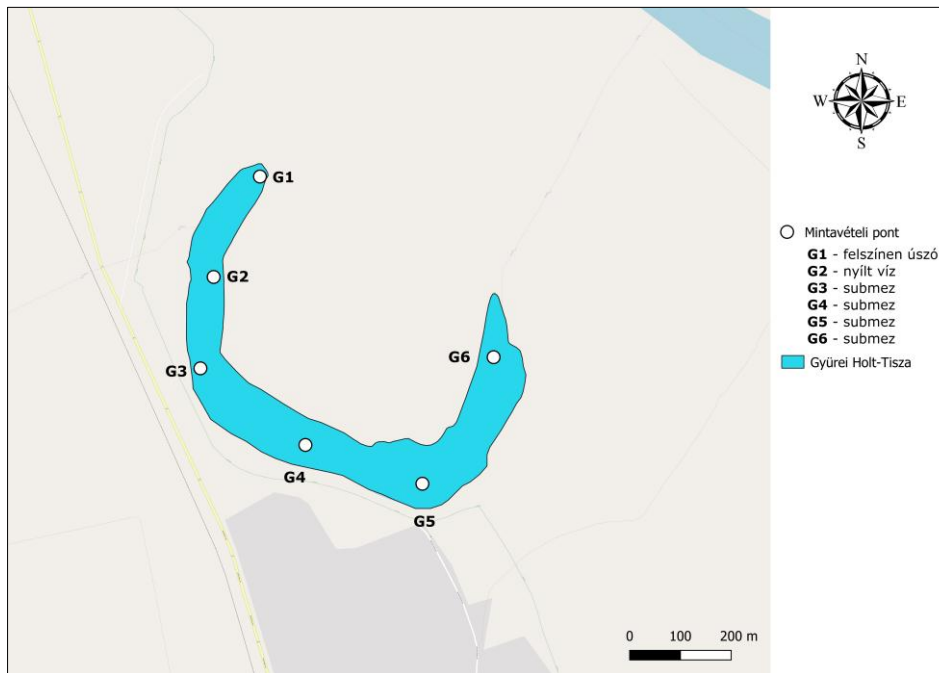
3.1.1 Felső-Tisza Gyüre és Tiszadob közötti szakasz holtmedrei

Kutatásunkat öt, különböző hasznosítás alatt álló holtmederben végeztük el a Felső-Tisza Gyüre és Tiszadob közötti szakaszán, illetve egy vegyes hasznosítás alatt álló holtmederben a közép-tiszai szakaszon (3. ábra). A medrek kiválasztásánál törekedtünk arra, hogy ne legyenek nagy földrajzi távolságok, így a holtmedreket közel azonos mikro-klimatikus viszonyokkal tudjuk jellemezni. Az egységes és könnyen kivitelezhető statisztikai, laboratóriumi vizsgálatok miatt mindegyik Felső-Tisza menti holtmederben 6-6 mintavételi helyet jelöltünk ki úgy, hogy reprezentatív képet alkothassuk meg. A kijelölésnél fontos szempontok voltak a vízmélységek, növény-társulások, illetve a víztest nyíltvizes és makrofita állománnyal benőtt helyeinek változatossága. A növényborítottság jellemzőket úgy adtuk meg, hogy ha több mint 70%-os egynemű borítottság volt a jellemző, akkor csak azt vettük figyelembe.

3.1.1.1 Gyürei Holt-Tisza

A holtmeder mesterségesen létrehozott, a Tisza szabályozása folyamán a14/I. túlfélt kanyarulat átmetszésével alakították ki. Közel szabályos patkó alakú meder, mely a Tisza nyári gáttal védett bal parti hullámterén helyezkedik el (4. ábra). A meder jelenlegi kezelője Gyüre és Aranyosapáti község. A meder teljes hossza 1,4 kilométer, átlagos szélessége 84 méter, területe 12 hektár, illetve átlagos vízmélysége 2 méter körül alakul. Vízutánpótlása nem megoldott, főleg a nyári gát szintjét meghaladó árhullámok által és belvizekből töltődik. A holtmeder jelenlegi

hasznosítása öntözés, nem tartozik természetvédelmi oltalom alá (Pálfai, 2001), a mederben hat mintavételi helyet jelöltünk ki.



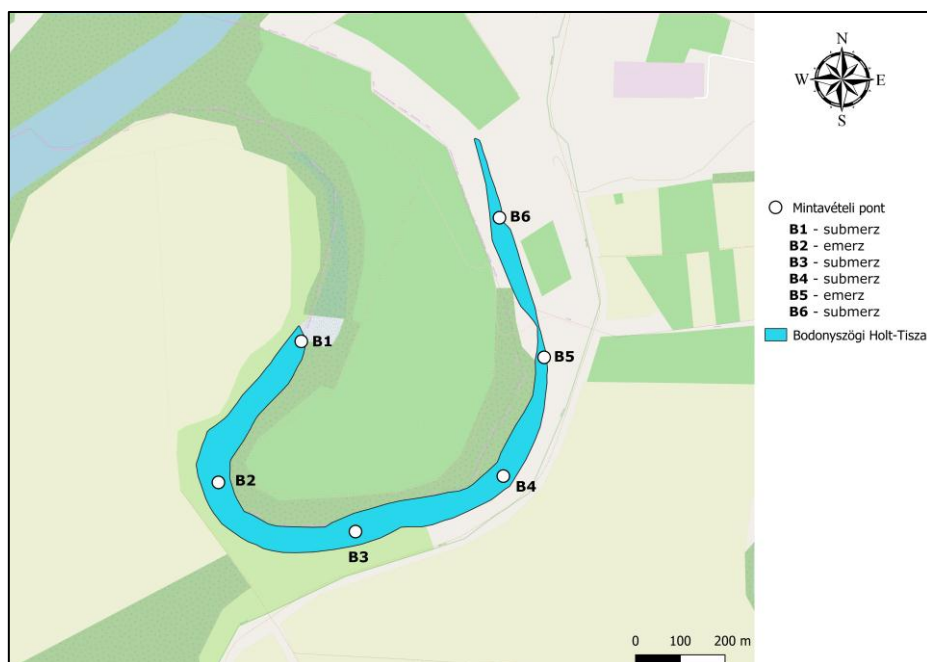
4. ábra. A Gyürei Holt-Tiszán kijelölt hat mintavételi hely

A mintavételi helyek jelölése (makrofita jellemzése) az alábbiak szerint alakultak: G1 – felszínen úszó növényzet, G2 – nyílt víz, G3 – alámerült hínaras, G4 – alámerült hínaras, G5 – alámerült hínaras; G6 – alámerült hínaras.

3.1.1.2 Bodonyszögi Holt-Tisza

A holtmeder a Tisza bal parti hullámterében helyezkedik el, Komoró és Tuzsér községek területén (5. ábra). A meder egy túlfejlett kanyarulat

átmetszésével jött létre a folyószabályozási munkálatok alatt. A meder jelenlegi formájában három lencse alakú szakaszból áll, együttes hosszuk 1,2 kilométer, átlagos szélessége 42 méter, területe 5 hektár, míg legmélyebb pontja nem haladja meg az 1 méteres mélységet (Pálfai, 2001). Vízutánpótlása nem megoldott, árhullámokból, illetve csapadékvízből töltődik. A meder jelenleg horgászati célú hasznosítás alatt áll, nincs természetvédelmi oltalom alatt, a mederben hat mintavételi helyet jelöltünk ki.



5. ábra. Mintavételi helyek a Bodony-szögi Holt Tisza területén.

A mintavételi helyek jelölései a következők: B1 – alámerült hinaras, B2 – emerz növényzet, B3 – alámerült hinaras, B4 – alámerült hinaras, B5 – emerz növényzet, B6 – alámerült növényzet.

3.1.1.3 Szabolcsi Holt-Tisza

A Tisza bal parti hullámterén helyezkedik el és Szabolcs község területéhez tartozik (6. ábra). A holtmeder a folyószabályozás során végrehajtott kanyarulat átmetszéssel alakult ki. Jelenlegi hossza 1 kilométer, átlagos szélessége 60 méter, területe 6 hektár, míg átlagos vízmélysége 1,3 méter (Pálfai, 2001). Vízutánpótlása nem megoldott, csapadékvízből, illetve a Tisza árhullámaiból töltődik. A meder jelenleg rekreációs célú hasznosítás alatt áll, nem tartozik természetvédelmi oltalom alá, a mederben hat mintavételi helyet jelöltünk ki.



6. ábra. Mintavételi helyek a Szabolcsi Holt-Tisza területén.

A mintavételi helyek jelölése a következők: S1 – alámerült hinaras, S2 – emerz növényzet, S3 – alámerült hinaras, S4 – alámerült hinaras, S5 – emerz növényzet, S6 – úszó levelű hinaras.

3.1.1.4 Kis-Zátony tó

A holtmeder Rakamaz és Tiszanagyfalu község között elhelyezkedő övzátonysoron található, a Tisza bal parti hullámterén (7. ábra). A meder sokáig közvetlen kapcsolatban állt a Tisza folyóval, de az 1970-es években nyári gátat építettek, melynek következtében csak a 740 centimétert meghaladó árhullámok öntik el a területet, illetve pótolják a területen elhelyezkedő többi meder vizét. A meder jelenlegi formájában 600 méter hosszúságú, átlagos mélysége 1,5 méter, területe 1,9 hektár, illetve átlagos szélessége 30 méter. A holtmeder része a NATURA 2000 ökológiai hálózatnak, ennek köszönhetően a meder jelenleg nem áll természetvédelmi oltalom alatt, a mederben hat mintavételi helyet jelöltünk ki.



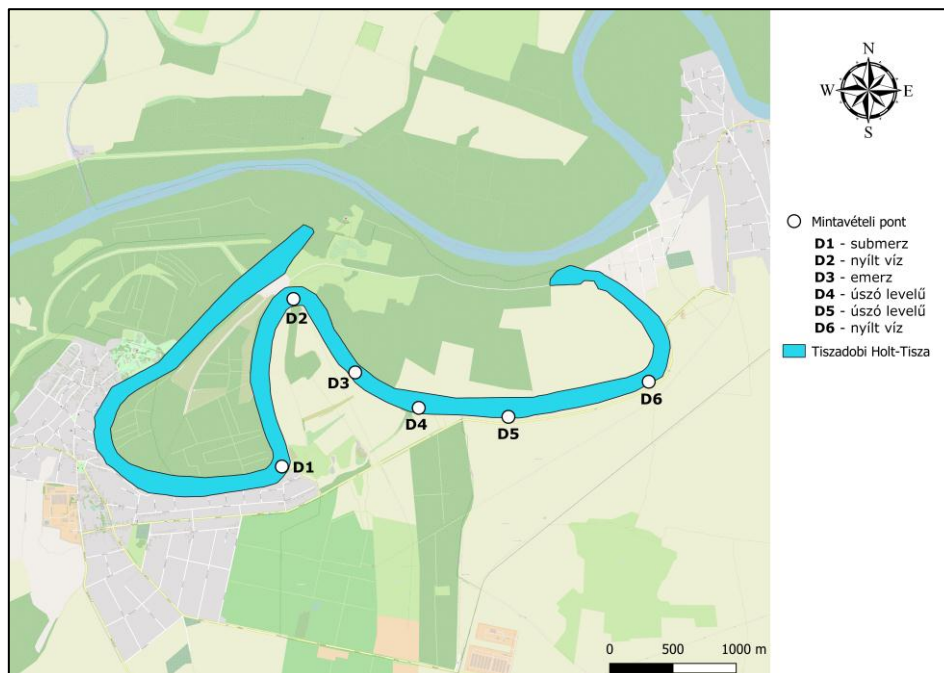
7. ábra. Mintavételi helyek jelölése a Kis-Zátony tavon.

A mintavételi helyek jellemzése a következők: K1 – alámerült hinaras, K2 – úszó levelű hinaras, K3 – úszó levelű hinaras, K4 – nyílt víz, K5 – felszínen úszó növényzet, K6 – emerz növényzet.

3.1.1.5 Tiszadobi Holt-Tisza mederrendszer Malom-Tisza szakasza

A Tisza bal parti hullámterén helyezkedik el, a medret a folyószabályozás legelső szakaszában alakították ki egy kanyarulat átvágásakor. Területileg Tiszadob községhez tartozik. Különlegessége, hogy a hullámtéren található magángát a medret 4 részre osztja, a mederrészek között a víz közlekedése megoldott. A meder teljes hossza 10,8 kilométer, szélessége átlagosan 65 méter, területe 70 hektár és átlagos

vízmélysége 3,1 méter. Vizsgálatunk során a holtmeder Malom-Tisza szakaszán végeztük a kutatást (8. ábra). Vízutánpótlása megoldott, közvetlenül a Tisza folyóból pótolható, de árhullámok alkalmával is töltődik. A Tiszadobi Holt-Tiszát a Malom-Tisza szakasz különleges tájképi adottságainak, értékes növény- és állatvilágának megővése érdekében országos természeti oltalom alá helyezték, illetve a „szentély” típusú holtágak közé sorolták. A másik három mederszakasszal ellentétben, ezen a részen természetes állapotok jellemzik a medret, védettségéből adódóan (Pálfai, 2001). A mederszakaszon hat mintavételi helyet jelöltünk ki.



8. ábra. Mintavételi helyek a Tiszadobi Holt-Tisza Malom-Tisza szakaszán.

A mintavételi helyek jelölései a következők: D1 – alámerült hinaras, D2 – nyílt víz, D3 – emerz növényzet, D4 – úszó levelű növényzet, D5 – úszó levelű növényzet, D6 – nyílt víz.

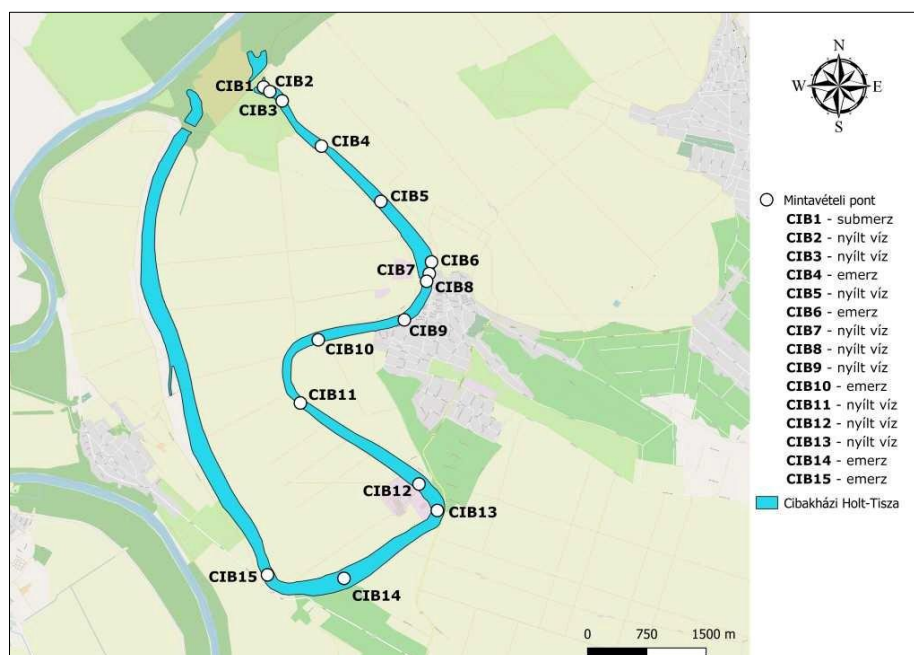
3.1.2 Cibakházi Holt-Tisza

A holtmeder a Közép-Tisza szakaszon helyezkedik el, amit 1856-ban hoztak létre egy túlfejlett kanyarulat átvágásával Cibakháza község területén (9. ábra). A Tisza bal parti mentett oldalán helyezkedik el. A meder teljes hossza 16,9 kilométer, átlagos szélessége 71 méter, átlagos vízmélysége 2,5 méter, területe 120 hektár. Vízutánpótlása megoldott, hullámtéri csatornán közvetlenül tölthető a Tiszából, azonban kisebb bevezető árkok által is töltődik belvizekből. A meder kialakítása következtében három különböző hasznosítási forma alatt áll. Az 1. böge jelenleg természetvédelmi oltalom alatt áll, semmilyen hasznosítási forma nem engedélyezett. A 2. böge intenzíven halásított, jelenleg horgászati és halászati hasznosítás alatt áll. A 3. böge víztározásra és öntözésre kialakított, illetve a környező településen élők számára rekreációs célú fenntartással üzemel (Pálfai, 2001).

A bögek egymástól nem függetlenek, a víz áramlása szempontjából összeköttetésben állnak, de az egyes szakaszok lehatárolása 5x5 centiméteres hálóval megoldott, így a 2. bögében található halállomány elterjedése korlátozott.

A 2. böge esetében a haltelepítés mértéke számokban is kifejezhető a vizsgálat ideje alatt. Tavasszal mintegy 4 tonna fiatal pontyivadék került telepítésre (~0,002 kg/egyed) (a holtmeder kezelője által kibocsátott

jegyzőkönyv alapján), valamint tízezer fiatal csukaivadék. Szakirodalmak igazolják, hogy az ekkora mérettartományú ponty túlélési rátája igen korlátozott, hiszen a legtöbb példány a csukák (Frimpong és Lochmann, 2005) és az evezőlábú rákok (Copepoda) (Boltizár és mtsai., 2017) predációjának áldozatává válik. Egyidejűleg még telepítésre került nagyobb méretű ponty ivadék (~0,1-0,12 kg/egyed), de kutatások igazolták, hogy a nagyobb ragadozók számára ideális méretük miatt nagy kifalás jellemző rájuk (Letcher és mtsai., 1996). A zooplankton közösségre legnagyobb hatást 2550 kilogramm ponty kihelyezése gyakorolta (Specziár, 2010) - ismert táplálkozási stratégiájuknak köszönhetően - mely egyedeket szintén a fenti telepítésekkel együtt helyezték ki.



9. ábra. Mintavételi helyek a Cibakházi Holt-Tisza területén.

A meder területén összesen 15 mintavételi helyet alakítottunk ki, a mintavételi helyeken jellemző borítottság alapján csak nyíltvízes, alámerült hinaras és emerz jelöléseket alkalmaztunk. Az 1. böge esetében hét mintavételi helye lett kijelölve, ezek a következők: CIB1 – alámerült hinaras; CIB2 – nyílt víz; CIB3 – nyílt víz/emerz; CIB4 – emerz; CIB5 – nyílt víz/emerz; CIB6 – nyílt víz/emerz; CIB7 – nyílt víz. A 2. böge esetében öt mintavételi hely lett kijelölve: CIB8 – nyílt víz; CIB9 – nyílt víz; CIB10 – emerz; CIB11 – nyílt víz; CIB12 – nyílt víz/emerz. A 3. bögén három mintavételi hely lett kijelölve: CIB13 – nyílt víz; CIB14 – emerz/nyílt víz; CIB15 – emerz borítottság volt a jellemző.

3.2 Terepi mintagyűjtés, helyszíni mérések, laboratóriumi feltárás és a vízminták meghatározása

3.2.1 Felső-Tisza menti holtmedrek

A terepi mintagyűjtést megelőzően mind az öt meder esetében egy előzetes terepbejárás keretei között, felmértük a holtmedrek állapotát, illetve kijelöltük a potenciális mintavételi helyeket. A minták begyűjtése 2016 júliusában történt. Mindegyik mintavételi helyen megtörtént az üledékminták begyűjtése. A mintavétel gravitációs mintavevővel történt (Glew, 1991), azonban nem használtuk fel a teljes üledékoszlopot, hanem csak a felső 1 centiméter lágy üledéket gyűjtöttük be. Erre azért volt szükség, hogy ne több év vagy évtizedhez tartozó maradványokat is bevonjunk a kutatásba. Az üledékmintákat zárható edényekben hűtve tároltuk a laboratóriumba érkezésig.

Az üledékből történő Cladocera feltárást Korhola és Rautio (2001) standard módszerében leírtak alapján végeztük el. Minden mintából egy-egy köbcentiméter üledéket használtunk, melyeket 100 milliliter 10%-os KOH (kálium-hidroxid) oldatba helyeztük és ezt az elegyet 30 percen keresztül, időszakos keverés mellett 70 °C-on melegítettük. A melegítést Stuart SWB6D típusú laboratóriumi vízfürdővel végeztük el. Ezt követően az egyes mintákat 35 mikrométer lyukbőségű szitán szűrtük át, majd a mintákat csapvízzel mostuk le, közben a nagyobb méretű növényi törmelékeket eltávolítottuk a szita felületéről. A leszűrt mintákat 15 milliliteres centrifuga csövekbe töltöttük desztillált víz segítségével. Az így feltárt mintákat 24 órára ülepedni hagytuk, majd ezt követően a felesleges desztillált vizet leszívtuk, 96%-os Patosolv alkohollal (etil-alkohol és izopropanol keveréke) tartósítottuk és a fajra történő határozás segítése érdekében pár csepp Safranin-glicerín (safranin festék és glicerín 1:10 keveréke) oldatot adtunk hozzájuk. Ennek az eljárásnak azért van jelentősége, mivel a KOH-dal történő kezelés hatására a kitin teljesen átlátszóvá válik, így az mikroszkóp alatt szinte észrevehetetlen Safranin-glicerín festés nélkül, a tartósítás pedig meggátolja a gombák elszaporodását a mintákban (Sweetman és Smol, 2006; Kattel és Augustinus, 2010).

Az így elkészített mintákból történt a Cladocera maradványok fajszerű határozása. Minden mintát 100 mikro literenként hordtuk fel a tárgylemezre automata pipetta segítségével. Minden sorra következő tárgylemez előtt a mintát felkevertük annak érdekében, hogy elkerüljük a kiülepedés miatt kialakuló egyenetlen maradványeloszlást a centrifugacsövekben. A fajra történő meghatározást Olympus BX 53

típusú fénymikroszkóp segítségével végeztük el 10-100-as nagyítás alatt. Határozókulcsnak Szeroczyńska és Sarmaja-Korjonen (2007) és Frey (1987) határozókönyveit használtuk fel. Minden egyes tárgylemezt teljesen átvizsgáltunk annak érdekében, hogy elkerüljük a maradványok nem uniformális eloszlását. A maradványokat meghatároztuk, feljegyeztük, minimum 400 maradvány/200 egyed bevonásával mintánként. A dolgozatban, a továbbiakban az üledék Cladocera közösségét, gyűjtőnévként szubfosszilis közösségként említjük.

Az üledékmintákhoz tartozó vízmintákat merítéses módszerrel gyűjtöttük másfél literes műanyag palackokba, majd a laboratóriumba érkezésig hűtve tároltuk. A vízminták kémiai vizsgálata során meghatároztuk a minták KOI^{PS} (kémiai oxigénigény) értékeit. A kémiai oxigénigény a vízben lévő oxidálható anyagok mennyiségéről ad kvantitatív értékeket. Az eljárás lényege, hogy a vízben lévő anyagokat ismert mennyiségű kálium-permanganáttal eloxidáljuk, majd ismert mennyiségű oxálsavat adunk a mintákhoz, és KMnO₄ oldattal visszatitráljuk. Ezt követően a standardra kapott fogyást kivonjuk a titrált mennyiségből, és így kapjuk meg a pontos KOI értéket (MSZ 448-20:1990). A vízminták Fe²⁺ és Mn²⁺ tartalmának meghatározásához ICP-AES használtunk.

Minden egyes mintavételi helyen megtörtént a mélység és átlátszóság mérése, amit Secchi koronggal (Preisendorfer, 1986) végeztünk el. Ezen kívül megmértük a vezetőképességet és pH értékeket, Hach HQ 40d, Cat No. 58258-00 típusú terepi műszerrel.

Az eredményként kapott egyedsűrűségekben a különböző holtmedrekben nagy különbségek jelentkeztek, így az eredeti adatainkat

negyedik gyök transzformáció segítségével standardizáltuk annak érdekében, hogy kiküszöböljük a statisztikai hibák lehetőségét. Annak érdekében, hogy megtudjuk milyen mértékben és mitől függ a holtmedrek egymástól való eltérése, a transzformált adatokra nem metrikus multidimenziós skálázást (NMDS) végeztünk. Az NMDS analízishez Gower hasonlósági koefficienszt használtunk, a számítást PAST v. 2.17c szoftver csomaggal (Hammer és mtsai., 2001) végeztük. A holtmedrek hasznosítására vonatkozóan elvégeztünk egy Indikátor Faj analízist (IndVal), mégpedig arra vonatkozóan, hogy jelentkezik-e olyan faj, mely összeköttetésbe hozható a hasznosítás milyenségével. Az analízist transzformálatlan adatokra végeztük el, IndVal indexre (De Cáceres és Legendre, 2009) vonatkoztatva. Az IndVal számításához az R (ver.2.13.1, Core Team, 2010) programnyelvet használtuk De Cáceres és Jensen (2015) által kiszámított *indicspecies* programcsomag segítségével. Az IndVal analízis eredményének tesztelésére a holtmedrek fajközösségére elvégeztünk egy klasszifikációs fa analízist (RTA) (De'Ath és Fabricius, 2000), azonban itt már csak azokra a fajokra koncentráltunk, amelyek mindegyik holtmederben megtalálhatóak voltak.

3.2.2 A Cibakházi Holt-Tisza

A minták begyűjtése 2013 júliusában történt. A mintavételi helyeken elsőnek a nyíltvíz és a növényzeti borítottság jegyeztük le. Ezután következett a zooplankton mintavétele, melyhez egy szabvány Schindler-Patalas féle planktoncsapdát használtunk (Schindler, 1969). A szűréshez 35 mikrométeres lyukbőségű hálót alkalmaztunk annak érdekében, hogy a

legkisebb mérettartományú egyedeket és azok testrészeit is megfoghassuk. Mindegyik mintavételi ponton 30-30 liter vizet szűrtünk át. Helyszínen, minden mintavételi hely esetében megtörtént a víz fizikai-kémiai paramétereinek a mérése, ezeket lejegyeztük, majd digitalizáltuk. A méréshez egy YSI EXO2 (Yellow Springs Instrument Company, Xylem, 599502-01) típusú multi paraméteres szondát alkalmaztunk. Az egységgel meghatározott környezeti változók a következők: hőmérséklet, oldott oxigén koncentráció, vezetőképesség és a pH. Ezen kívül megtörtént a mintavételi helyek átlátszóság és mélység mérése is, melyet Secchi korong (Preisendorfer, 1986) használatával végeztük el. A vízminták begyűjtését egyszerű merítéses módszerrel végeztük másfél literes műanyag flakonokba, megvételük után azonnal hűtődobozba raktuk a mintákat. Üledékmintákat egy 6 cm hengerátmérőjű gravitációs mintavevővel (WaterMark®) gyűjtöttünk. Az üledékoszlopokból, csak a felső lágy üledékréteg felső 1 centiméteres szeletét használtuk fel. A mintákat zárható műanyagdobozokban, hűtve tároltuk a feldolgozásukig.

A vízminták laboratóriumi vizsgálata során elvégeztük a klorofill-a, oldott lebegőanyag, orto-foszfát és az oldott szerves nitrogén meghatározást. A klorofill-a meghatározást acetonos kioldással és fotometrálassal végeztük el az EPA 445.0 szabvány alapján. Az orto-foszfát meghatározását két reagenses kolorimetriás módszerrel határoztuk meg az EPA 365.3 szabvány alapján. A minták oldott lebegőanyag tartalmának vizsgálatát gravimetriás úton határoztuk meg az EPA 160.2 szabványnak megfelelően. Az oldott szerves nitrogén meghatározást az EPA 1687 szabványnak megfelelően végeztük el, kolorimetriás úton.

A vízből szűrt recens Cladocera mintákat első körben újra átszűrtük egy 35 mikrométer lyukbőségű szitán, majd 50 milliliteres centrifuga csövekbe helyeztük és 96 %-os Patosolv-alkohollal tartósítottuk. A fajszintű határozás segítése érdekében pár csepp Safranin-glicerín oldattal festettük a mintákat. A dolgozatban, a továbbiakban a vízből szűrt Cladocera közösséget recens Cladocera közösséggént említjük.

A begyűjtött üledékmintákból laboratóriumi körülmények között meghatároztuk a szerves anyag és kalcium-karbonát tartalmakat. Első lépésben minden mintából Petri-csészékbe kikentünk körülbelül 5 gramm üledéket, amiket tömegállandósági 105 °C-on egy Memmert UF55 típusú szárítószekrényben szárítottunk. Ezután a kiszárított mintákat achát mozsárban elporítottuk, így egy teljesen homogén állagú és keveredett mintát kapunk. Ezt követően az egyes mintákból 1 gramm elporított üledéket ismert tömegű porceláncsészékbe helyeztük. A szerves anyag meghatározásához a mintákat négy óra felfűtési idő mellett négy óra hőn tartással 550 °C-on izzítottuk egy Nabertherm L 4/11/B410 típusú izzító kemencében. A minták súlyvesztéséből számoltuk az eredeti tömegre vonatkoztatott szerves anyag tartalmát. A mintákat tartalmazó kerámia csészéket visszahelyeztük az izzító kemencébe négy óra felfűtési idő mellett kettő óra hőn tartási idővel 950 °C-ra. Az itt képződött tömegcsökkenés alapján kalkuláltuk az eredeti (kiindulási) tömegre viszonyított kalcium-karbonát tartalmát. A feltárást Bengtsson és Enell (1986), Dean (1974) alapján végeztük el. A számoláshoz használt képletek a következők:

Szerves anyag tartalom:

$$IV_{550} = ((szt_{105} - IV_{550}) / szt_{105}) * 100$$

Kalcium-karbonát tartalom:

$$IV_{950} = ((szt_{550} - IV_{950}) / szt_{105}) * 100$$

Jelölések: IV= izzított veszteség, szt= száraz tömeg

Az üledékből történő Cladocera feltárást a már a 3.2.1-es alfejezetben leírtaknak megfelelően végeztük el Korhola és Rautio (2001) standard módszere alapján. Ezen felül a mintákból történő Cladocera faj szintű meghatározás és az ehhez alkalmazott eljárások is ugyan azok voltak.

A recens fajok meghatározásához Frey (1986), Gulyás és Forró (1999) és Bledzki és Rybak (2016) határozó könyveit használtuk, míg a szubfosszilis maradványok határozásához Szeroczyńska és Sarmaja-Korjonen (2007) és Frey (1987) határozókönyveit alkalmaztuk. Eredményeinket egyed/cm³ értékre átszámítva adtuk meg. A dolgozatban, a továbbiakban az üledék Cladocera közösségét, gyűjtőnévként szubfosszilis közösséggént említjük.

A recens és a szubfosszilis Cladocera eredményekre vonatkozóan elvégeztünk egy diverzitás particionálást „adespatial” csomagot (Dray és mtsai., 2018) használva. Ebben az analízisben SDR-simplex módszert (Podani és Schmera, 2011) alkalmaztunk. Az eljárást azért végeztük el, hogy képet alkothassunk azzal kapcsolatban, hogy milyen mértékű eltérés/hasonlóság van a két típusú Cladocera közösség szerkezetében. A technika lényege, hogy a gamma diverzitást további elemekre osztja,

kiszámítja a fajkicserélődést (RepL), fajgazdagság különbözőséget (RichDiff) és a hasonlóságot (Sørensen-hasonlóság). Az elemek párosításából pedig megkapjuk a béta-diverzitást (RepL meg RichDiff), beágyazottságot (RichDiff meg hasonlóság) és végül a faj gazdagság megegyeződést (hasonlóság meg RepL). Az eredmények vizuális megjelenítését R programnyelv (CoreTeam, 2018) segítségével végeztük el. A mintavételi helyeken megjelenő közösségek egyedsűrűségeire elvégzett Simpson-diverzitás számításokat PAST (PAleontological STatistics) (Hammer és mtsai., 2001) program segítségével végeztük el. Nem metrikus multidimenziós skálázást (NMDS) alkalmaztunk arra vonatkozóan, hogy kimutassuk a Cladocera közösség közötti hasonlóságokat. Rogers-Tanimoto indexet alkalmaztunk arra, hogy mérjük a hasonlóságot a fajok között, míg Bray-Curtis indexet alkalmaztunk annak érdekében, hogy megmérjük a különbözőségeket az egyedsűrűség eloszlások között a két közösségben (Legendre és Legendre, 1998). Az NMDS az objektumok párosított különbségét ábrázolja egy alacsony dimenziós térben (általában két dimenzió), amely megtartja a párhuzamos hasonlóságok és/vagy különbségek rangjait.

4. Eredmények

4.1 Felső-Tisza menti holtmedrek

A vizsgálatba bevont, már fentebb említett, öt darab holtmederben összesen 34 különböző faj egyedeinek maradványait találtuk meg az üledék vizsgálata során. A legmagasabb fajszám a természetvédelmi oltalom alatt álló Tiszadobi Holt-Tisza Malom-Tisza szakaszában volt, ahol 26 különböző faj maradványai kerültek elő a mikroszkópos vizsgálat folyamán. A második legmagasabb fajszámot a Gyürei Holt-Tisza esetében találtuk, itt összesen 24 fajt sikerült azonosítanunk, míg a Bodonyszögi Holt-Tisza esetében a kutatás ideje alatt 22 faj egyedeit mutattuk ki. A kettő legalacsonyabb fajszámot a Kis-Zátony tó (19 faj) és a Szabolcsi Holt-Tisza (csak 13 faj) esetében figyeltük meg (F1-F5. táblázatokban).

4.1.1 A vizsgálat során kimutatott Cladocera fajok

A Tiszadobi Holt-Tisza (továbbiakban D) Malom-Tisza esetében a 24 közül 10 faj volt, amelyik mindegyik mintavételi helyen előfordult (1. táblázat). Ezek az *Acroperus harpae* (Baird, 1835), az *Alona guttata* (Sars, 1862), a *Bosmina coregoni* (Baird, 1857), a *B. longirostris* (O.F. Müller, 1785), a *Camptocerus rectirostris* (Schoedler, 1862), a *Chydorus gibbus* (Sars, 1890), a *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller, 1785), a *Leydigia leydigi* (Schoelder, 1863), a *Pleuroxus laevis* (Sars, 1862) és a *P. uncinatus* (Baird, 1850). Négy olyan fajt találtunk meg, mely csak kifejezetten egy

mintavételi helyen jelent meg. Ezek az *A. affinis* (Leydig, 1860), a *B. (E.) longispina* (Leydig, 1860), a *C. fennicus* (Stenroos, 1898) és a *L. acanthocercoides* (Fischer, 1854).

1. táblázat. A Tiszadobi Holt-Tisza mederrendszerének Malom-Tisza szakaszán kimutatott szubfosszilis Cladocera közösség fajainak jelenlét/hiány adatai.

Fajok	D1	D2	D3	D4	D5	D6
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1835)	x	x	x	x	x	x
<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)					x	
<i>A. guttata</i> (Sars, 1862)	x	x	x	x	x	x
<i>A. intermedia</i> (Sars, 1862)	x		x			
<i>A. quadrangularis</i> (O.F. Müller, 1776)	x	x	x	x	x	
<i>A. rectangula</i> (Sars, 1862)				x	x	
<i>A. exigua</i> (Lilljeborg, 1853)	x	x	x	x	x	
<i>A. nana</i> (Baird, 1843)	x	x	x	x	x	
<i>Bosmina (Eu) coregoni</i> (Baird, 1857)	x	x	x	x	x	x
<i>B. (Eu) longispina</i> (Leydig, 1860)					x	
<i>B. longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	x	x	x	x	x	x
<i>Camptocercus fennicus</i> (Stenroos, 1898)					x	
<i>C. rectirostris</i> (Schoedler, 1862)	x	x	x	x	x	x
<i>Chydorus gibbus</i> (Sars, 1890)	x	x	x	x	x	x
<i>C. piger</i> (Sars, 1862)				x	x	
<i>C. sphaericus</i> (O.F. Müller, 1785)	x	x	x	x	x	x
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1848)		x	x	x	x	x
<i>Leydigia acanthocercoides</i> (Fischer, 1854)					x	
<i>L. leydigi</i> (Schoedler, 1863)	x	x	x	x	x	x
<i>Oxyurella tenuicaudis</i> (Sars, 1862)	x		x	x	x	x
<i>Pleuroxus laevis</i> (Sars, 1862)	x	x	x	x	x	x
<i>P. trigonellus</i> (O.F. Müller, 1785)	x	x	x	x	x	
<i>P. truncatus</i> (O.F. Müller, 1785)		x	x	x		
<i>P. uncinatus</i> (Baird, 1850)	x	x	x	x	x	x
<i>Pseudochydorus globosus</i> (Baird, 1843)	x		x	x	x	

A Bodonyszögi Holt-Tisza (továbbiakban B) esetében megtalált 22 fajból összesen 4 olyan volt, amelyik mindegyik mintavételi helyen

megjelent (2. táblázat). Ezek a *B. (E.) coregoni* (Baird, 1857), a *B. (E.) longispina* (Leydig, 1860) és a *B. longirostris* (O.F. Müller, 1785). Három olyan faj került elő, melyek kifejezetten csak egy mintavételi helyen jelentek meg, ezek az *Oxyurella tenuicaudis* (Sars, 1862), a *P. trigonellus* (O.F. Müller, 1785) és a *P. truncatus* (O.F. Müller, 1785).

2. táblázat. A Bodonyszögi Holt-Tiszában kimutatott szubfosszilis Cladocera közösség fajainak jelenlét/hiány adatai.

Fajok	B1	B2	B3	B4	B5	B6
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1835)	x	x		x	x	
<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)	x			x	x	
<i>A. guttata</i> (Sars, 1862)	x	x	x			
<i>A. intermedia</i> (Sars, 1862)	x	x	x	x		x
<i>A. quadrangularis</i> (O.F. Müller, 1776)	x			x	x	x
<i>A. rectangula</i> (Sars, 1862)	x		x			x
<i>Bosmina (Eu) coregoni</i> (Baird, 1857)	x	x	x	x	x	x
<i>B. (Eu) longispina</i> (Leydig, 1860)	x	x	x	x	x	x
<i>B. longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	x	x	x	x	x	x
<i>Camptocercus rectirostris</i> (Schoedler, 1862)		x		x	x	
<i>Chydorus gibbus</i> (Sars, 1890)	x			x	x	
<i>C. sphaericus</i> (O.F. Müller, 1785)	x	x	x	x	x	x
<i>Disparalona rostrata</i> (Koch, 1841)	x	x			x	
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1848)	x	x		x	x	x
<i>L. leydigi</i> (Schoedler, 1863)			x		x	x
<i>Oxyurella tenuicaudis</i> (Sars, 1862)	x					
<i>Pleuroxus laevis</i> (Sars, 1862)	x	x	x		x	x
<i>P. trigonellus</i> (O.F. Müller, 1785)				x		
<i>P. truncatus</i> (O.F. Müller, 1785)			x			
<i>P. uncinatus</i> (Baird, 1850)	x				x	x
<i>Pseudochydorus globosus</i> (Baird, 1843)	x			x	x	

A Szabolcsi Holt-Tisza (továbbiakban S) 13 megtalált fajai közül 4 faj került elő mindegyik mintavételi helyen (3. táblázat). Ezek az *A. guttata* (Sars, 1862), a *B. (E.) coregoni* (Bairs, 1857), a *B. longirostris* (O. F.

Müller, 1785) és a *C. sphaericus* (O.F. Müller, 1785). Három olyan fajt azonosítottunk, melyek csak egy mintavételi helyhez kötötten fordultak elő, ezek a *B. (Eu.) longispina* (Leydig, 1860), a *Daphnia* sp. – a maradvány magán hordozta a határozó bélyeget, de teljes bizonyossággal nem lehetett meghatározni – és a *P. trigonellus* (O.F. Müller, 1785).

3. táblázat. A Szabolcsi Holt-Tiszában kimutatott szubfosszilis Cladocera közösség fajainak jelenlét/hiány adatai.

Fajok	S1	S2	S3	S4	S5	S6
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1835)				x	x	
<i>A. guttata</i> (Sars, 1862)	x	x	x	x	x	x
<i>Bosmina (Eu.) coregoni</i> (Baird, 1857)	x	x	x	x	x	x
<i>B. (Eu.) longispina</i> (Leydig, 1860)				x		
<i>B. longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	x	x	x	x	x	x
<i>Chydorus gibbus</i> (Sars, 1890)		x		x		x
<i>C. sphaericus</i> (O.F. Müller, 1785)	x	x	x	x	x	x
<i>Daphnia</i> sp.			x			
<i>Leydigia acanthocercoides</i> (Fischer, 1854)				x		x
<i>L. leydigi</i> (Schoedler, 1863)		x			x	
<i>Pleuroxus laevis</i> (Sars, 1862)		x		x	x	x
<i>P. trigonellus</i> (O.F. Müller, 1785)				x		
<i>Pseudochydorus globosus</i> (Baird, 1843)	x			x	x	

A Kis-Zátony tó (továbbiakban K) esetében a meghatározott 19 fajból öt faj került elő mindegyik mintavételi helyen (4. táblázat). Ezek az *A. harpae* (Baird, 1835), az *A. quadrangularis* (O.F. Müller, 1776), az *Alonella excisa* (Fischer, 1854), a *B. longirostris* (O.F. Müller, 1785), illetve a *C. sphaericus* (O.F. Müller, 1785). Egyetlen olyan fajt sem találtunk, mely kifejezetten egy mintavételi helyhez kötődött volna.

4. táblázat. A Kis-Zátony tóban kimutatott szubfosszilis Cladocera közösség fajainak jelenlét/hiány adatai.

Fajok	K1	K2	K3	K4	K5	K6
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1835)	x	x	x	x	x	x
<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)	x	x	x	x	x	
<i>A. guttata</i> (Sars, 1862)		x		x	x	x
<i>A. quadrangularis</i> (O.F. Müller, 1776)	x	x	x	x	x	x
<i>A. rectangula</i> (Sars, 1862)	x		x	x	x	x
<i>Alonella excisa</i> (Fischer, 1854)	x	x	x	x	x	x
<i>A. exigua</i> (Lilljeborg, 1853)		x	x	x	x	x
<i>Bosmina (Eu) coregoni</i> (Baird, 1857)	x	x	x	x		
<i>B. (Eu) longispina</i> (Leydig, 1860)	x	x	x	x		x
<i>B. longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	x	x	x	x	x	x
<i>Camptocercus rectirostris</i> (Schoedler, 1862)			x	x		
<i>Chydorus gibbus</i> (Sars, 1890)	x		x	x		x
<i>C. sphaericus</i> (O.F. Müller, 1785)	x	x	x	x	x	x
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1848)		x	x	x	x	x
<i>Kurzia latissima</i> (Kurz, 1875)				x	x	x
<i>Pleuroxus laevis</i> (Sars, 1862)		x	x	x	x	x
<i>P. trigonellus</i> (O.F. Müller, 1785)	x	x		x		
<i>P. truncatus</i> (O.F. Müller, 1785)		x		x		
<i>P. uncinatus</i> (Baird, 1850)		x	x	x		x

A Gyüre-i Holt-Tisza (továbbiakban G) esetében a 24 megtalált fajból 10 faj került elő mindegyik mintavételi helyről (5. táblázat). Ezek az *A. harpae* (Baird, 1835), az *Alona affinis* (Leydig, 1860), az *A. guttata* (Sars, 1862), az *A. rectangula* (Sars, 1862), *B. (E.) coregoni* (Baird, 1857), a *B. longirostris* (O.F. Müller, 1785), a *B. longirostris* (O.F. Müller, 1785), a *C. sphaericus* (O.F. Müller, 1785), a *P. laevis* (Sars, 1862), illetve a *Pseudochydorus globosus* (Baird, 1843). Három olyan fajt határoztunk meg, melyek csak egy mintavételi helyhez kötötten fordultak elő. Ezek az *A. nana* (Baird, 1843), az *Alonopsis elongata* (Sars, 1862), illetve a *P. uncinatus* (Baird, 1850).

5. táblázat. A Gyürei Holt-Tiszában kimutatott szubfosszilis Cladocera közösség fajainak jelenlét/hiány adatai.

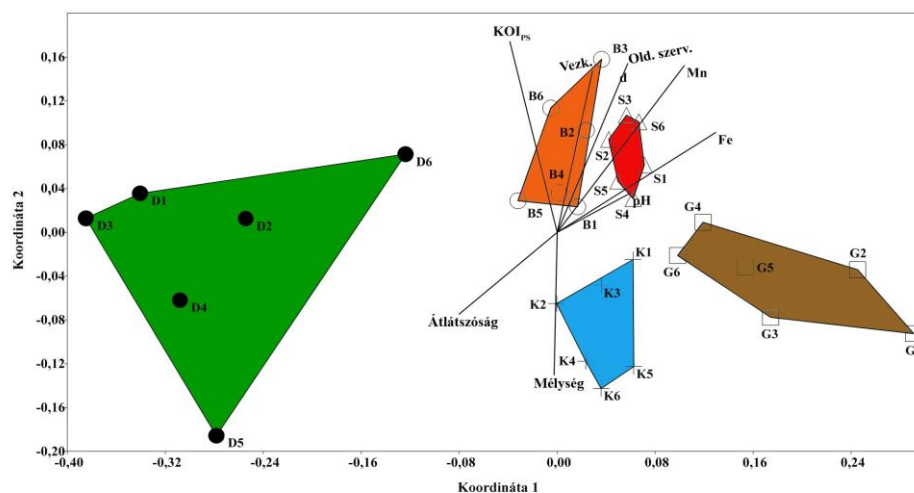
Fajok	G1	G2	G3	G4	G5	G6
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1835)	x	x	x	x	x	x
<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)	x	x	x	x	x	x
<i>A. costata</i> (Sars, 1862)	x	x		x		
<i>A. guttata</i> (Sars, 1862)	x	x	x	x	x	x
<i>A. quadrangularis</i> (O.F. Müller, 1776)	x	x	x		x	x
<i>A. rectangula</i> (Sars, 1862)	x	x	x	x	x	x
<i>A. exigua</i> (Lilljeborg, 1853)		x	x	x		
<i>A. nana</i> (Baird, 1843)	x					
<i>Alonopsis elongata</i> (Sars, 1862)	x					
<i>Bosmina (Eu) coregoni</i> (Baird, 1857)	x	x	x	x	x	x
<i>B. (Eu) longispina</i> (Leydig, 1860)	x	x	x	x	x	x
<i>B. longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	x	x	x	x	x	x
<i>Camptocercus fennicus</i> (Stenroos, 1898)	x		x			
<i>C. lilljeborgi</i> (Schoedler, 1862)	x	x			x	
<i>Chydorus gibbus</i> (Sars, 1890)	x		x	x	x	x
<i>C. sphaericus</i> (O.F. Müller, 1785)	x	x	x	x	x	x
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1848)	x	x	x	x		x
<i>Kurzia latissima</i> (Kurz, 1875)				x		
<i>L. leydigi</i> (Schoedler, 1863)	x	x		x	x	x
<i>Monospilus dispar</i> (Sars, 1861)	x	x	x			
<i>Oxyurella tenuicaudis</i> (Sars, 1862)	x	x	x			x
<i>Paralona pigra</i> (Sars, 1862)	x	x	x			x
<i>Pleuroxus laevis</i> (Sars, 1862)	x	x	x	x	x	x
<i>P. uncinatus</i> (Baird, 1850)	x					
<i>Pseudochydorus globosus</i> (Baird, 1843)	x	x	x	x	x	x

Vizsgálataink során összesen csupán két olyan fajt találtunk, amelyik mindegyik vizsgált holtmeder összes mintavételi helyén előfordult. Jellemző rájuk, hogy magas tolerancia küszöbvel rendelkeznek, illetve világviszonylatban is igen nagy elterjedésűek. Ez a két faj a

Bosmina longirostris (O.F. Müller, 1785), illetve a *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller, 1785).

4.1.2 A kutatásba bevont holtmedrek elkülönülése biotikus és abiotikus változók alapján

A mintavételi helyekre elvégzett NMDS (Nem metrikus dimenziós skálázás) eredménye alapján, a vizsgálatba bevont holtmedrek nem mutatnak átfedést (10. ábra), a medrek jól elkülönülnek egymástól. A legnagyobb elkülönülést, a Tiszadobi Holt-Tisza (D) esetében figyelhetjük meg, ami azzal magyarázható, hogy ebben a mederben nagyobb átlátszóságot mértünk, a többi mederhez viszonyítva.

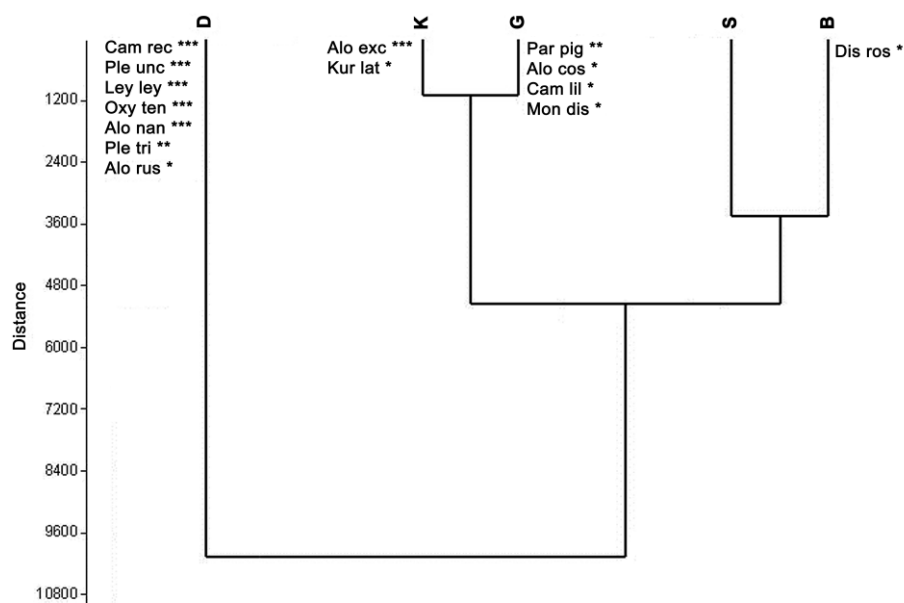


10. ábra. A kutatásba bevont holtmedrek mintavételi helyeinek Cladocera fajaira elvégzett nem metrikus multidimenziós skálázás (NMDS). A nyilak iránya és hossza jelzi a biotikus és abiotikus változók és az ordinációs tengelyek közötti kapcsolat erősségét. Jelölések: ● = Tiszadobi Holt-Tisza mederrendszert Malom-Tisza szakasza (D1-D6); ○ = Bodonyszögi Holt-Tisza (B1-B6); △ = Szabolcsi Holt-Tisza (S1-S6); □ = Gyürei Holt-Tisza (G1-G6); + = Kis-Zátony tó (K1-K6).

A Kis-Zátony tó (K) esetében pozitív korreláció figyelhető meg a mélységgel, míg a többi környezeti változó negatívan korrelált a holtmeder mintavételi helyein megtalált Cladocera közösségre. A kettő horgászati hasznosítás alatt álló holtmeder, a Bodonyszögi (B) és Szabolcsi Holt-Tisza (S) elég nagyfokú hasonlóságot mutat egymással. Hat környezeti változó (Kémiai oxigén igény (COD), oldott szerves anyag-tartalom (Susp), mangán-tartalom (Mn^{2+}), vas-tartalom (Fe^{2+}), pH és vezetőképesség (Cond) pozitívan korrelált a két meder esetében, habár a mélység (Depth) és az átlátszóság (Trans) negatívan korrelált. Az ábra alapján azt a következtetést is levonhatjuk, hogy a hasonló hasznosítás alatt álló medrek elkülönülése vagy hasonlósága jól megmutatkozik. Az NMDS stressz értéke 0,1508; ami elég magas érték, de Clarke (1993) kutatása alapján ezzel az értékkel rendelkező eljárás még használható. Az elfogadható értéknek azt jelölte meg, hogy az adott kimutatás stressz értékének 0,20 alatt kell lennie, ami esetünkben fennáll.

4.1.3 Indikátor faj analízis

A mintavételi helyeken megtalált fajkészletre elvégeztük egy IndVal (Indikátor érték) analízist (11. ábra). Ezzel az analízissel az volt a szándékunk, hogy meghatározzuk azokat a lehetséges Cladocera fajokat, amelyek indikátor szerepet tölthetnek be az adott meder hasznosítási formájára. Ez az indikátor érték számszerűsíti az egyes fajok hűségét és specifikusságát az adott mintavételi területen, a vizsgálatba bevont további holtmedrekhez viszonyítva.



11. ábra. A vizsgálatba bevont mintavételi területek IndVal analízise a szignifikánsan indikátor értékkel rendelkező fajok feltüntetésével (* = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$). Az öt darab mintavételi holtmeder jelölései: D= Tiszadobi Holt-Tisza mederrendszer Malom-Tisza szakasza, S= Szabolcsi Holt-Tisza, B= Bodonyszögi Holt-Tisza, G= Gyürei Holt-Tisza, K= Kis-Zátony tó. (Cam rec = *Camptocercus rectirostris*, Ple unc = *Pleuroxus uncinatus*, Ley ley = *Leydigia leydigi*, Oxy ten = *Oxyurella tenuicaudis*, Alo nan = *Alonella nana*, Ple tri = *Pleuroxus trigonellus*, Alo rus = *Alona rustica*, Alo exc = *Alonella excisa*, Kur lat = *Kurzia latissima*, Par pig = *Paralona pigra*, Alo cos = *Alona costata*, Cam lil = *Camptocercus lilljeborgi*, Mon dis = *Monospilus dispar*, Dis ros = *Disparalona rostrata*).

Az analízis eredménye azt mutatja, hogy a vizsgált öt darab holtmeder esetében 14 faj mutatott szignifikáns indikátor értéket az adott holtmedrekre vonatkoztatva. A Tiszadobi Holt-Tisza (D) esetében hét faj mutatott szignifikáns indikátor értéket. Ebből a hét Cladocera fajból három olyan jelent meg, amely a másik négy holtmeder esetében nem került elő. Mindhárom faj esetében a mederhűség (fidelity) egyenlő volt 1-el. A

szignifikancia erőssége alapján ***-gal jelöltük az erősen szignifikáns Cladocera fajok ($p < 0,001$), **-gal a közepesen szignifikáns Cladocera fajokat ($p > 0,001 < 0,05$) és *-gal alacsony szignifikanciával rendelkező Cladocera fajokat ($p > 0,05$).

Az analízis hét darab szignifikáns Cladocera fajt rendelt a Tiszadobi Holt Tiszához (D), ezen belül is öt darab mutatott erős szignifikanciát, egy-egy darab pedig közepes és alacsony szignifikancia szinten jelent meg. Legmagasabb értékkel jelent meg a *Camptocercus rectirostris* (Schoedler, 1862) (iv (indikátor érték) = 0,974; $p = 0,001$; hűség = 1,000), a *Pleuroxus uncinatus* (Baird, 1850) (iv = 0,945; $p = 0,001$; hűség = 1,000) és a *Leydigia leydigi* (Schoedler, 1863) (iv = 0,919; $p = 0,001$; hűség = 1,000). A további négy Cladocera faj is szignifikáns értékkel jelent meg, azonban alacsonyabb hűségi szintekkel. Ezek a fajok az *Oxyurella tenuicaudis* (Sars, 1862) (iv = 0,908; $p = 0,001$; hűség = 0,833), az *Alonella nana* (Baird, 1843) (iv = 0,897; $p = 0,001$; hűség = 0,833), a *Pleuroxus trigonellus* (O.F. Müller, 1785) (iv = 0,871; $p = 0,002$; hűség = 0,833) és az *Alona rustica* (Scott, 1895) (iv = 0,707; $p = 0,026$; hűség = 0,500) voltak.

A Kis-Zátony tó (K) esetében az analízis kettő szignifikáns értékkel rendelkező Cladocera fajt mutatott ki, mindkettő csak ebben a holtmederben fordult elő. Magas szignifikancia szinttel jelentkezett az *Alonella excisa* (Fischer, 1854) (iv = 1,000; $p = 0,001$; hűség = 1,000) és alacsony szignifikancia szinttel a *Kurzia latissima* (Kurz, 1874) (iv = 0,626; $p = 0,041$; hűség = 0,500).

A Gyürei Holt-Tisza (G) esetében négy Cladocera faj jelent meg szignifikáns indikátor értékkel. Közepes szignifikancia szinttel jelent meg

a *Paralona pigra* (Sars, 1862) ($iv = 0,816$; $p = 0,004$; $hűség = 0,667$), míg alacsony szignifikancia szinttel jelent meg az *Alona costata* (Sars, 1862) ($iv = 0,707$; $p = 0,020$; $hűség = 0,500$), a *Camptocercus lilljeborgi* (Schoedler, 1862) ($iv = 0,707$; $p = 0,025$; $hűség = 0,500$) és a *Monospilus dispar* (Sars, 1861) ($iv = 0,707$; $p = 0,019$; $hűség = 0,500$). Mind a négy faj esetében kijelenthetjük, hogy csak ebben a mederben fordultak elő. Érdekesség képen elmondható, hogy az *Alonopsis elongata* (Sars, 1862) faj is előfordult ebben a mederben. Azonban összesen 1 mintavételi helyen és csekély egyedszámmal (6 egyed), így magyarázható az, hogy nem mutatott szignifikáns indikátor értéket.

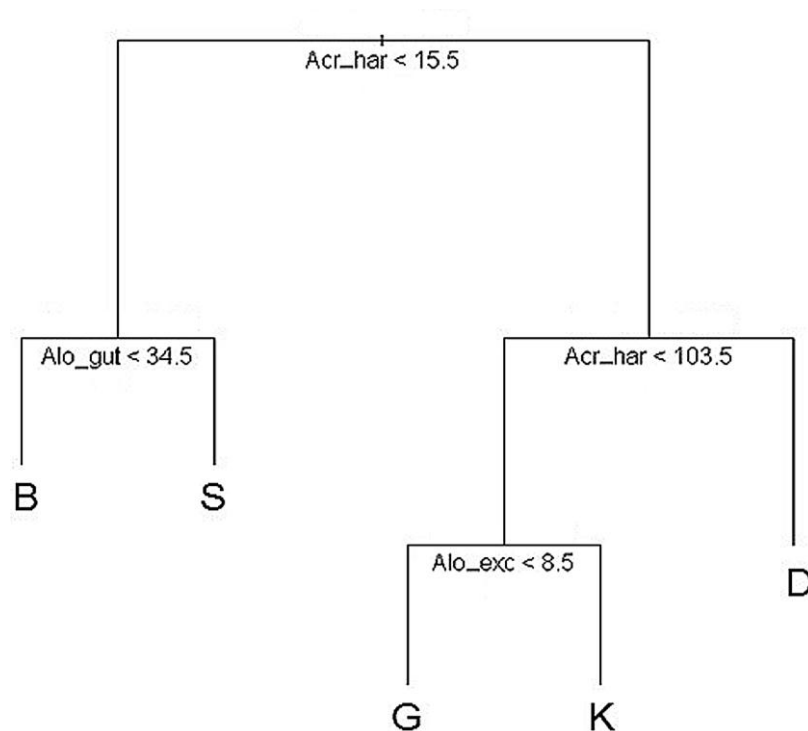
A Bodonyszögi Holt-Tisza területén (B) egy Cladocera faj jelentkezett alacsony szignifikancia értékkel, a *Disparalona rostrata* (Koch, 1841) ($iv = 0,707$; $p = 0,026$; $hűség = 0,500$). Az analízis során a Szabolcsi Holt-Tisza (S) esetében a vizsgálat során megtalált 34 Cladocera fajból egyetlen egy sem jelent meg szignifikáns indikátor értékkel ebben a mederben.

4.1.4 Regressziós fa analízis

Ellentétben az IndVal analízissel, amely a teljes fajkészlet vonatkozásában kereste azokat a fajokat, amik indikátorai lehetnek az adott hasznosítási formának, lefutattunk egy Regressziós fa analízist is (12. ábra). Az analízis alapját azok a Cladocera fajok alkotják, amelyek gyakori megjelenésű fajoknak tekinthetők a vizsgált medrek esetében. A holtmedrek elkülönülésére alkalmazott módszer alapját három faj egyedsűrűségére végeztük el. Ezek a fajok, az *Acroperus harpae* (Baird,

1853), az *Alona guttata* (Sars, 1862) és az *Alonella excisa* voltak. A mintavételi helyek osztályozásának hatékonysága a holtmedrekben nagyon jónak tekinthető, a rossz helyre történő besorolás 3% volt. Ez azt jelenti számunkra, hogy az összes mintavételi hely (30 darab) közül csak egyet sorolt be tévesen.

Az analízis eredménye alapján elmondható, hogy a Bodonyszögi Holt-Tisza (B) és a Szabolcsi Holt-Tisza (S) külön ágra került a másik három vizsgált holtmederhez képest.



12. ábra. A mintavételi holtmedrekre elvégzett regressziós fa analízis, az elágazás alapjául szolgáló fajok feltüntetésével (Acr_har= *Acroperus harpae*, Alo_gut= *Alona guttata*, Alo_exc= *Alonella excisa*) és az elágazási index pontszámaival. Jelölések: D= Tiszadobi Holt-Tisza mederrendszer Malom-Tisza szakasza, S= Szabolcsi Holt-Tisza, B= Bodonyszögi Holt-Tisza, G= Gyürei Holt-Tisza, K= Kis-Zátony tó.

Az elsőfokú elkülönülés annak köszönhető, hogy az *Acroperus harpae* faj egyedsűrűsége ebben a kettő holtmederben alacsonyabb volt, mint 15,5 egyed/cm³. A két holtmeder azonos ágon lévő elkülönülésében

jelentős szerepet játszik az *Alona guttata* faj egyedsűrűsége. A Bodonyszögi Holt-Tisza (B) alacsonyabb egyedsűrűséggel jellemezhető ($<34,5$ egyed/cm⁻³), a holtmeder mintavételi helyeinek az *A. guttata* egyedsűrűsége 0 és 33 egyed/cm⁻³ között alakult. A Szabolcsi Holt-Tisza (S) a fent említettel ellentétben magasabb egyedsűrűséggel jellemezhető ($> 34,5$ egyed/cm⁻³), mintavételi helyeinek *A. guttata* egyedsűrűsége 36 és 191 egyed/cm⁻³ között alakult.

A fennmaradó három holtmeder első fokú elkülönülése annak köszönhető, hogy ezekben a medrekben az *A. harpae* faj egyedsűrűsége meghaladja a 34,5 egyed/cm⁻³-t. Az egyedsűrűség a mintavételi helyeken 20 és 767 egyed/cm⁻³ között alakult. A másodfokú elkülönülés során a Tiszadobi Holt-Tisza (D) teljes elkülönülést mutatott a Gyürei Holt-Tiszától (G) és Kis-Zátony tótól. Az elkülönülés alapját ebben az esetben is az *A. harpae* faj egyedsűrűsége adta. A faj egyedsűrűsége nagyobb, mint 103,5 egyed/cm⁻³, a holtmederben az *A. harpae* egyedsűrűsége 125 és 767 egyed/cm⁻³ között alakult. A Gyürei Holt-Tisza (G) és Kis-Zátony tó közepes *A. harpae* egyedsűrűséggel jellemezhető ($> 15,5$ egyed/cm⁻³ - $<103,5$ egyed/cm⁻³). A két meder harmadfokú elkülönülését az *A. excisa* faj egyedsűrűsége adta. Az *A. excisa* alacsonyabb egyedsűrűsége jellemezte a Gyürei Holt-Tiszát (G) ($<8,5$ egyed/cm⁻³), köszönhetően annak, hogy a holtmederben nem találtuk meg magát a fajt. A Kis-Zátony tóra (K) azonban magasabb *A. excisa* egyedsűrűség érték volt jellemző (17 és 200 egyed/cm⁻³). Itt meg kell, jegyezzük, hogy az *A. excisa* faj csak a Kis-Zátony tóban fordult elő, azonban ott, mindegyik mintavételi helyen.

4.2 Cibakházi Holt-Tisza

4.2.1 Biotikus és abiotikus változók alakulása a Cibakházi Holt-Tiszában

A Cibakházi Holt-Tisza mélysége a 15 mintavételi helyen 0,36 és 6,22 méter között változott, a medren belül a sekélyebb mederrészek a védett területen találhatóak. A holtmeder mintavételi helyein mért átlátszóság és pH értékekben nem volt számottevő térbeli változatosság. Ez azzal magyarázható, hogy a holtmeder gyengén lúgos kémhatású, kisebb fluktuációval (pH = 7,6-8,9), míg az átlátszóság maximálisan 0,77 m-nél alakult a mintavételi helyeken (6. táblázat).

6. táblázat. Abiotikus és biotikus változók a Cibakházi Holt-Tisza három különböző hasznosítás alatt álló mederrészében. Minimum, maximum és medián értékek feltüntetésével.

	Védett terület			Halásított terület			Rekreációs terület		
	Min.	Max.	Med.	Min.	Max.	Med.	Min.	Max.	Med.
Vezetőképesség ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$)	398	788	424	709	1018	829	1142	1215	1180
Mélység (m)	0,49	4,74	0,77	0,76	3,62	1,15	0,36	6,22	1,76
Oldott szervesetlen nitrogén (mg/L^{-1})	0,76	3,27	1,91	0,63	1,55	1,27	0,67	1,43	0,93
Oldott oxigén (mg/L^{-1})	1,27	9,84	4,36	7,1	10,7	8,09	3,62	9,25	6,84
Nyíltvízes felszín (%)	0	100	60	15	100	100	5	100	50
Orto-foszfát (mg/L^{-1})	0	0,6	0,05	0	0	0	0	0,29	0,01
pH	7,6	8,6	7,9	8,3	8,7	8,5	7,8	8,9	8,7
Lebegőanyag (mg/L^{-1})	0,6	9,6	1,8	1,8	2,9	2,3	1,8	3,1	2,7
Átlátszóság (m)	0,39	0,77	0,59	0,46	0,64	0,54	0,36	0,73	0,73
CaCO_3 (%)	1,67	10,51	7,07	2,15	16,12	6,25	2,36	6,87	5,79
Szervesanyag-tartalom (%)	7,99	78,28	9,9	1,03	25,81	15,06	2,59	30,8	15,1
Klorofill-a (mg/m^{-3})	2,17	22,18	7,07	7,98	11,09	7,07	5,65	13,65	13,44
Alámerült hínaras borítottság (%)	0	91	0	0	5	0	0	5	0

A mintavételi helyek vezetőképességében, klorofill-a és szerves anyag tartalmában nagy különbségeket tapasztaltunk. A három különböző hasznosítás alatt álló mederrészben a vezetőképesség 398 és 1215 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-3}$, legalacsonyabb érték a védett területen jelentkezett, míg a legmagasabb érték a rekreációs területen. A legmagasabb élő alga biomassa (klorofill-a) koncentrációkat a védett mederrészben mutattuk ki (22,18 mg/L^{-1}), míg a legmagasabb átlagértékkel a rekreációs terület rendelkezett. A szerves anyag-tartalom esetében is megfigyelhető ez a trend. A mintavételi helyek orto-foszfát tartalma nagyon alacsony volt, egyetlen esetben haladta meg a 0,5 mg/L^{-1} -es értéket, ami a védett területen található. Szintén a védett mederrészben találtuk meg a legmagasabb alámerült hínaras borítottságot, lebegőanyag- és szerves anyag tartalmat.

4.2.2 A Cibakházi Holt-Tisza vizsgálat során kimutatott Cladocera fajok

A Cibakházi Holt-Tisza vizsgálata során összesen 28 Cladocera faj egyedeit azonosítottuk a recens és szubfosszilis közösségen belül. Ez a 28 faj négy Cladocera család egyedei között oszlott meg, ezek a *Bosminidae*, *Chydoridae*, *Daphniidae* és *Moinidae*.

A vizsgálat során megtalált 28 Cladocera fajból 13 volt olyan, amelyiket a recens és a szubfosszilis közösségben is megtaláltunk. Összesen 4 olyan Cladocera fajt találtunk, amelyik csak a recens Cladocera közösségben fordult elő. Ezek a *Moina micrura* (kurz, 1875), a *Bosmina longispina* (Leydig, 1860), a *Camptocercus rectirostris* (Schoedler, 1862) és a *Daphnia longispina* (O.F. Müller, 1776) voltak, míg összesen 10 Cladocera faj, csak a szubfosszilis közösségben jelent meg. Ezek a

következőek voltak, a *Pseudochydorus globosus* (Baird, 1843), a *Pleuroxus uncinatus* (Baird, 1850), a *Pleuroxus trigonellus* (O.F. Müller, 1785), a *Disparalona rostrata* (Koch, 1841), az *Alona affinis* (Leydig, 1860), az *Alona costata* (Sars, 1862), az *Alona rustica* (Scott, 1895), a *Leydigia leydigi* (Schoedler, 1863), a *Paralona pigra* (Sars, 1862), és az *Unapertura latens* (Sarmaja-Korjonen és mtsai., 2000). A recens Cladocera közösség domináns fajai a *Bosmina coregoni* (Baird, 1857), a *Bosmina longirostris* (O.F. Müller, 1785) és a *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller, 1785). A szubfosszilis Cladocera maradványok jelentős része a *Chydoridae* család tagjai, azon belül is főleg az *Alona intermedia* és a *C. sphaericus* faj dominanciája jellemző (F6-F8. táblázatok).

7. táblázat. A Cibakházi Holt-Tisza védett mederrészában kimutatott recens és szubfosszilis Cladocera közösség fajainak jelenlét/hiány adatai. Rövidítések: A= recens, F= szubfosszilis.

	CIB1		CIB2		CIB3		CIB4		CIB5		CIB6		CIB7	
	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1835)												x		
<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)														x
<i>A. costata</i> (Sars, 1862)		x									x			
<i>A. guttata</i> (Sars, 1862)		x			x	x	x	x			x		x	
<i>A. intermedia</i> (Sars, 1862)	x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	
<i>A. rectangula</i> (Sars, 1862)	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x		
<i>Alonella excisa</i> (Fischer, 1854)		x							x	x			x	x
<i>A. exigua</i> (Lilljeborg, 1853)		x					x		x					x
<i>A. nana</i> (Baird, 1843)											x			x
<i>Bosmina</i> (E.) <i>coregoni</i> (Baird, 1857)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>B. longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Camptocercus rectirostris</i> (Schoedler, 1862)	x													
<i>Chydorus gibbus</i> (Sars, 1890)		x	x				x		x	x	x			x
<i>C. sphaericus</i> (O.F. Müller, 1785)	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Disparlona rostrata</i> (Koch, 1841)		x			x									
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1848)	x	x					x		x		x	x	x	
<i>Leydigia leydigi</i> (Schoedler, 1863)											x			x
<i>Moina micrura</i> (Kurz, 1875)	x		x		x									
<i>Pleuroxus laevis</i> (Sars, 1862)	x	x			x	x	x		x	x	x	x	x	x
<i>P. trigonellus</i> (O.F. Müller, 1785)		x									x			
<i>Pseudochydorus globosus</i> (Baird, 1843)		x					x		x					
<i>Unapertura latens</i> (Sarmaja-Korjonen et al., 2000)									x					

A Cibakházi Holt-Tisza védett mederrészában megtalált 22 darab Cladocera fajból kettő jelent meg mindegyik mintavételi helyen, mind a recens, mind a szubfosszilis közösségben (7. táblázat). Ez a két faj a *Bosmina coregoni* (Baird, 1857) és a *B. longirostris* (O.F. Müller, 1785) volt. A mederrész esetében jól megfigyelhető, hogy a szubfosszilis Cladocera közösségben több faj jelent meg. A mintavételi helyek esetében hét darab olyan Cladocera faj volt, amelyik csak az üledékből került elő. Ezek az *Acroperus harpae* (Baird, 1835), az *Alona affinis* (Leydig, 1860), az *Alonella exigua* (Lilljeborg, 1853), a *Disparlona rostrata* (Koch, 1841), a *Leydigia leydigi* (Schoedler, 1863), a *Pleuroxus trigonellus* (O.F.

Müller, 1785) és az *Unapertura latens* (Sarmaja-Korjonen és mtsai., 2000). Illetve kettő olyan Cladocera faj volt, amelyiket csak a recens közösségben találtuk meg, ez a *Camptocercus rectirostris* (Schoedler, 1862) és a *Moina micrura* (Kurz, 1875).

8. táblázat. A Cibakházi Holt-Tisza halasított mederrészában kimutatott recens és szubfosszilis Cladocera közösség fajainak jelenlét/hiány adatai. Rövidítések: A= recens, F= szubfosszilis.

	CIB8		CIB9		CIB10		CIB11		CIB12	
	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1835)		x				x		x		
<i>A. guttata</i> (Sars, 1862)		x		x		x		x		x
<i>A. intermedia</i> (Sars, 1862)		x			x	x		x	x	x
<i>A. rectangula</i> (Sars, 1862)					x				x	
<i>Alonella excisa</i> (Fischer, 1854)										x
<i>A. exigua</i> (Lilljeborg, 1853)		x		x						x
<i>A. nana</i> (Baird, 1843)						x				
<i>Bosmina</i> (E.) <i>coregoni</i> (Baird, 1857)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>B. (E.) longispina</i> (Leydig, 1860)									x	
<i>B. longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Chydorus gibbus</i> (Sars, 1890)						x				
<i>C. sphaericus</i> (O.F. Müller, 1785)		x	x	x	x	x		x	x	x
<i>Daphnia longispina</i> (O.F. Müller, 1776)									x	
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1848)		x				x		x	x	
<i>Leydigia leydigi</i> (Schoedler, 1863)		x		x		x				x
<i>Moina micrura</i> (Kurz, 1875)	x				x		x		x	
<i>Oxyurella tenuicaudis</i> (Sars, 1862)								x		
<i>Paralona pigra</i> (Sars, 1862)						x				
<i>Pleuroxus laevis</i> (Sars, 1862)		x		x		x		x		x
<i>P. trigonellus</i> (O.F. Müller, 1785)		x								x

A Cibakházi Holt-Tisza biomanipulált területén összesen 20 Cladocera faj egyedeit találtuk meg a vizsgálat során (8. táblázat). Ebben a területi egységben is kettő olyan Cladocera faj volt, amelyik mindegyik mintavételi hely recens és szubfosszilis közösségéből is előkerült. Ezek a

fajok a *Bosmina coregoni* (Baird, 1857) és a *Bosmina longirostris* (O.F. Müller, 1785) voltak. A 20 fajból 11 olyan volt, amelyik csak a mintavételi helyek szubfosszilis közösségében jelent meg. Ezek a fajok, az *Acroperus harpae* (Baird, 1835), az *Alona guttata* (Sars, 1862), az *Alonella excisa* (Fischer, 1854), az *Alonella exigua* (Lilljeborg, 1853), az *Alonella nana* (Baird, 1843), a *Chydorus gibbus* (Sars, 1890), a *Leydigia leydigi* (Schoedler, 1863), az *Oxyurella tenuicaudis* (Sars, 1862), a *Paralona pigra* (Sars, 1862), a *Pleuroxus laevis* (Sars, 1862) és a *Pleuroxus trigonellus* (O.F. Müller, 1785). Ezen kívül 4 olyan faj került elő, amelyik csak a recens Cladocera közösségre volt jellemző. Ezek a fajok az *Alona rectangula* (Sars, 1862), a *Bosmina longispina* (Leydig, 1860), a *Daphnia longispina* (O.F. Müller, 1776) és a *Moina micrura* (Kurz, 1875).

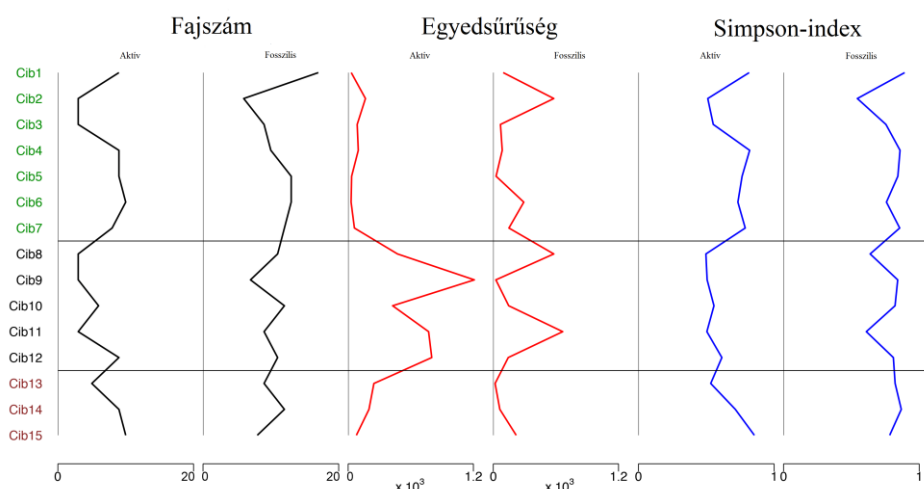
9. táblázat. A Cibakházi Holt-Tisza rekreáció célú mederrészában kimutatott recens és szubfosszilis Cladocera közösség fajainak jelenlét/hiány adatai. Rövidítések: A= recens, F= szubfosszilis.

	CIB13		CIB14		CIB15	
	R	S	R	S	R	S
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1835)					x	
<i>A. guttata</i> (Sars, 1862)					x	x
<i>A. intermedia</i> (Sars, 1862)	x	x	x	x		x
<i>A. rectangula</i> (Sars, 1862)		x	x		x	
<i>A. rustica</i> (Scott, 1895)		x				
<i>Alonella excisa</i> (Fischer, 1854)				x		
<i>A. exigua</i> (Lilljeborg, 1853)			x			
<i>A. nana</i> (Baird, 1843)			x			
<i>Bosmina</i> (E.) <i>coregoni</i> (Baird, 1857)	x	x	x	x	x	x
<i>B. (E.) longispina</i> (Leydig, 1860)	x		x			
<i>B. longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	x	x	x	x	x	x
<i>Chydorus gibbus</i> (Sars, 1890)				x		
<i>C. sphaericus</i> (O.F. Müller, 1785)		x	x	x	x	x
<i>Daphnia longispina</i> (O.F. Müller, 1776)	x		x			
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1848)			x	x	x	
<i>Leydigia leydigi</i> (Schoedler, 1863)				x		x
<i>Moina micrura</i> (Kurz, 1875)	x		x		x	
<i>Pleuroxus laevis</i> (Sars, 1862)		x		x	x	x
<i>P. trigonellus</i> (O.F. Müller, 1785)						x
<i>P. uncinatus</i> (Baird, 1850)		x				

A Cibakházi Holt-Tisza rekreációs célú hasznosítás alatt álló mederrészában összesen 20 Cladocera faj egyedeit találtuk meg (9. táblázat). Ebben a mederrészben is kettő faj jelent meg mindegyik mintavételi hely recens és szubfosszilis Cladocera közösségében. Ezek a *Bosmina coregoni* (Baird, 1857) és a *Bosmina longirostris* (O.F. Müller, 1785) voltak. A 20 Cladocera fajból 6 faj volt, amelyik csak a szubfosszilis közösségben jelent meg. Ezek a fajok az *Alona rustica* (Scott, 1895), az

Alonella excisa (Fischer, 1854), a *Chydorus gibbus* (Sars, 1890), a *Leydigia leydigi* (Schoedler, 1863), a *Pleuroxus trigonellus* (O.F. Müller, 1785) és a *Pleuroxus uncinatus* (Baird, 1850). A mintavételi helyek recens Cladocera közösségét vizsgálva, pedig öt olyan faj volt, amelyik csak itt fordult elő. Ezek az *Acroperus harpae* (Baird, 1835), az *Alonella exigua* (Lilljeborg, 1853), az *Alonella nana* (Baird, 1843), a *Daphnia longispina* (O.F. Müller, 1776) és a *Moina micrura* (Kurz, 1875).

4.2.3 Fajgazdagság, egyedsűrűség és Simpson-diverzitás a holtmeder mintavételi területein



13. ábra. Fajszám adatok, egyedsűrűség adatok és Simpson-diverzitás értékek a recens és szubfosszilis Cladocera közösség alapján a Cibakházi Holt-Tisza mintavételi pontjain és mederrészein.

Simpson diverzitási indexet számoltunk annak érdekében, hogy feltárjuk a szubfosszilis és recens Cladocera közösség közötti kapcsolatokat a különböző mintavételi területek és mintavételi helyek

között (13. ábra). A diverzitási index mellett feltüntettük a fajszámokat és az egyedsűrűségeket. A fajszám adatokat egy dimenzió nélküli számmal jelöltük, míg a recens Cladocera közösség esetében ind./L^{-1} , a szubfosszilis Cladocera közösség esetében pedig ind./cm^{-3} mértékegységben tüntettük fel az adatokat. A 13. ábrán láthatjuk a különböző hasznosítású mintavételi területek recens és szubfosszilis Cladocera közösségeinek diverzitásbeli, fajgazdagságbeli és egyedszámbeli különbségeit. Ezek a különbségek az egyes mintavételi helyek esetében is megfigyelhetők.

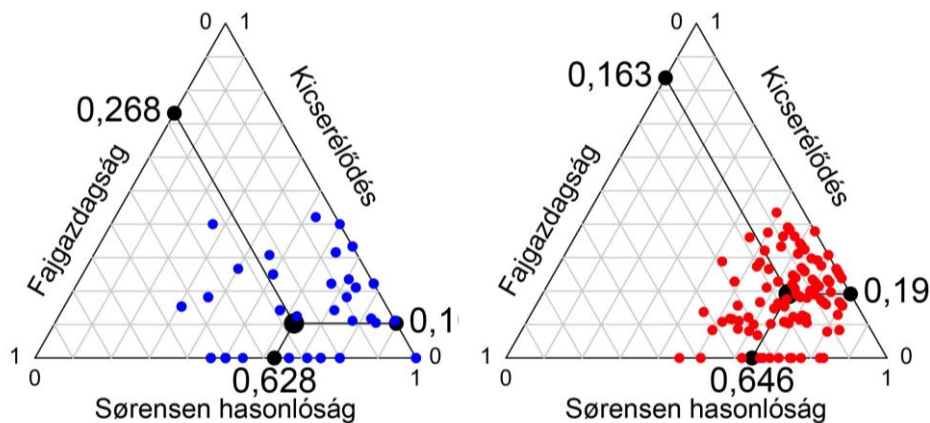
A recens Cladocera közösség fajszámai a védett mederrészben 3 és 10 között alakultak, míg a szubfosszilis Cladocera közösség fajszámai hat és 17 között változtak. A halasított mederrészben a recens közösség fajszámai 3 és 9 között, míg a szubfosszilis közösség fajszámai 7 és 12 között változtak az egyes mintavételi helyeken. Hasonló mintázatot figyelhetünk meg a rekreációs célú hasznosítás alatt álló mederrészben is, a recens közösség fajszáma 5 és 9, míg a szubfosszilis Cladocera közösség fajszáma 8 és 12 között változott.

Egyedsűrűség tekintetében is jelentős különbségeket tapasztalhatunk a különböző hasznosítás alatt álló mederrészek között. A recens Cladocera közösségen belül, a védett mederrészben az egyedsűrűségek 30 és 166 ind./L^{-1} között változtak. A halasított mederrészben az egyedsűrűségek 426 és 1209 ind./L^{-1} között alakultak, míg a rekreációs célú mederrész recens Cladocera közösségének egyedsűrűsége 79 és 247 ind./L^{-1} tartományban mozogott. Hasonló különbségek figyelhetők meg a szubfosszilis Cladocera közösség egyedsűrűségeiben is. A védett mederrészben az egyedsűrűség 27 és 580 ind./cm^{-3} változott a mintavételi helyeken. A halasított mederrészben a

szubfosszilis közösség egyedsűrűsége 25 és 665 ind./cm⁻³ között változott, míg a rekreációs területen ez a szám 17 és 220 ind./cm⁻³ között váltakozott (F6-F8. táblázatok). Néhány hasonlóság is megmutatkozott a különböző hasznosítású mederrészekben mind a recens, mind a szubfosszilis Cladocera közösséget figyelembe véve. Példaként megemlíthető, hogy a recens és szubfosszilis közösség legnagyobb átlag egyedsűrűség értékeit a halasított mederrészben találtuk meg. Ezzel ellentétben alacsonyabb értékeket tapasztaltunk mind a védett, mind a rekreációs terület recens és szubfosszilis Cladocera közösség átlagos egyedsűrűségeiben.

A mederrészek Simpson-diverzitás értékei alapján elmondhatjuk, hogy a védett mederrész (diverzitás értékek 0,5111 és 0,8198 között) egy átmenetet képez a rekreációs célú hasznosítás alatt álló mederrész (diverzitás értékek 0,5329 és 0,8545 között) és a halasított mederrész között (diverzitás 0,4973 és 0,6150 értékekkel). Figyelemre méltó, hogy ezen index alapján, a szubfosszilis Cladocera közösség diverzitása (védett terület: 0,5438 és 0,8926 között; halasított terület: 0,6100 és 0,8413 között; rekreációs terület: 0,7821 és 0,8677 között) mindhárom mederrész tekintetében alacsonyabb volt, a recens Cladocera közösséghez viszonyítva.

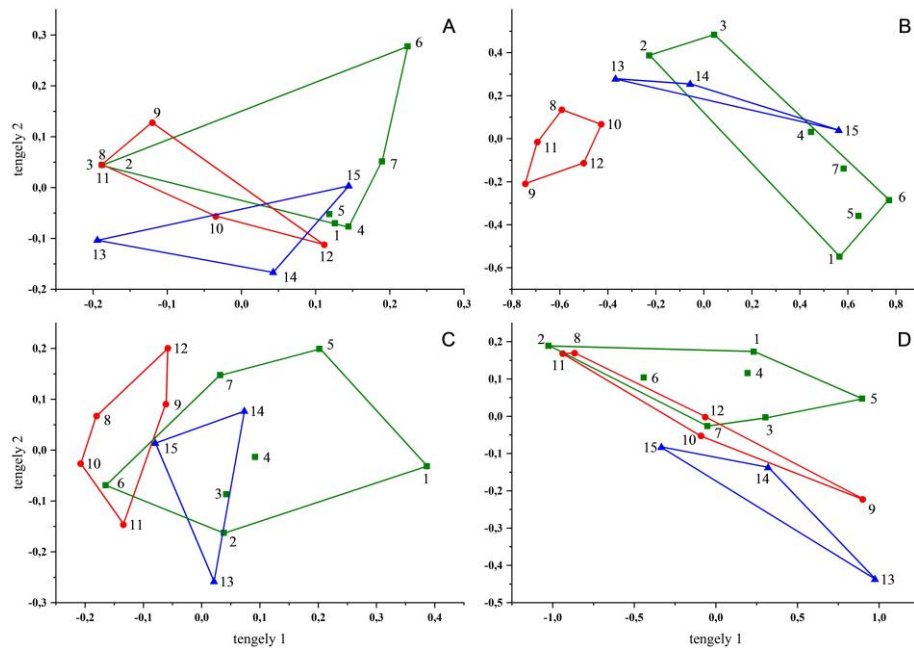
4.2.4 Béta-diverzitás mintázatának vizsgálata a recens és szubfosszilis Cladocera közösségen belül



14. ábra. A Cibakházi Holt-Tisza mintavételi helyeinek recens és szubfosszilis Cladocera közösségének fajgazdagsági (RichDiff), faj kicserélődési (Repl) és hasonlósági értékeire (Sørensen similarity) elkészített Simplex-ábra. • = recens Cladocera közösség, • = szubfosszilis Cladocera közösség.

A Cibakházi Holt-Tisza recens és szubfosszilis Cladocera közösségének béta-diverzitását a két közösség egymáshoz viszonyított hasonlósága határozta meg (14. ábra). A fajgazdagság (RichDiff) és a kicserélődés (Repl) mind a recens (0,268), mind a szubfosszilis (0,163) közösségben alacsony volt. A recens Cladocera közösség esetében a béta-diverzitás (a fajgazdagság és a kicserélődés összege: 37,2%) alacsonyabb volt, mint a beágyazódottság (a fajgazdagság és a hasonlóság összege: 89,6%). Ez a mintázat, a szubfosszilis Cladocera közösség esetében is jelentkezett, mivel a béta-diverzitás (33,5%) itt is alacsonyabb volt a beágyazódottságnál (81,5%).

4.2.5 A különböző hasznosítás alatt álló mederrészek elkülönülése a Cladocera fajszámok és egyedsűrűségek alapján



15. ábra. A három különböző hasznosítású mederrész nem metrikus multidimenziós skálázása (NMDS) a Cladocera közösségre, Rogers-Tanimoto (bináris) és Bray-Curtis (egyedsűrűség) index használatával. A számok az egyes mintavételi pontokat jelölik mindegyik eljárás esetében: 1-7 védett terület; 8-12 halásított terület; 13-15 rekreációs terület. (A) recens Cladocera közösségek, Rogers – Tanimoto hasonlóság (stressz = 0,2568); (B) recens Cladocera közösségek, Bray – Curtis eltérés (stressz = 0,3813); (C) szubfosszilis Cladocera közösségek, Rogers – Tanimoto hasonlóság (stressz = 0,2732); (D) szubfosszilis Cladocera közösségek, Bray – Curtis eltérés (stressz = 0,1439).

A recens Cladocera közösség fajszámaira elvégzett NMDS (Rogers-Tanimoto hasonlósági index) eredménye alapján a három különböző hasznosítású mederrész nem különül el, átfedést mutatnak (15. ábra A).

Abban az esetben, amikor az NMDS (Bray-Curtis távolság index) (stress = 0,3813) elemzést a recens Cladocera közösség fajainak egyedsűrűségére elvégeztük, a halasított mederrész teljesen elkülönült, míg a védett és rekreációs hasznosítású meder átfedést mutatott egymással (15. ábra B) (stress = 0,2568). Ugyan ezt a két eljárást elvégeztük a szubfosszilis Cladocera közösségre is. Az analízis során hasonló trendet figyelhetünk meg itt is. A szubfosszilis Cladocera közösség fajszámaira elvégzett NMDS itt is átfedést mutat a különböző hasznosítás alatt álló mederrészek esetében (15. ábra C) (stress = 0,2732). A szubfosszilis Cladocera közösség fajainak egyedsűrűségének vizsgálata során a rekreációs célra hasznosított mederrész különül el a halasított és védett mederrésztől (15. ábra D) (stress = 0,1439).

5. Diszkusszió

Hazai és világviszonylatban is elmondható, hogy a kis kiterjedésű, sekélynek tekinthető állóvizek nem kaptak akkora szerepet a limnológiai kutatásokban, mint a nagy kiterjedésű, mély állóvizek vagy vízfolyások (De Meester és mtsai., 2005, Oertli és mtsai., 2009). Ez a trend az 1990-es évek óta folyamatos változást mutat, mivel felismerték ökológiai jelentőségüket (Oertli és mtsai., 2005), illetve gyakoriságuknak hála a regionális szinten bekövetkező változások vizsgálatában megfelelő modellterületként funkcionálnak (Oertli és mtsai., 2009; De Meester és mtsai., 2006).

Ezek a kis kiterjedésű állóvizek ökológiai sajátosságait és funkciójukat tekintve jelentős eltérést mutatnak a nagy kiterjedésű állóvizekhez képest (Oertli és mtsai., 2002; Søndergaard és mtsai., 2005). Méretük ellenére, ezek az állandó vízborítottságú vagy időszakosan kiszáradó állóvizek nagy arányban hozzájárulnak az adott lokális régió biodiverzitásának fenntartásához (Caramujo és Boivida, 2010). Ez a képesség abból ered, hogy a bennük megtalálható élőhelyek (habitatok) magas variabilitást mutatnak (De Meester és mtsai., 2005). Ahogyan fentebb említettem, a kisméretű víztestekkel kapcsolatba hozható kutatások száma egyre növekvő tendenciát mutat, ennek köszönhetően egyre több ismeretet, tapasztalatot tudunk meg legalapvetőbb működési folyamataikról, élőlény-együtteseik interakcióiról. Ezzel szemben a világ biomonitorozó rendszereiben igen kevés figyelem irányul rájuk (Williams és mtsai., 2004).

Kiterjedésükből és csekély víztömegükből fakadóan ezek az állóvizek igen érzékenyen reagálnak mindenféle környezeti változással szemben. Napjainkban egyre több olyan behatás éri őket, amelyek negatívan befolyásolják a bennük kialakuló vízi ökoszisztémákat (Bradbury és mtsai., 2004). Mindezek ellenére kevés figyelem irányul arra, hogy miként védjük meg ezeket az értékes vizes élőhelyeket. Az esetek többségében, a vízterek védelmére irányuló kutatások nem kifejezetten ökológiai szemléletűek, hanem főleg ökonómiai-szociológiai megközelítésben (Gehrke és mtsai., 2011; Feng és He, 2009) vizsgálják az adott víztereket. Fellelhető számos tanulmány, amelyek már a víztestek sérülékenységének kutatását ökológiai szemlélet mellett végezték el, azonban ezek is főleg a nagy kiterjedésű, mély vízterekre fókuszálnak (Newton és mtsai., 2014; de Wit és mtsai., 2011), illetve nem magát a víztest sérülékenységét, hanem annak valamelyik biológiai komponensét vizsgálták (Raat, 1985; Mackay és mtsai., 2006).

A természeti érték védelmének kettő fő formája létezik, a aktív és passzív védelem. Aktív védelem esetében olyan beavatkozásokra van szükség, melyek igen költségesek lehetnek. Ezzel szemben a passzív védelem nem igényel jelentős anyagi befektetést és elsődlegesen jogi védelmet nyújt az adott terület másfajta területhasználatával szemben. A védett vizes élőhelyek jelentős része főleg limitált és passzív védettséggel jellemezhető a világ számos pontján. A passzív védettség sikerességéről főként vízi madarak (Samraoui és mtsai., 2013; Kleijin és mtsai., 2014) és emlősök (Ryan és Attuquayefio, 2000) vonatkozásában tudhatunk meg információkat, kifejezetten a víztestben élő élőlényekről származó információk limitáltak. Az általunk is vizsgált élőlények (Cladocera)

szintén érintettek a vízi ökoszisztémában, de nem rendelkezünk információkkal arra vonatkozóan, hogy az adott víztér védettsége hogyan hat ezekre az élőlényekre. Az ágascsapú rákok (Cladocera) vizsgálata kiterjedhet a recens közösségek és a szubfosszilis közösségek vizsgálatára is. Richardson (2008) egyenesen a környezeti változások „őrszeme”-ként fogalmazott róluk. Ez a megfogalmazás könnyen adaptálható a Cladocerákra, ugyanis ökológiai szerepük miatt fontos részét képezik a különböző vízterek vizsgálatának. A recens és a szubfosszilis közösség is alkalmas különböző, a víztér életét befolyásoló környezeti változó monitorozására. Legyen szó akár az eutrofizálódás nyomon követéséről (Korponai és mtsai., 2011), a szennyezőanyagok terjedésének vizsgálatáról (Manca és Comoli, 1995; Piscia és mtsai., 2012) vagy akár a globális felmelegedés modellek kidolgozásáról (Battarbee és mtsai., 2002). Egy dolog azonban közös szinte mindegyik napvilágot látott kutatásban, hogy egyszerre a recens és szubfosszilis közösséget és ezek kölcsönhatásait egyik kutatás sem alkalmazza. Mindezeket figyelembe véve, növekvő igény mutatkozik arra, hogy vizsgáljuk a recens és a múlt Cladocera közösségeinek egyidejű elemzésének lehetőségét és, hogy képet alkothassunk arról, hogy csak a szubfosszilis Cladocera közösség vizsgálata megbízható képet alkot-e a jelenleg élő Cladocera közösségre vonatkoztatva (Davidson és mtsai., 2007; Kattel, és mtsai., 2007; Davidson és mtsai., 2011). A legtöbb tanulmány, amelyik a szubfosszilis Cladocera közösségekkel foglalkozik, szinte kivétel nélkül nagy kiterjedésű, mély és hideg (főleg oligotróf) tavakra összpontosít (Korhola és mtsai., 2005; Szeroczyńska és Zawisza, 2011; Tolotti és mtsai., 2016). Mindezek ismeretében munkánk során kis kiterjedésű, sekély, mérsékelt

égövi (főleg mezotróf/eutróf) holtmedrek szubfosszilis, valamint a Cibakházi Holt-Tisza recens és szubfosszilis Cladocera közösségének vizsgálatát végeztük el.

5.1 Cladocera fajok indikációja/jelzése a holtmeder hasznosítására vonatkozóan

Az ágascsápú rákok (Cladocera) a tudomány széles körében elismert indikátor szervezetek mind a recens közösség, mind a szubfosszilis közösség vizsgálatában. Számos tanulmány foglalkozott a Cladocera fajok indikátorként történő alkalmazásával (Gliwicz, 2003; Carpenter és mtsai., 2001; Jeppesen és mtsai., 2009; Gyllström és mtsai., 2005; Duigan és Birks, 2000; Johansson és mtsai., 2005), azonban így is limitált információink vannak arra vonatkozóan, hogy jelzésük mikor és milyen formában valósul meg.

A recens közösség fajaira koncentráló tanulmányokat vizsgálva azt a megállapítást tehetjük, hogy szinte minden esetben egy-egy abiotikus vagy biotikus környezeti változóval szembeni reakcióját vizsgálják. Felszíni állóvizeinket szinte minden esetben Cladocera fajok is benépesítik, ennek következtében jelenlétükkel, gyakoriságuk változásaival vagy hiányukkal különböző, a víztestet ért behatást jelezhetnek. Az ágascsápú rákok kulcsfontosságú szerepet töltenek be az édesvízi ökoszisztémákban a táplálékhálózatban betöltött döntő szerepüknek köszönhetően. Top-down szabályozottak (Hrbáček és mtsai., 1961) a halak és makroszkopikus vízi gerinctelen közösség által, míg bottom-up szabályozottak (Premazzi és Chiaudani, 1992) a fitoplankton

minőségi és mennyiségi vonatkozásában. Ennek köszönhetően fontos szerepet töltenek be az állóvizek tápanyagforgalmában (Urabe és mtsai., 2001) is, mint a környezeti változások őrei (Kurek és mtsai., 2010). Mindezeknek megfelelően komplex ismeretekkel rendelkezünk a legtöbb Cladocera faj ökológiáját illetően, így az egyes fajok egyedsűrűségében, testméretében, szaporodási mechanizmusában fellépő változás esetén következtetéseket vonhatunk le. Nagy toleranciájú fajok megjelenése/eltűnése utalhat számunkra a víztest trofikus állapotában bekövetkezett változásokról (Hofmann, 1996; Shumate és mtsai., 2002). A tipikusan makrofita állományokhoz köthető fajok (például: *Acroperus harpae*) tömeges megjelenése információval szolgál a vízszintben bekövetkezett változásról (Korhola et., 2005), illetve akár a submerz makrofita állomány mennyiségi növekedését jelezhetik (Davidson et., 2007).

Eredményeink alapján megállapíthatjuk, hogy a Cladocera közösség fajszáma és egyedsűrűsége eltéréseket mutatott a különböző hasznosítás alatt álló holtmedrekben. A Felső-Tisza menti holtmedrek Cladocera közösségeinek fajszámai alapján elmondhatjuk, hogy a természetvédelmi oltalom alatt álló holtmederben találtuk meg a legtöbb fajt (26), míg a halasított (horgásztatott) Szabolcsi Holt-Tisza esetében kevesebb, csak 13 faj került elő. Ez a számottevő eltérés valószínűsíthetően a nagyobb halmennyiséggel függhet össze. Ezt a megállapítást a Cibakházi Holt-Tisza természetvédelmi oltalom alatt álló és halasított mederrészének vizsgálata során is kimutattuk. A védett mederrész recens Cladocera közösségét 16 faj alkotta, míg a halasított mederszakaszban 9 fajt találtunk meg. Ez a megállapítás egybevág azokkal a kutatásokkal (Christoffersen,

és mtsai., 1993; Amundsen és mtsai., 2013; Iglesias és mtsai., 2011), amelyekben igazolták, hogy a plankton fogyasztó halak méret szelektív táplálkozása csökkenti a közösség fajszámát és abundanciáját. Megnövekedett predációs nyomást mutattunk ki a Cibakházi Holt-Tisza halasított mederrészeiben, amely során a fajszámok alacsonyabban alakultak, mint a védett mederrészben, illetve a kisméretű Cladocera fajok (*Bosmina*, *Moina*) dominanciája került előtérbe. A magas predációs nyomás hozzájárul a közösség egyedsűrűségének csökkenéséhez (Persson és mtsai., 2004), a kisméretű fajok dominanciájához (Haberman, 2000) és a már megtalálható fajok testméretének a csökkenéséhez (Mehner és mtsai., 2016). Extrém esetekben a túlzott mértékű predáció a préda populációnak a teljes eltűnéséhez vezethet (Gliwicz, 1985).

A kutatás során előkerült fajokon kívül, szükséges az abiotikus változók figyelembe vétele is annak érdekében, hogy következtetéseket vonhassunk le. A környezeti változók hatásait figyelembe véve is arra a megállapításra juthatunk, hogy a Tiszadobi Holt-Tisza mederrendszer Malom-Tisza szakasza az NMDS analízis (lásd 9. ábra) eredménye alapján elkülönül a más hasznosítás alatt álló holtmedertől, illetve a hasonló hasznosítás alatt álló medrek nagyfokú hasonlóságot mutatnak egymással. A Cibakházi Holt-Tisza esetében elvégzett NMDS analízis eredménye is eltérést mutatott, igaz árnyaltabb formában. A fajszámok tekintetében sem a recens (lásd 15. ábra A) sem a szubfosszilis (lásd 15. ábra C) nem mutatott elkülönülést a mederrészek (egyben hasznosítási formák) között. Azonban az egyedsűrűségre vonatkoztatott analízis már nagyobb fokú izolációt mutatott a mederrészek között (lásd 15. ábra B, D). A már fentebb említett ökológiai sajátosságuknál fogva, a recens Cladocera közösség

fajainak élőhely preferenciája és az abiotikus változókkal szembeni toleranciája jól tisztázott. Egyes fajok homokos, laza üledékben fordulnak elő (Smirnov és mtsai., 2006), de más fajok a litorális zóna makrofita állományát népesítik be (De Eyto és mtsai., 2003). Találunk olyan fajokat, amelyek nagy toleranciával rendelkeznek, így például elviselik a bázikusabb pH tartományt is (Duigan és Kovach, 1991), de találunk olyanokat is, amelyek már egy jóval savasabb pH tartományt preferálnak (Kotov, 2009).

A holtmedrek hasznosítási formájának vizsgálatára elvégeztünk egy IndVal analízist. Az eljárást általánosan alkalmazzák indikátor fajok azonosítására különböző környezeti gradiensek mentén (McCune és Grace, 2002), különböző habitat/ közösség típusokban (Lehmkuhl és mtsai., 2004), különböző régiókban (Mouillot és mtsai., 2002), egy mintavételi helyen, de különböző időpontokban (Taverna és mtsai., 2005) vagy akár különböző természetes és mesterséges behatások alatt (Blake, 2005). Esetünkben az analízist különböző habitat típusok alapján elemeztük ki, típusnak tekintettük a holtmeder hasznosítási formáját. Az IndVal analízis eredménye alapján kijelenthetjük, hogy a legtöbb szignifikáns indikátor értékkel rendelkező faj a természetvédelmi oltalom alatt álló Tiszadobi Holt-Tisza mederrendszerének Malom-Tisza szakaszában jelent meg. Összesen hét faj mutatott indikátor értéket erre a hasznosítási formára, amelyek a következők: *Alona rustica* (F1. kép), *Alonella nana* (F2. kép), *Camptocercus rectirostris* (F3. kép), *Leydigia leydigi* (F4. kép), *Oxyurella tenuicaudis* (F5. kép), *Pleuroxus trigonellus* (F6. kép) és a *Pleuroxus uncinatus* (F7. kép). Az *A. nana* jelenléte – irodalmi adatok alapján – alacsony trofitású vizekben található meg

(Whiteside, 1970), kedvező minőségi állapotokat indikál. Ezzel összhangban a *L. leydigi* és a *P. uncinatus* faj szintén kedvező (mezotróf) körülményekre utal (Casper, 1985; Mirosław-Grabowska és mtsai., 2018). Itt kell megjegyezni, hogy egy ilyen típusú víztér esetében a legoptimálisabb trofítási szint a mezotróf állapot. Az *O. tenuicaudis* egy ritka faj Kattel és mtsai. (2008) kutatása szerint. Michael és Frey (1983) arra kereste a választ, hogy az *O. tenuicaudis* kozmopolita faj. Az azonban tudott a fajról, hogy világviszonylatban elterjedt, de igen ritka megjelenésű. Ida (1990) 10 éven keresztül vizsgált állóvizeket szerte Japánban és a vizsgálat során, egyetlen víztestből tudta kimutatni. Mindezek tudatában az *O. tenuicaudis* fontosságát nehéz vizsgálni igaz, hogy széles körűen elterjedt, de ritka megjelenésű a mintánkénti egyedszámok nagyon alacsonyan alakulnak (Michael és Frey, 1983). Ez a tendencia kutatásunk során nem feltétlenül igazolódott, a természetvédelmi oltalom alatt álló Tiszadobi Holt-Tisza mederrendszer Malom-Tisza szakaszán, nem elhanyagolható egyedsűrűséggel jelent meg a faj. A védett holtmederrel ellentétben a Bodonyszögi Holt-Tisza esetében csak a B1-es mintavételi pontos került elő, igaz kis egyedszámmal. A ritka és értékes *C. rectirostris* (Mirosław-Grabowska és Niska, 2005) szintén szignifikáns indikátor értéket mutatott a hasznosítási formára. A fajra jellemző, hogy „clear-water” állapothoz társítják, és egy fontos szereplője a vízterek átlátszóságának fenntartásában (Zhang és mtsai., 2010). Ez a megállapítás helytálló eredményeink alapján, mivel a holtmedrek elkülönülésére legnagyobb hatással lévő abiotikus környezeti tényező az átlátszóság – a biotikus változónak tekintendő fajösszetétel mellett. Az IndVal analízis eredménye alapján kijelenthetjük, hogy az

általunk vizsgált holtmedrekben a Cladocera közösség egyes fajai indikátorként tekinthetők a meder hasznosítási formája tekintetében. Ezt a megállapítást az is megerősíti, hogy egy faj csak egy hasznosítási formára mutatott szignifikáns indikátor értéket.

A regressziós fa analízis eredménye szerint, az *Acroperus harpae* (F8. kép) abundanciája alapján elkülönülnek egymástól a különböző hasznosítás alá vont holtmedrek. Abban az esetben, ha az *A. harpae* egyedsűrűsége kevesebb, mint $15,5 \text{ ind./cm}^3$, akkor a Bodonyszögi Holt-Tisza és a Szabolcsi Holt-Tisza első fokon elkülönül további három holtmedertől. Mindkettő mederről elmondható, hogy intenzíven telepített és horgászati hasznosítás alatt áll. A fennmaradó három meder esetében a haltelepítés kettő esetében tiltott. Abban a két mederben, ahol horgászni lehet, de telepíteni nem, az *A. harpae* egyedsűrűsége nagyobb, mint $15,5 \text{ ind./cm}^3$, de kevesebb, mint $103,5 \text{ ind./cm}^3$. A Tiszadobi Holt-Tisza mederrendszer Malom-Tisza szakasza esetében az *A. harpae* egyedsűrűsége meghaladja a $103,5 \text{ ind./cm}^3$ értéket (lásd 11. ábra). A holtmeder esetében sem a haltelepítés, sem a horgászat nem engedélyezett. Szakirodalmi adatok alapján, az *A. harpae* jelenléte szignifikáns korrelációt mutat az alacsony halbiomasszával (Davidson és mtsai., 2007; Cañedo-Argüelles és mtsai., 2017). Az analízis során kimutatott másik két faj (*Alonella excisa* (F9. kép) és *Alona guttata* (F10. kép)) fitofil, a sűrű makrovegetációval rendelkező élőhelyet részesítik előnyben (Davidson és mtsai., 2007; Illyová és Némethová, 2005). Ezt a megállapítást Gulyás (1994) is igazolta, *A. guttata* előfordulása pozitív korrelációt mutatott a makrovegetáció borítottsággal. Eredményeink alapján arra a következtetésre juthatunk, hogy az *A. harpae* egy kiváló indikátor, mivel

egyedsűrűségének növekvő tendenciája jelzi a víztest hasznosítási formájában bekövetkezett kedvező folyamatokat.

5.2 Hasznosítási formák hatásainak vizsgálata recens és szubfosszilis Cladocera közösség egyidejű összehasonlító elemzésével

A zooplankton szervezeteknek kulcsfontosságú ökológiai szerepük van az édesvizekben, mivel közösségük jól reagál az általuk benépesített élőhely fizikai, kémiai és biológiai jellemzőire (Davidson és mtsai., 2007). Napjainkban a víztereket érő többtényezős behatások miatt az élőhelyek gyorsan változnak, ami miatt fontos nem csak az üledékből történő közösségek, hanem a recens Cladocera közösség egyidejű feltárása is. A felszíni vizeink üledékéről általánosan elmondható, hogy jó akkumulációs képességgel rendelkezik, a Cladocera közösség egy „természetes könyvtárának” tekinthető. Ennek köszönhetően vizsgálata kitűnő alapot szolgáltat nem csak a múltbéli biocönózis rekonstruálására, hanem annak a jelenlegi közösségnek a vizsgálatára is, amelyből az származik (Battarbee, 2000).

Kevés olyan tanulmányt találhatunk, amely kifejezetten a két közösség közötti összefüggéseket vizsgálja. Ennek oka főként a Cladocera fajok különböző megtartásából ered (Frey, 1958; Hann, 1988). A legtöbb paleolimnológiai kutatás esetén torzulásokat találnak akkor, amikor a régmúlt közösség szerkezete alapján próbálják meg rekonstruálni a jelenlegi közösség összetételét (Kattel és mtsai., 2007; Nykänen és mtsai.,

2009). A nagyfokú torzulások ellenére születtek olyan kutatások is, amelyekben kimutatták a recens és a szubfosszilis közötti kapcsolatot (Jeppesen és mtsai., 2000; Davidson és mtsai., 2007). Ezen túlmenően Davidson és mtsai. (2007) kutatócsapata kimutatta, hogy a biotikus tényezők (halak és a makrofita állománya hatása) lényegében ugyanúgy alakul mind a recens, mind a szubfosszilis közösség esetében. Paleolimnológiai vizsgálatok során általában a víztest legmélyebb pontjáról begyűjtött minta kiértékelésével következtetnek az egész víztestben bekövetkezett változásokra (Korponai és mtsai., 2019). Ezzel szemben recens közösség vizsgálata esetén érdemes és célszerű minél több mintavételi hely mintáinak értékelése. Az állóvizek gazdag bióta szerkezettel rendelkeznek, köszönhetően a mikrohabitatok heterogenitásának. Ez kifejezetten igaz kisméretű és sekély vízterek esetében, a nagy kiterjedésű litorális zónának köszönhetően. A már fentebb említett eltérések, a Cladocera fajok eltérő habitat preferenciájukból adódhatnak. Ezeket a habitatokat ritka vagy akár veszélyeztetett fajok (pl. *Alona moniezi* (Richard, 1888), *Grimaldina brazzai* (Richard, 1892) is elfoglalhatják (Scheffer, 2001, Miracle és mtsai., 2010), de gyenge kitinizáltságuk (vagy akár: túlzott predációs nyomás) miatt nem jelennek meg a szubfosszilis közösségben, így csak az üledék vizsgálatával alábecsülhetjük az adott víztest teljes fajkészletét.

Eredményeink jól mutatják a már fentebb említett eltéréseket a két közösség vizsgálatában. A Felső-Tisza Gyüre és Tiszadob közötti szakaszán található holtmedrek esetében csak az üledék analízisét végeztük el. Az összesen megtalált fajok száma 34 volt, amelyek különböző arányban jelentek meg az egyes vizsgált holtmedrekben. Az

adott régió fajkészletének 76,5 %-át találtuk meg a Tiszadobi Holt-Tisza mederrendszer Malom Tisza szakaszában, 70,5 %-át a Gyürei Holt-Tiszában, 64,7 %-át a Bodonyszögi Holt-Tiszában, 55,8 %-át a Kis-Zátony tóban, míg a Szabolcsi Holt-Tisza esetében 38,2 % volt jelen. Valószínűsíthető, hogy a holtmedrek vizsgálata során több fajt tudtunk volna azonosítani, ha elvégeztük volna a recens közösség vizsgálatát is. Adataink alapján (lásd 4.1.1 fejezet) viszont kijelenthető, hogy több olyan fajt sikerült azonosítanunk, amelyek az üledékhez kötötten fordulnak elő. Abban az esetben, ha csak a recens közösséget mintáztuk volna ezekben a medrekben, akkor csak a „hibásan” elvégzett mintavétel esetén találkozhattunk volna ezekkel a fajokkal. Ez a hiba abból eredhet, hogy a medrek sekély mélysége miatt könnyen felkeveredhet az üledék felső rétege, így azt a mintavevő átszűri. Az egyik domináns fajunk a *Chydorus sphaericus* volt, amelyik mindegyik holtmeder összes mintavételi helyén megjelent. Ez azzal magyarázható, hogy az erősen kitinizált fajok közé tartozik, ennek köszönhetően maradványai jól megőrződnek az üledékben. Ezzel szemben olyan fajok, mint a *Daphnia spp.*, *Ceriodaphnia spp.* vagy *Simocephalus spp.* alulreprezentáltak az üledékben, mivel gyengén kitinizáltak, maradványaik főként utópotrohi karmok és tartóspeték képében találhatjuk meg – amelyek kevésbé gyakorik, mint más maradványok (Korhola és Rautio, 2001). Másik domináns fajunk a *Bosmina longirostris*, szintén mindegyik mintavételi helyen előkerült. A *B. longirostris* mellett más, a planktonikus és litorális zóna fajtát is kimutattuk az üledékből. Ezek alapján elmondhatjuk, hogy az üledékminták vizsgálata felülreprezentálta a várható fajkészletet, mivel

kifejezetten a planktonikus élettérhez köthető fajok maradványait is sikerül kimutatnunk.

A kérdéskör pontosabb megismerése érdekében vizsgálatainkat elvégeztük a Cibakház Holt-Tisza esetében is, itt azonban mind a recens, mind a szubfosszilis Cladocera közösséget egyidejűleg próbáltuk értékelni (lásd 4.2 fejezet). Kutatásunk megerősítette azokat a korábbi eredményeket, miszerint csak a recens közösség vizsgálata szinte minden esetben alábecsüli a víztér teljes Cladocera közösségét. Másrészt, a szubfosszilis közösség vizsgálata már kielégítő adatot szolgáltat a közösség szerkezetét tekintve, reprezentatív adatokat szolgáltatva a planktonikus és litorális fajok akkumulációjából. A holtmederben 28 Cladocera faj egyedeit azonosítottuk, amelyből 13 faj volt közös a recens és a szubfosszilis közösség tekintetében. Négy olyan Cladocera fajt azonosítottunk, amelyik csak a recens közösségben volt jelen és 10 fajt, amelyik csak a szubfosszilis közösségben. A recens közösséget 17 faj alkotta, míg a szubfosszilis közösséget 23 faj, amely a teljes fajgazdagság több, mint 80 %-a. Eredményeink alapján azt tapasztaltuk, hogy a planktonikus és litorális közösség becslése kielégítő a két közösségre nézve, míg a bentikus közösség száma és egyedsűrűsége alábecsült. Ha az eredményeinket a hasznosítási formák tükrében szétbontjuk, hasonló tendenciákat figyelhetünk meg. A védett mederrészben, a recens közösségben 13 faj, míg a szubfosszilis közösségben 20 faj volt. A halasított mederrész esetében a recens közösség 9 fajból, míg a szubfosszilis közösség 16 fajból állt. A rekreációs hasznosítású mederrészben pedig 14 faj képviselte a recens közösséget és szintén 14 faj a szubfosszilis közösséget. Adataink alapján arra a következtetésre

juthatunk, hogy a recens közösség alacsonyabb fajszámaira legnagyobb hatással a halak általi predáció van (Vijverberg és Boersma, 1997; Nevalainen és Luoto, 2017). A meder sajátosságából adódóan a kis mérettartományú halak, illetve az ivadékok szabadon közlekedhetnek a mederrészek között, így közel azonos predációs nyomást gyakorolhatnak a Cladocera közösségre. A telepített ivadékok túlélési rátája igen alacsony, és fő táplálékuk a kerekesszék mellett más a zooplankton csoportba tartozó fajok egyedeit is fogyasztják (Boltizár és mtsai., 2017; Castro és mtsai., 2007; Bjerring és mtsai., 2009). Ez a megnövekedett predációs nyomás egyértelműen kimutatható a halasított mederrészben, mivel alacsonyabb volt a fajszám, illetve a kis mérettartományú fajok (*Bosmina spp.*, *Moina spp.*) domináltak (lásd 13. ábra). Az egyedsűrűségek tekintetében érdekes megfigyelést tehetünk. A halasított mederrész esetében a recens közösség átlag egyedsűrűsége nagyobb, mint a szubfosszilis közösségé. Ez azzal magyarázható, hogy a kisebb mérettartományú fajok nem esnek áldozatul a ragadozóknak, így azok nagyobb denzitással tudják kolonizálni az adott vízteret. A nagyméretű, könnyen észrevehető Cladocera fajok - például a nagyméretű *Daphnia spp.* – könnyebb préda a ragadozóknak (Gliwicz, 1990; Boersma és mtsai., 1991). Csökkenő hal biomassa növelheti a zooplankton biomasszáját (Christoffersen és mtsai., 1993; Sarvala és mtsai., 1998; Korponai és mtsai., 1997).

A ragadozók bentikus Cladocera közösségére gyakorolt hatásairól nem rendelkezünk egyértelmű információkkal. Csak néhány olyan kutatásról tudunk, amelyekben vizsgálják a halak hatását a szubfosszilis Cladocera közösségre (Jeppesen és mtsai., 2011; Jeppesen és mtsai., 2003;

Amsinck és mtsai., 2006). Jeppesen és mtsai. (2011) hideg égví tavakat vizsgálva arra a következtetésre jutottak, hogy a halak predációs nyomásának nincs szignifikáns hatása a szubfosszilis Cladocera közösség egyedsűrűségére, de a makroszkopikus vízi gerinctelen fauna hatását pozitívan igazolták. Feröer szigetek tavak vizsgálatánál Amsinck és mtsai. (2006) kimutatta, hogy a barna pisztráng jelenléte kevésbé meghatározó a közösség szerkezetének alakításában. Mérsékelt égví állóvizekre vonatkozóan kevés és nem egyértelmű információkhoz hasonlóan mi is azt tapasztaltuk, hogy a halak általi predáció kevésbé fontos tényező a szubfosszilis közösség szerkezetének kialakításában, mint a recens közösség esetében. Ez a megállapítás azzal is magyarázható, hogy a Cladocera közösségek hasonló képet mutatnak a különböző hasznosítás alatt álló mediterrészekben. Összefoglalva elmondhatjuk, hogy esetünkben a recens Cladocera közösség jobban reflektál a hasznosítási formákra, de a teljes fajkészlet átalakulásának megértéséhez nélkülözhetetlen a szubfosszilis közösség ismerete. Ezt a megállapítást tette Brendonck és De Meester (2003) Cladocera fajok tartóspetéinek vizsgálata során, illetve Vandekerckhove és mtsai. (2005) Cladocera fajok tartóspetéből történő kikelésük és újbóli közösségük kialakításának vizsgálata során is. Mindkét kutatócsoport arra a következtetésre jutott, hogy a szubfosszilis Cladocera maradványok vizsgálatával pontosabb képet alkothatunk a teljes fajgazdagságra és közösség szerkezetre vonatkozóan, mint kizárólag a recens közösség vizsgálatára irányuló hagyományos pontszerű mintavételekkel. Ennek oka az, hogy az üledék magában foglalja a bentikus közösség egyedeit, ezzel együtt pedig

magukba integrálnak tér- és időbeli heterogenitást, valamint az évenkénti változásokat.

Az üledék Cladocera közössége esetében nagyobb fajszámokat mutattunk ki, mint a recens közösség esetén mindhárom hasznosítási forma alatt (védett, halasított, rekreációs). Ezért annak érdekében, hogy reprezentatív képet kapjunk egy sekély állóvíz (holtmeder) teljes Cladocera közösségéről, szükségesnek tartjuk az adott víztér recens és szubfosszilis Cladocera közösségnek bevonását a kutatásba. A mintavételi módszerek (szűrés és üledék mintavétel) egyidejű alkalmazása, valamint az eredmények egyidejű értékelése és összehasonlító elemzése összetettebb képet ad a teljes fajkészlet és közösség alakulására vonatkozóan.

5.3 Védett terület hatása a Cladocera közösség diverzitásának fenntartásában

A biológiai sokféleség magában foglalja az ökoszisztémákat felépítő élő szervezetek változékonyságát és a fajokon belüli, a fajok közötti, valamint az ökoszisztémák közötti sokféleséget értékeli (IPCC, 2002). Jelenleg az emberiség által kiváltott környezeti változások – éghajlatváltozás, szennyezés, az élőhelyek széttagolódása vagy a fajok túlzott mértékű kihasználása – óriási veszélyt jelentenek a szárazföldi és a vízi ökoszisztémák biológiai sokféleségére. A fajok biológiai sokféleségére gyakorolt emberi behatások a fajok számának csökkenésében és a relatív abundanciájukban bekövetkező változásokban nyilvánul meg, amelyek mindegyik súlyos hatással van az ökoszisztéma

működésére (Dangles és Malmqvist, 2004). A biológiai sokféleség értékelésekor a diverzitás egyetlen számra redukálódik, amely ötvözi a fajgazdagságot, a fajok egyenletességét, és ezt a számot különféle biodiverzitási mutatók jelölnék a közösség szerkezete alapján (Shannon, 1948; Simpson, 1949). Hagyományos diverzitási vizsgálatok során csak a fajok számát veszik alapul, nem pedig az adott faj gyakoriságát az adott közösségen belül (Hamilton, 2005). Ezeknek a kutatásoknak a túlnyomó többsége csak a fajgazdagságokra és az egyenletességre koncentrál (Hill, 1973). Viszont ebben az esetben az index (számolt diverzitási mutató) érzékeny a vizsgált fajszámra és az egyedsűrűségre (Gotelli, 2001). Annak ellenére, hogy hatalmas mennyiségű mintavétel történik a különböző állóvizekben, az üledékhez kötötten előforduló fajoknak csak csekély százalékát vonják be az értékelésbe, így ezek az adatok a kutatók számára ismeretlenek maradnak. Így a biológiai sokféleségben betöltött szerepük nem kerül értékelésre. Vizsgálatunk során arra kerestük a választ, hogy az egyes hasznosítási formáknak milyen hatása van mind a recens, mind a szubfosszilis Cladocera közösségre. Valamint tekinthetünk-e a védett terület, mint egy diverzitás „hot-spot”-ra.

A Cibakházi Holt-Tisza faj és egyedsűrűség adataira kiszámoltuk az egyes mederrészek Simpson index értékeit. Fajszámok tekintetében a mederrészek jól elkülönülnek egymástól és minden esetben a védett mederrész szubfosszilis közössége tartalmazza a legtöbb Cladocera fajt. Az egyedsűrűség értékeket nézve, azonban más képet kapunk. Ebben az esetben, a halasított mederrészben találtuk meg a legnagyobb egyedsűrűségeket. Ez azzal magyarázható, hogy azok a kisméretű Cladocera fajok, amelyek nem estek áldozatul, képesek voltak a

mederrészt nagyobb egyedsűrűséggel kolonizálni. Ezzel az előnyükkel, nagyobb mértékben kolonizálják be az adott vízteret és kisebb méretűkkel nagyobb számú egyed lehet az adott élőhelyre vonatkoztatva. Reissing és mtsai. (2006) megállapították, hogy haltelepítés esetén megnő a kis testméretű zooplankton fajok relatív egyedsűrűsége. Mindezen felül azt is megállapíthatjuk, hogy a rekreációs céllal hasznosított mederrész mind a fajszámokat, mind az egyedsűrűségeket figyelembe véve egy átmenetet képvisel a védett és a halasított mederrész között.

A Simpson diverzitási indexeket vizsgálva azt a megállapítást tehetjük, hogy kimutatható az egyes hasznosítási formák hatása a közösség szerkezetére. A Simpson-index azt mutatja ki, hogy mekkora valószínűsége van annak, hogy a közösségen belül véletlenszerűen kiválasztott kettő egyed különböző fajba tartozik. Minél jobban közelít az index értéke az egyhez, annál egyenletesebb eloszlású a közösségünk (Nevalainen, 2010). A halasított mederrészben a recens közösség vizsgálat során tapasztaltuk a legalacsonyabb diverzitás értékeket (0,4973 és 0,6150 között). Ezen mederrész recens Cladocera közösségét dominánsan két faj egyedei alkották (*Chydorus sphaericus* és *Bosmina longirostris*) és a teljes egyedsűrűség több mint 50 %-át tették ki. Ez az eredmény alátámasztja a halasítás hatását a holtmeder halasított mederrészában. Brucet és mtsai. (2010) különböző abiotikus és biotikus környezeti változók hatását vizsgálták mérsékelt éghővi tavak zooplankton közösségére és arra a megállapításra jutottak, hogy a halak általi predáció hatása a legmarkánsabb a közösség szerkezetének alakulására, így diverzitására is. Másik magyarázat az lehet az alacsony diverzitási értékeknek, hogy a *Chydorus sphaericus* és a *Bosmina longirostris* dominanciája mellett kevés

más faj fordult elő (Reynolds és mtsai., 2004). A szubfosszilis közösség diverzitási mutatói, már nem markánsan különülnek el egymástól (lásd 13. ábra). Itt is megfigyelhető a hasznosítási formák hatása (szintén a halasított mederrész jellemezhető a legalacsonyabb értékekkel), de az üledék természetes akkumuláló képessége révén (Battarbee, 2000) ezek a hatások kevésbé kimutathatóak. Korponai és mtsai. (2019) a Morotva-tó (védett) és a Marótzugi Holt-Tisza (halasított) azt az eredményt kapták, hogy a védett meder Simpson diverzitása kisebb volt a recens közösség, mint a szubfosszilis esetében. A halasított mederben ellenben ez a trend megfordult és a recens közösség jelentkezett nagyobb értékkel, igaz a védett holtmeder recens közösségéhez viszonyítva 0,062-vel elmaradt.

A különböző hasznosítási formák alatt álló mederrészek egyedsűrűségére, fajszámaira és magára a habitatokra béta-diverzitást számoltunk. A béta-diverzitás kis kiterjedésű állóvizek esetén általánosan magas értékkel jellemzik (De Meester és mtsai., 2005). Számos kutatás foglalkozik különböző élőlények béta-diverzitásának számításával, de ezek főleg a kétéltűek (Knutson és mtsai., 2004), makroszkopikus vízi gerinctelenek (Wood és mtsai., 2001) vagy a plankton (Gallego és mtsai., 2012). Cladocera közösségre vonatkozó kutatás is történt (De Bie és mtsai., 2007), azonban csak a recens közösség bevonásával. A recens és szubfosszilis Cladocera közösség béta-diverzitását a leginkább a közösség hasonlósága határozta meg (lásd 14. ábra). A recens közösség esetében a Sørensen hasonlóság 0,628 volt, míg a szubfosszilis közösség esetében 0,646, ami azt mutatja, hogy a fajok eloszlása a meder egészére nézve közel azonos volt. Ezzel szemben a fajkicserélődés és fajgazdagság kevésbé volt meghatározó a két közösség béta-diverzitásában. Mind a

recens, mind a szubfosszilis közösség nagymértékben hasonlított egymáshoz (63% és 67% hasonlóság) – sok közös faj az eltérő mintavételi helyek – ennek következtében a két közösség diverzitása alacsonyabb volt, mint a beágyazottsága (89,6 % és 81,5 %). A beágyazottság a fajgazdagság és a hasonlóság értékeinek összege. RichDiff_{LCBD} a recens közösség esetében jobb-ferde mintázatot vesz fel, ami azt mutatja, hogy csak a helyek többsége járult hozzá arányosan a béta-diverzitáshoz. Repl_{LCBD} szintén jobb-ferde mintázatot mutat, ami azt jelenti, hogy az élőhelyek többsége arányosan nem járult hozzá a fajok kicserélődéséhez a helyek között (F1. ábra). Ez a mintázat a szubfosszilis közösség esetében megváltozik. RichDiff_{LCBD} bal-ferde mintázatot mutat, amit azt jelenti, hogy csak egy limitált számú hely járul hozzá a béta-diverzitáshoz arányosan. A repl_{LCBD} esetében szimmetrikus mintázatot találunk, ami a habitatot hozzájárulását mutatja a helyek közötti fajkicserélődésben (F2. ábra). Eredményeink alapján elmondhatjuk, hogy a recens és a szubfosszilis Cladocera közösség béta-diverzitásában nem tapasztaltunk szignifikáns különbségeket. Ezzel szemben Vad és mtsai. (2012) Észak-Magyarországi tavak vizsgálata során kimutatta, hogy a béta-diverzitás fő komponense a fajkicserélődés. Ugyan erre az eredményre jutott Tóth és mtsai. (2014), esetükben is igazolódott a fajkicserélődés szerepe a béta-diverzitás alakításában. Eredményeink egyik lehetséges magyarázata a Cladocera fajok különböző diszperziós képességéből ered és ez a diszperzió nagyfokú fajkicserélődéshez vezethet a mintavételi helyek között. Nagyobb földrajzi léptékben a Cladocera fajok helyettesíthetik egymást az ökoszisztéma működésében. Vad és mtsai (2017) nagy területen elhelyezkedő bombatölcsér tavak vizsgálatánál arra a

következtetésre jutottak, hogy a Cladocera fajkicserélődés a meghatározó a regionális diverzitás szerkezetére nézve. Vizsgálatunkban azonban a mintavételi helyek közötti távolság kicsi volt, így nem alakulhatott ki nagymértékű fajkicserélődés és fajgazdagságbeli különbség. A holtmeder diverzitásához legnagyobb mértékben a CIB1-7 és a CIB15-ös mintavételi helyek járultak hozzá, míg a *B. longirostris*, *B. coregoni*, *A. intermedia*, *C. sphaericus*, *P. laevis* és *C. rectirostris* egyedsűrűsége változott a legmarkánsabban a mintavételi helyek között.

Kutatásunk kimutatta, hogy a Cibakházi Holt-Tisza esetében a szubfosszilis Cladocera közösségre nagyobb diverzitás, fajsűrűség és heterogenitás jellemző, mint a recens közösségre. Összességében elmondhatjuk, hogy klasszikus diverzitási mutatók alapján kimutatható a hasznosítási formák hatásai a holtmederben. Ezzel szemben a béta-diverzitás értékek már csak óvatos becslésre adnak lehetőséget a hasznosítási forma hatására, illetve a két közösség diverzitásának elkülönülésére. Egyértelműen kimutatta azonban, hogy a meder teljes egészére nézve nincs szignifikáns hatása a halasításnak a szubfosszilis közösségre, ami arra enged következtetni, hogy egy ilyen mértékű biotikus behatás (halasítás) még nem okoz visszafordíthatatlan károkat a közösség szerkezetében. Így az alkalmazott hasznosítás felhagyása után, az eredetinek tekinthető közösség pótolható, a védett mederrésznek köszönhetően.

6. Összefoglalás

Változó világunkban fontos környezetünk védelmére egyre több időt és energiát fordítani. A Földön található vízi és vizes élőhelyek száma folyamatosan csökken, megóvásuk és fenntartásuk egyre sürgetőbb feladatot jelent. Hazánk változatos és gazdag vizes élőhelyek tekintetében, de jelentős része ezen élőhelyeknek az év adott időszakasaiban nem kielégítő vízminőségi állapotokat mutatnak, sok esetben akár ki is száradhatnak. Közvetlenül vagy közvetetten számos hatás éri ezeket a vizeket, amelyek hatással vannak az ott található élőhelyekre és élőlényekre is.

A Cladocera fajok egyedsűrűsége és fajszáma egy adott területen igen tág határok között alakulhat. A világ minden pontján előfordulnak, és igen érzékenyen reagálnak a környezetben bekövetkező változásokra. Közösségük szerkezetének átalakulása, a fajok egyedsűrűségének megváltozása teszi őket alkalmassá a különböző változások nyomon követésére. Kutatásunkat is erre a megfigyelésre alapozva végeztük el, hogy pontosabb képet alkothassunk arra vonatkozóan, hogy milyen formában jelzik a víztér aktuális hasznosítását.

A hazai és az európai szakirodalomban is limitált mennyiségű kutatást találunk, amelyben a víztér hasznosítási formájára irányuló megállapításokat tesznek, egyidejűleg vizsgálva a hasznosítás hatását a Cladocera közösség szerkezetének átalakulására. Kutatásunk során ezért arra vállalkoztunk, hogy pontosabb képet alkossunk a Cladocera fajok hasznosítási formára adott indikációjáról, a recens és szubfosszilis közösség egyidejű alkalmazhatóságáról, illetve a természetvédelmi

oltalom alatt álló (referencia) területek hatásairól a közösség diverzitásának fenntartásában.

Disszertációmban feltett kérdéseimet és az arra kidolgozott eredményeimet az alábbiakban összegzem:

A Cladocera fajok jelzik-e egy holtmeder jelenlegi hasznosítási formáját?

Eredményeink alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy már a fajszámok csökkenéséből, illetve növekedéséből következtetni tudunk a meder hasznosítására, azonban ez csak akkor értelmezhető, ha nem csak egyfajta hasznosítás alatt álló víztesten végezzük kutatásainkat.

A teljes fajkészletre elvégzett IndVal analízis eredménye azt mutatja, hogy a természetvédelmi oltalom alatt álló holtmedrek, sokkal több indikátor fajjal rendelkeznek. Ezen indikátor fajok között nem csak specifikusan arra a mederre megtalált Cladocera fajok fordultak elő, hanem olyan fajok is, amelyek a többi holtmederben is jelen voltak (például a *Camptocercus rectirostris*, *Pleuroxus uncinatus*, vagy a *Leydigia leydigi*). A védett holtmederben azonban megtaláltunk kettő ritka fajt is (*C. rectirostris* és *O. tenuicaudis*), így a passzív természetvédelmi kezelés hatása ebben a tekintetben világosan kimutatható. A Cladocera fajok indikátor szerepét az a tény is megerősíti, hogy nem regisztráltuk olyan szignifikáns indikátor értékkel rendelkező fajt, amely egynél több holtmederben is megjelent volna, mint indikátor faj.

Gyakori fajok tekintetében megállapítottuk, hogy az *Acroperus harpae* egyedsűrűségének növekvő tendenciája jelezte a holtmedrek

hasznosítási formájának változását. A természetvédelmi oltalomtól az intenzív halasítás vonalon haladva az *A. harpae* átlagos egyedsűrűsége csökkent. Így a további kutatásokban jó kiindulási alap lehet a víztér hasznosítási formájának kimutatásában.

Halak által előidézett, megnövekedett predációs nyomást mutattunk ki a Cibakházi Holt-Tisza halasított mederrészének recens Cladocera állományában, a másik kettő mederrészhez viszonyítva. Alacsony fajszámokat tapasztaltunk, ill. a kis mérettartományba sorolható *Bosmina* spp., és *Moina* spp. fajok dominanciája mutatkozott.

Szükséges-e a recens és szubfosszilis Cladocera közösségek egyidejű vizsgálata ahhoz, hogy a víztér jelenlegi hasznosítási formájának hatását megállapítsuk a közösség összetételére nézve?

A rendelkezésre álló csekély és nem mindig egyértelmű szakirodalmi információk figyelembe vételével azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a halak általi predáció kevésbé játszik fontos szerepet a szubfosszilis Cladocera közösség szerkezetének alakulásában, mint a recens Cladocera közösség vonatkozásában. Kutatásunk során nem tapasztaltunk jelentős eltéréseket a különböző hasznosítás alatt álló mederrészek szubfosszilis közösségében. Esetünkben a recens Cladocera közösség szerkezetének változása jobban reflektál az adott hasznosítási formára. Fontos megemlíteni, hogy a víztest teljes fajkészletének megismerése miatt nélkülözhetetlennek tartjuk a szubfosszilis közösség ismeretét is.

A szubfosszilis Cladocera közösség esetében minden vizsgált mederrészben nagyobb fajszámokat mutattunk ki, mint a recens közösség esetében a három hasznosítási forma vizsgálatakor. Akkor, ha reprezentatív képet akarunk alkotni egy sekély állóvíz teljes Cladocera fajkészletéről, fontosnak tartjuk a recens és szubfosszilis közösség egyidejű, párhuzamos vizsgálatát és összehasonlító elemzését. Így összetettebb képet alkothatunk a fajkészlet és közösség szerkezetében bekövetkező változásokról.

Milyen hatása van a védett vizes élőhelyeknek a Cladocera közösség diverzitásának fenntartásában?

Eredményeink alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy klasszikus diverzitási mutatók alapján egyértelműen kimutatható a védett terület pozitív hatása a diverzitás fenntartásában a recens Cladocera közösség esetében. Ezzel szemben magasabb diverzitási mutatókat kaptunk a szubfosszilis közösségre vonatkozóan, így azt feltételezhetjük, hogy a meder teljes egészére nincs szignifikáns hatása sem a védettségnek, sem a halasításnak a szubfosszilis Cladocera közösség esetében.

Béta-diverzitás eredményei csak óvatos megfogalmazásra adnak lehetőséget. A recens és a szubfosszilis Cladocera közösség béta-diverzitásában nem tapasztaltunk szignifikáns különbségeket. Az ágascsapú rák fajok diszpergáló képességüknek köszönhetően, a mintavételi helyek között alacsony volt a fajkicserélődés. Ez a jelenség nagyobb földrajzi léptékben fokozott mértékben történik, míg a kutatásunkba bevont holtmeder mintavételi helyei közel helyezkednek el

egymáshoz, így kismértékű fajkicserélődés és fajgazdagságbeli különbség alakulhat ki.

Kimutattuk, hogy a halasításnak nincs szignifikáns hatása a szubfosszilis közösségre, de a recens közösség esetében eltérést tapasztaltunk. Azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a meder életében ez a fajta biotikus hatás (halasítás) nem okoz olyan visszafordíthatatlan változásokat a közösségen belül, amely a hasznosítás megváltoztatásával ne lehetne visszafordítható. Ehhez azonban szükségesnek tartjuk legalább a meder egy részének védetté nyilvánítását így az, mint „biodiverzitás hotspot”-ként fenntarthatja az eredetinek tekinthető fajkészletet.

7. Új tudományos eredmények

- Igazoltam, hogy szignifikáns indikátor értékkel rendelkező Cladocera fajok alkotta szubfosszilis közösségek alkalmasak a természetvédelmi oltalom alatt álló holtmedrek elkülönítésére.
- Megállapítottam, hogy a holtmedrek aktuális hasznosítási formája – még akár egy holtmedren belül is – leképezhető az ágascsapú rák fauna összetételével és mennyiségi eloszlásával.
- Sikerült egy olyan Cladocera fajt (*Acroperus harpae*) azonosítani, aminek a mennyiségi viszonyai alapján a különböző hasznosítású holtmedreket egyértelműen el lehetett különíteni.
- Megállapítottam, hogy csak a recens és a szubfosszilis Cladocera fauna együttes vizsgálata alkalmas arra, hogy következtetéseket vonjunk le a hasznosítási formát illetően.
- Kimutattam, hogy a halasítás nagyobb hatással van a recens, mint a szubfosszilis Cladocera közösségre.
- Az extenzív halgazdálkodáshoz hasonlóan, természetes víztérben is bizonyítottam, hogy halasítás hatására lecsökken a recens Cladocera közösség Simpson-diverzitás értéke és a kis mérettartományú fajok (pl. *Bosmina* spp.) dominánssá válnak.

8. Summary

In our changing world, it is important to invest more and more time and energy to protect our environment. The number of aquatic and wetland habitats on Earth is constantly decreasing, and their conservation and maintenance is an urgent task. Hungary is diverse and rich in wetland habitats, but a significant proportion of these habitats show unsatisfactory water quality during certain periods of the year, and in many cases may even dry out. There are many direct or indirect impacts on these water bodies, which also affect the habitats and organisms there.

The number and species density of Cladocera species in a given area can vary widely. They occur everywhere in the world and are very sensitive to changes in the environment. Changes in the structure of their assemblage and changes in species density make them suitable for monitoring various changes. We also conducted our research based on this phenomenon to provide a more accurate picture of the form in which the current utilisation of the waterbody is indicated.

There is a limited amount of research in the domestic and European literature, which makes statements on the utilization forms of water bodies, and the effect of utilization on the restructuring of the Cladocera assemblage. Therefore, in our research, we have attempted to provide a more accurate picture of the indication of the Cladocera species for the utilization form, the simultaneous applicability of the contemporary and subfossil assemblages, and the effects of nature conservation (reference) areas on the maintenance of assemblage diversity.

My questions and the given answers in the dissertation are summarized below:

Do Cladocera species indicate the current form of utilization for an oxbow lake?

Based on our results, it can be concluded that we can already deduce the utilization form of the oxbow lake from the decrease and increase of species numbers.

The IndVal analysis of the entire species stock shows that the protected part of the oxbow lake has many more indicator species. Among these indicator species not only included Cladocera species found specifically on one oxbow lake, but also species that were also found in the other oxbow lakes (e.g. *Camptocercus rectirostris*, *Pleuroxus uncinatus* or *Leydigia leydigi*). However, two rare species have been identified in the protected oxbow lake, so the impact of nature conservation management can be demonstrated in this respect. The indicator role of Cladocera species is also confirmed by the fact that no species with a significant indicator value that appeared in more than one oxbow lake were detected as an indicator species.

With regard to common species, we have shown that the increasing tendency of *Acroperus harpae* density indicates a change in the utilization form of the oxbow lake. From nature protection to intensive fishing, the average density of *A. harpae* decreased. Thus, in further researches, it can be a good starting point for detecting the utilization form of an oxbow lake.

Increased predation pressure caused by fishes was detected in the contemporary Cladocera assemblage of the fishing section of the Cibakházi Holt-Tisza compared to the other two sections. We have experienced low species number, the small-sized (*Bosmina spp.*, and *Moina spp.*) species dominated.

Is a simultaneous study of contemporary and subfossil Cladocera communities necessary to determine the impact of the current form of utilization on community composition?

Considering the limited and not always clear information in the literature, it can be concluded that predation by fish plays a less important role in structuring the subfossil Cladocera assemblage than in the contemporary Cladocera assemblage. In our research, we did not find significant differences in the subfossil assemblage in the three different utilized section of the oxbow lake. In our case, the change in the structure of the contemporary Cladocera assemblage is more reflective of the particular form of utilization. It is important to note that due to the full knowledge of the whole Cladocera assemblage, we also consider it essential to know the subfossil assemblage too.

In the subfossil Cladocera assemblage, higher species numbers were observed in each of the studied oxbow lakes than in the contemporary Cladocera assemblage in the three utilization forms. To provide a representative picture to the entire Cladocera species stock of a shallow oxbow lake, we consider it important to include and evaluate the study of contemporary and subfossil assemblages simultaneously.

What impact do protected wetlands have on maintaining the diversity of the Cladocera community?

Based on our results, we concluded that the classical diversity index clearly shows the positive effect of the protected area in maintaining diversity in case of the contemporary Cladocera assemblage. In contrast, higher diversity indices were obtained for the subfossil assemblage, so it can be assumed that neither the protection nor the introduction of fish has a significant effect on the entire oxbow lake in case of the subfossil Cladocera assemblages.

The result of beta-diversity only allows for cautious estimation. There were no significant differences in beta-diversity between the contemporary and the subfossil Cladocera assemblage. Due to their dispersibility, these micro-crustacean species exhibited a high degree of species replacement between the sampling sites. This phenomenon is occurring on a larger geographical scale, while the sampling sites of the oxbow lakes in our study are close to each other, which may result in small species replacement and species richness differences.

We have shown that the introduction of fish has no significant effect on the subfossil assemblage, but we found differences in the contemporary assemblage. We can conclude that this type of biotic effect (introduction of fish) does not cause irreversible changes within the assemblage that cannot be restored by changing the utilization form. For this, however, we considered it necessary to declare at least a part of the oxbow lake

protected, so that it can maintain the original species stock as a “biodiversity hotspot”.

9. New scientific findings

- I demonstrated that Cladocera species of the subfossil communities with significant indicator values are suitable for separating the protected oxbow lakes.
- I found that the current utilization form of oxbow lakes – even within an oxbow lake – can be mapped by the composition and quantitative distribution of the Cladocera fauna.
- It was possible to identify a Cladocera species (*Acroperus harpae*) whose quantitative conditions made it possible to clearly distinguish oxbow lakes with different utilizations.
- I found that only a joint study of contemporary and subfossil Cladocera fauna is suitable to draw conclusions regarding the form of utilization.
- I have shown that fish installation has a greater impact on the recent than the subfossil Cladocera community.
- Similar to extensive fish farming, I have demonstrated in natural water bodies that the Simpson-diversity of the contemporary Cladocera community decreases as a result of the fish installation and small-sized species (eg. *Bosmina spp.*) become dominant.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom témavezetőmnek Dr. Nagy Sándor Alexnek, aki nélkül ez a dolgozat nem készülhetett volna el. Nem csak szakmai segítségével, hozzáállásával és iránymutatásával igazgatott eddig pályámon, de emberségessége példaértékkel szolgált számomra. Amikor más nem látta vagy láthatta meg bennem a potenciált, ő akkor is kiállt mellettem és támogatott céljaim elérésében. Csak remélni merem, hogy olyan PhD hallgatója lehettem, akire évek múltán is barátilag, meleg szívvel gondol majd vissza.

Köszönöm Dr. Grigorszky Istvánnak, aki a nehéz időkben felkarolt és nem hagyta, hogy elkallódjak a nagyvilágban. Baráti és szakmai beszélgetéseink egy forró bögre tea mellett mindig inspiráltak, hogy még többet ki tudjak hozni magamból. Hálával tartozom dolgozatom elkészítésében nyújtott szakmai tanácsaiért, észrevételeiért és iránymutatásáért.

Köszönet illeti Dr. Gyulai Istvánt, „alias” Godzie bácsit, aki elindított Cladocerákkal teli pályámon. Hálásan köszönöm mindazt, amit értem tett az elmúlt bő 9 év ismeretségünk alatt. Nélküled alapjaiban más lenne most az életem, köszönöm, hogy erre terelgetted utamat. Apám helyett is apám voltál, remélem a továbbiakban is őszinte barátsággal fordulhatok hozzád mind szakmai, mind baráti kérdésekben.

Köszönöm Prof. Dr. Dévai Györgynek és Dr. Szabó László Józsefnek, akikhez mindig bátran fordulhattam, ha szakmai tanácsára, segítségére volt szükségem.

Köszönöm Somlyai Imrének, akire nem csak PhD társamként, de barátként is számíthattam a nehéz pillanatokban, remélem, folytatjuk még a közös utat.

Köszönettel tartozom minden szerzőtársamnak, akik nélkül nem készülhetek volna el tudományos munkáim.

Továbbá szeretném megköszönni a Debreceni Egyetem Hidrobiológiai Tanszék összes kollégájának, PhD hallgatójának és hallgatójának, az együtt töltött felejthetetlen pillanatok, a baráti légkört és segítségüket a hosszú évek alatt. Köszönet illeti a Debreceni Egyetem Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék dolgozóit és PhD hallgatóit, akik segítettek a minták feldolgozásában.

Köszönöm Prof. Dr. Nagy Jánosnak, aki nélkül disszertációm sokkal nehezebben készülhetett volna el.

Hálás köszönettel tartozom szüleimnek, akik végig hittek bennem és kitartottak mellettem, nélkülük biztosan nem jutottam volna el még az egyetem kapujáig sem.

Hálám és szeretetem üldözi feleségemet Ritit, aki végig bízott bennem, támogatott, amikor már elhagytam magam és elviselt akkor, amikor már magamnak is kibírhatatlan voltam. Szereteted és kedvességed sose fogom elfelejteni.

Disszertációm elkészülését az alábbi pályázatok segítették:

NTP-EFÖ-P-15-0270

Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program NKFIH-1150-6/2019

Irodalomjegyzék

- Abonyi, A., Krasznai, E., Borics, G., Várbíró, G., Grigorszky, I., Tóthmérész, B., Padisák, J. (2009): Két Tisza-menti holtág rétegződési sajátosságai. *Hidrológiai Közlöny*, 89(6): 196-198.
- Agar, W. E. (1914): Parthenogenetic and sexual reproduction in *Simocephalus vetulus* and other Cladocera. *Journal of Genetics*, 3(3): 179-194.
- Ampel, L., Wohlfarth, B., Risberg, J., Veres, D., Leng, J. M., Tillman, K. P. (2010): Diatom assemblage dynamics during abrupt climate change: the response of lacustrine diatoms to Dansgaard-Oeschger cycles during the last glacial period. *Journal of Paleolimnology*, 44(2): 397-404.
- Amsinck, L. S., Strzelczak, A., Bjerring, R., Landkildehus, F., Lauridsen, L. T., Christoffersen, K., Jeppesen, E. (2006): Lake depth rather than fish planktivory determines cladoceran community structure in Faroese lakes – evidence from contemporary data and sediments. *Freshwater Biology*, 51(11): 2124-2142.
- Amundsen, P-A., Lafferty, D. K., Knudsen, R., Primicerio, R., Kristoffersen, R., Klemetsen, A., Kuris, M. A. (2013): New parasites and predators follow the introduction of two fish species to a subarctic lake: implications for food-web structure and functioning. *Oecologia*, 171: 993-1002.
- Andrič, M., Massafello, J., Eicher, U., Ammann, B., Leuenberger, C. M., Martinčič, A., Marinova, E., Brancelj, A. (2009): A multi-proxy Late-glacial paleoenvironmental record from Lake Bled, Slovenia. *Hydrobiologia*, 631: 121-141.
- Banta, M. A. (1916): Sex intergrades in a species of Crustacea. *PNAS*, 2(10): 578-583.
- Banta, M. A. (1918): Sex and sex intergrades in Cladocera. *PNAS*, 4(12): 373-379.
- Banta, M. A., Wood, R. T., Brown, A. L., Ingle, L. (1939): Studies on the physiology, genetics, and evolution of some Cladocera. *Carnegie Inst. Wash., Dept. Genetics*. pp. 285.
- Batáry, P., Báldi, A. (2005): Factors affecting the survival of real and artificial great reed warbler's nests. *Biologia*, 60(2): 215-219.

- Battarbee, W. R. (2000): Paleolimnological approaches to climate change, with special regard to the biological record. *Quaternary Science Reviews*, 19(1-5): 107-124.
- Battarbee, W. R., Grytnes, J.-A., Thompson, R., Appleby, G. P., Catalan, J., Korhola, A., Birks, B. J. H., Heegaard, E., Lami, A. (2002): Comparing paleolimnological and instrumental evidence of climate change for remote mountain lakes over the last 200 years. *Journal of Paleolimnology*, 28: 161-179.
- Bengtsson, L., Enell, M. (1986): Chemical analysis, p. 423-451. In Berglund, E. B. (ed.), *Handbook of Holocene paleoecology and paleohydrology*. Wiley-Interscience, Chichester, United Kingdom.
- Berta, Cs., Gyulai, I., Szabó, L. J., Simon, E., Nagy, A. S., Somlyai, I., Grigorszky, I. (2018): Cladocerans as indicators in the importance of passive nature conservation. *Biologia*, 73: 875-884.
- Berta, Cs., Kunderát, J. T., Balogh, Zs., Lakatos, Cs., Korponai, J., K. Kiss, M., Gyulai, I. (2014): Paleolimnological analysis of oxbows sediment in the Upper-Tisza region. *Hidrológiai Közlöny*, 5-6: 21-23. (Kézirat magyar nyelven angol kivenattal.)
- Berta, Cs., Tóthmérész, B., Wojewódka, M., Augustyniuk, O., Korponai, J., Bertalan-Balázs, B., Nagy, A. S., Grigorszky, I., Gyulai, I. (2019): Community response of Cladocera to trophic stress by biomanipulation in a shallow oxbow lake. *Water*, 11(5): 929-942.
- Bjerring, R., Becares, E., Declerck, S., Gross, M. E., Kairesalo, T., Nykänen, M., Halkiewicz, A., Kornijów, R., Conde-Porcuna, M. J., Seferlis, M., Nöges, T., Moss, B., Amsinck, L. S., Odgaard, V. B., Jeppesen, E. (2009): Subfossil Cladocera in relation to contemporary environmental variables in 54 Pan-European lakes. *Freshwater Biology*, 54(11): 2401-2417.
- Blake, G. J. (2005): Effects of prescribed burning on distribution and abundance of birds in a closed-canopy oak-dominated forest, Missouri, USA. *Biological Conservation*, 121: 519-531.
- Błędzki, L. A., Rybak, I. J. (2016): *Freshwater crustacean zooplankton of Europe. Cladocera & Copepoda (Calanoida, Cyclopoida) key to species identification*. Springer, Basel. pp. 918.
- Boersma, M., van Densen, T. L. W., Vijverberg, J. (1991): The effect of predation by smelt (*Osmerus eperlanus*) on *Daphnia hyaline* in a shallow eutrophic lake. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 24: 2438-2442.

- Boltizár, O., Müller, T., Urbányi, B., Csenki, Zs., Bakos, K., Staszny, Á., Hegyi, Á., Kucska, B., Kucharczyk, D., Horváth, L. (2017): Predatory effect of Copepods on the larvae of some freshwater fish. *Fundamental and Applied Limnology*, 190(4): 349-356.
- Bradbury, J. P., Colman, S. M., Reynolds, R. L. (2004): The history of recent limnological changes and human impact on Upper Klamath Lake, Oregon. *Journal of Paleolimnology*, 31: 151-165.
- Braun, M., Tóth, A., Alapi, K., Dévai, G., Lakatos, G., Posta, J., Szalóki, I. (2000): Environmental history of oxbow ponds: a sediment geochemical study of Marót-zugi-Holt-Tisza. *Tiscia*, 5: 133-138.
- Brendonck, L., De Meester, L. (2003): Egg banks in freshwater zooplankton: evolutionary and ecological archives in the sediment. *Hydrobiologia*: 491: 65-84.
- Brodersen, P. K., Dall, C. P., Lindegaard, C. (1998): The fauna in the upper stony littoral of Danish lakes: macroinvertebrates as trophic indicators. *Freshwater Biology*, 39(3): 577-592.
- Brown, L. A., Banta, M. A. (1932): Sex control in Cladocera. VII. male production on relation to temperature. *Physiological and Biochemical Zoology*, 5(2): 218-229.
- Brucet, S., Boix, D., Quintana, D. X., Jensen, E., Nathansen, W. L., Trochine, C., Meerhoof, M., Gascón, S., Jeppesen, E. (2010): Factors influencing zooplankton size structure at contrasting temperatures in coastal shallow lakes: Implications for effects of climate change
- Burns, W. C. (1968): The relationship between body size of filter-feeding Cladocera and the maximum size of particle ingested. *Limnology and Oceanography*, 13(4): 675-678.
- Cañedo-Argüelles, M., Sgrazi, S., Arranz, I., Quintana, D. X., Ersoy, Z., Landkildehus, F., Lauridsen, L. T., Jeppesen, E., Brucet, S. (2017): Role of predation in biological communities in naturally eutrophic sub-Arctic Lake Mývatn, Iceland. *Hydrobiologia*, 790: 213-223.
- Caramujo, M-J., Boavida, M-J. (2010): Biological diversity of copepods and cladocerans in Mediterranean temporary ponds under periods of contrasting rainfall. *Journal of Limnology*, 69(1): 64-75.
- Carignan, V., Villard, M-A. (2002): Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 78: 45-61.

- Carl, G. C. (1940): The distribution of some Cladocera and free-living Copepoda in British Columbia. *Ecological Monographs*, 10(1): 51-110.
- Carpenter, R. S., Cole, J. J., Hodgson, R. J., Kitchell, F. J., Pace, L. M., Bade, D., Cottingham, L. K., Essington, E. T., Houser, N. J., Schindler, E. D. (2001): Trophic cascades, nutrients, and lake productivity: whole-lake experiments. *Ecological Monographs*, 71(2): 163-186.
- Casper, S. J. (ed.) (1985): Lake Stechlin. A temperate oligotrophic lake. Dr. W. Junk Publication, Dordrecht, Boston, Lancaster.
- Castro, B. B., Marques, M. S., Gonçalves, F. (2007): Habitat selection and diel distribution of the crustacean zooplankton from a shallow Mediterranean lake during the turbid and clear water phases. *Freshwater Biology*, 52(3): 421-433.
- Christoffersen, K., Riemann, B., Klysner, A., Søndergaard, M. (1993): Potential role of fish predation and natural populations of zooplankton in structuring a plankton community in eutrophic lake water. *Limnology and Oceanography*, 38(3): 561-573.
- Clarke, R. K. (1993): Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18(1): 117-143.
- Daday, E. (1893): Adatok az alföldi szikes vizek mikrofaunájának ismeretéhez. *Matematikai és Természettudományi Értesítő*, 12: 10-43.
- Dale, H. V., Beyeler, C. S. (2001): Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, 1(1): 3-10.
- Dangles, O., Malmqvist, B. (2004): Species richness–decomposition relationships depend on species dominance. *Ecological Letters*, 7(5): 395-402.
- Davidson, A. T., Amsinck, L. S., Bennike, O., Christoffersen, S. K., Landkildehus, F., Lauridsen, L. T., Jeppesen, E. (2011): Inferring a single variable from an assemblage with multiple controls: getting into deep water with cladoceran lake-depth transfer functions. *Hydrobiologia*, 676: 129-142.
- Davidson, A. T., Sayer, D. C., Perrow, M., Bramm, M., Jeppesen, E. (2010): The simultaneous inference of zooplanktivorous fish and macrophyte density from sub-fossil cladoceran assemblages: a multivariate regression tree approach. *Freshwater Biology*, 53(3): 546-564.

- Davidson, A. T., Sayer, D. C., Perrow, R. M., Bramm, M., Jeppesen, E. (2007): Are the controls of species composition similar for contemporary and sub-fossil Cladoceran assemblages? A study of 39 shallow lakes of contrasting trophic status. *Journal of Paleolimnology*, 38: 117-134.
- De Bie, Declerck, S., Martens, K., De Meester, L., Brendonck, L. (2007): A comparative analysis of cladoceran communities from different water body types: patterns in community composition and diversity. *Pond Conservation in Europe. Developments in Hydrobiology*, 210: 19-27.
- De Cáceres, M., Jansen, F. (2015): Indicspecies: relationship between species and group of sites. R package version 1(7): 5.
- De Cáceres, M., Legendre, P. (2009): Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. *Ecology*, 90: 2566-3574.
- De Eyto, E., Irvine, K., García-Criado, F., Gyllström, M., Jeppesen, E., Kornijow, R., Miracle, R. M., Nykänen, M., Bareiss, C., Cerbin, S., Salujõe, J., Franken, R., Stephens, D., Moss, B. (2003): The distribution of chydorids (Branchiopoda, Anomopoda) in European shallow lakes and its application to ecological quality monitoring. *Archiv für Hydrobiologie*, 156(2): 181-202.
- De Meester, L., Declerck, S., Janse, H. J., Dagevos, J. J., Portielje, R., Lammens, E., Jeppesen, E., Lauridsen, T., Schwenk, K., Muylaert, K., Van der Gucht, K., Vyverman, W., Zwart, G., van Hannen, E., van Puijenbroek, M. T. J. P., Conde-Porcuna, M. J., Sánchez-Castillo, P., Vandekerckhove, J., Brendonck, L. (2006): Biodiversity in European shallow lakes: a multilevel-multifactorial field study. *Wetlands: Functioning, Biodiversity Conservation and Restoration. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*, vol. 191. Springer, Berlin, Heidelberg.
- De Meester, L., Declerck, S., Stoks, R., Louette, G., van De Meutter, F., De Bie, T., Michels, E., Brendonck, L. (2005): Ponds and pools as model systems in conservation biology, ecology and evolutionary biology. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15: 715-725.
- de Wit, R., Mostajir, B., Troussellier, M., Chi, T. D. (2011): Environmental management and sustainable use of coastal lagoons ecosystems. In: Friedman, A. G. (Ed.), *Lagoons: Biology*

- Management and Environmental Impact Series. Nova publisher, Hauppauge, New York. pp. 333-350.
- De'Ath, G., Fabricius, K. E. (2000): Classification and regression trees: a powerful yet simple technique for ecological data analysis. *Ecology*, 80: 3178-3192.
- Dean, W. (1974): Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition; comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Research*, 44(1): 242-248.
- Dévai, G., Aradi, C., Wittner, I., Olajos, P., Góri, S., Nagy, A. S. (2001): Proposal of the Tisza water and wetland condition assessment by the example of oxbow-lakes (in Hungarian). In: Borhidi, A., Botta-Dukát, Z. (eds.), *Ökológia az ezredfordulón. III. Diverzitás, konzerváció, szukcesszió, regeneráció*. MTA. pp. 183-205.
- Dobrosi, D., Haraszty, L., Szabó, G. (1993): Magyarországi árterek természetvédelmi problémái. WWF Füzetek 3. Budapest. p. 17.
- Dray, S., Bauman, D., Blanchet, G., Borcard, D., Clappe, S., Guenard, G., Jombart, T., Larocque, G., Legendre, P., Madi, N., et al. (2018): Adespatial: Multivariate Multiscale Spatial Analysis. Internetes elérés: <http://CRAN.R-project.org/package=adespatial>
- Dubois, M., Van dem Broeck, L., Inzé, D. (2018): The pivotal role of Ethylene in plant growth. *Trends in Plant Science*, 23(4): 311-323.
- Duigan, A. C., Birks, H. H. (2000): The late-glacial and early-Holocene palaeoecology of cladoceran microfossil assemblages at Kråkenes, western Norway, with a quantitative reconstruction of temperature changes. *Journal of Paleolimnology*, 23: 67-76.
- Duigan, A. C., Kovach, L. W. (1991): A study of the distribution and ecology of littoral freshwater chydorid (Crustacea, Cladocera) communities in Ireland using multivariate analyses. *Journal of Biogeography*, 18(3): 267-280.
- Dumont, J. H., Van de Velde, I., Dumont, S. (1975): The dry weight estimate of biomass in a selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental water. *Oecologia*, 19: 75-79.
- EPA, 2016 (LG403)
- Feng, Y., He, D. (2009): Transboundary water vulnerability and its drivers in China. *Journal of Geographical Sciences*, 19: 189-199.

- Flössner, D. (1964): Zur Cladocerenfauna des Stechlinsee-Gebietes. II. Ökologische Untersuchungen über die litoralen Arten. *Limnologica*, (2): 35–103.
- Flössner, D. (1972). Krebstiere, Crustacea; Kiemen- und Blattfüsser, Branchiopoda; Fischläuse, Branchiura. Die Tierwelt Deutschlands 60. G. Fisher Verlag, Jena, Germany.
- Fordyce, C. (1904)? Additional notes on the Cladocera of Nebraska. *Transactions of the American Microscopical Society*. 25: 45-54.
- Forró, L. (szerk.) (1997): Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer V. Rákok, szitakötők és egyenesszárnnyúak. Magyar Természettudományi Múzeum. Budapest.
- Forró, L., Korovchinsky, N. M., Kotov, A. A., Petrusek, A. (2008): Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater. In: Balian E.V., Lévêque C., Segers H., Martens K. (eds) *Freshwater Animal Diversity Assessment. Developments in Hydrobiology*, vol 198. Springer, Dordrecht.
- Frey, D. G. (1958): The late-glacial cladoceran fauna of small lake. *Archive für Hidrobiologie*, 54: 200-275.
- Frey, D. G. (1986): Cladocera analysis. In: Berglund, B. E. (ed.). *Handbook of Holocene palaeocology and palaeohydrology*. Wiley & Sons Ltd. p. 667-692.
- Frey, D. G. (1987): The taxonomy and biogeography of the Cladocera. *Hydrobiologia*, 145: 5-17.
- Frey, G. D. (1988): What is paleolimnology? *Journal of Paleolimnology*, 1: 5-8.
- Frimpong, E. A., Lochmann, S. E. (2005): Mortality of fish larvae exposed to varying concentrations of cyclopoid copepods. *North American Journal of Aquaculture*, 67: 66-71.
- Gallego, I., Davidson, T.A., Jeppesen, E., Pérez-Martínez, C., Sánchez-Castillo, P., Juan, M., Fuentes-Rodríguez, F., León, D., Peñalver, P., Toja, J., Casas, J.J. (2012): Taxonomic or ecological approaches? Searching for phytoplankton surrogates in the determination of richness and assemblage composition in ponds. *Ecological Indicators*, 18: 575–585.
- García-Girón, J., Fernández-Aláez, C., Fernández-Aláez, M., Luis, B. (2018): Subfossil Cladocera from surface sediment reflect contemporary assemblages and their environmental controls in Iberian flatland ponds. *Ecological Indicators*, 87: 33-42.

- Gehrke, P. C., Sheaves, M. J., Terry, J. P., Boseto, D., Ellison, J. C., Figa, B. S., Wani, J. (2011): Vulnerability of freshwater and estuarine fish habitats in the tropical Pacific to climate change. In: Bell, J., Johnson, J., Hobday, A. (eds.), *Vulnerability of Tropical Pacific Fisheries and Aquaculture to Climate Change*. Secretariat of the Pacific Community, Noumea, New Caledonia. pp 369–431.
- Glew, J. R. (1991): Miniature gravity corer for recovering short sediment cores. *Journal of Paleolimnology*, 5: 285-287.
- Gliwicz, Z. M. (1990): Food threshold and body size in cladocerans. *Nature*, 343: 638-640.
- Gliwicz, M. Z. (1985): Predation or food limitation: an ultimate reason for extinction of planktonic cladoceran species. *Archiv für Hydrobiologie*, 21: 419-430.
- Gliwicz, Z. M., Pijanowska, J. (1989): The role of predation in zooplankton succession. In: Sommer U. (eds) *Plankton Ecology*. Brock/Springer Series in Contemporary Bioscience. Springer, Berlin, Heidelberg
- Gotelli, N. J. (2001): Research frontiers in null model analysis. *Global Ecology and Biogeography*, 10: 337-343.
- Gulyás, P. (2000): Rotatoria és Crustacea vizsgálatok a Kőrös-Maros Nemzeti Park víztereiben. *Crisicum*, 3: 111-139.
- Gulyás, P., Forró, L. (1999): Az ágascsapú rákok (Cladocera) kishatározója. *Vízi Természet- és Környezetvédelem*, 9. KGI, Budapest. pp. 1-237.
- Gyllström, M., Hansson, L-A., Jeppesen, E., García-Criado, F., Gross, E., Irvine, K., Kairesalo, T., Kornijow, R., Miracle, R. M., Nykänen, M., Nöges, T., Romo, S., Stephen, D., Van Donk, E., Moss, B. (2005): The role of climate in shaping zooplankton communities of shallow lakes. *Limnology and Oceanography*, 50(6): 2008-2021.
- Gyulai, I., Kundrát, J. T., Balogh, Zs., Tóth, A., Lakatos, Gy. (2012): Comparative experiment with Cladocera from the oxbows of Rakamaz. *Hidrológiai Közlöny*, 5-6: 36-38.
- Gyulai, I., Lakatos, C., Kundrát, T. J., Balogh, C., Simon, E., Tóthmérész, B. (2018): Cladocera remains and vegetation types to assess the state of oxbows. *Nature Conservation*, 29: 27-38.
- Haberman, J. (2000): Dominant zooplankton species in Lake Peipsi. *Estonian Journal of Ecology*, 49: 34-51.
- Hamerlík, L., Dobříková, D., Szarłowicz, K., Reczynski, W., Kubica, B., Šporka, P. (2016): Lake biota response to human impact and local

- climate during the last 200 years: A multi-proxy study of a subalpine lake (Tatra Mountains, W Carpathians). *Science of the Total Environment*, 545-546: 320-328.
- Hamilton, A. J. (2005): Species diversity or biodiversity? *Journal of Environmental Management*, 75(1): 89-92.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., Paul, D. R. (2001) Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologica Electronica*, 4: 1-9.
- Hann, B. (1988): *Methods in Quaternary Ecology* No. 6, Cladocera, vol. 16. Geoscience, Canada. pp. 17-26.
- Hann, W. J. (1989): Habitat types as a vegetation management tool. In: *Proceedings of Land Classification Based on Vegetation: Application for Resource Management*. USDA Forest Service. pp. 144-149.
- Henry, M. (1919): On some Australian cladocera. *Journal of the Royal Society of New South Wales*. 52: 463-485.
- Hill, M. O. (1973): Diversity and Evenness?: A unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54(2): 427-432.
- Hofmann, W. (1996): Empirical relationship between cladoceran fauna and trophic state in thirteen northern German lakes: analysis of surficial sediments. *Hydrobiologia*, 318: 195-201.
- Hrbáček, J., Dvorakova, M., Korínek, V., Procházková, L. (1961): Demonstration of the effect of the fish stock on the species composition of the zooplankton and the intensity of metabolism of the whole plankton association. *Internationale Vereinigung für Theoretische und angewandte Limnologie, Verhandlungen*, 14: 192-195.
- Hvorslev, M. J. (1949): Subsurface exploration and sampling soils for civil engineering purpose. American Society of Civil Engineers, Waterways Experiment Station, Corps of Engineers, U. S. Army, Vicksburg, Mississippi, p. 1-521.
- Ida, K. (1990): Description of *Oxyurella tenuicaudis* (Sars, 1862) (Cladocera: Chydoridae) from Japan. *Japan Journal of Limnology*, 52(2): 101-108.
- Iglesias, C., Mazzeo, N., Meerhoff, M., Lacerot, G., Clemente, M. J., Scasso, F., Kruk, C., Goyenola, G., García-Alonso, J., Amsinck, L. S., Paggi, C. J., de Paggi, J. S., Jeppesen, E. (2011): High predation is of key importance for dominance of small-bodied zooplankton in

- warm shallow lakes: evidence from lakes, fish exclosures and surface sediments. *Hydrobiologia*, 667: 133-147.
- Illyová, M., Némethová, D. (2005): Long-term changes in cladoceran assemblages in the Danube floodplain area (Slovak-Hungarian stretch). *Limnologica*, 35(4): 274-282.
- IPCC, (2002): Climate change and biodiversity. IPCC technical paper V. International Panel on Climate Change, Geneva.
- Janauer, G. A., Exler, N., Schmidt-Mumm, U., Jolánka, G. (2012): Tisza oxbows and aquatic macrophytes: a short overview. *Acta Biologica Debrecina*, 27: 93-109.
- Jeppesen, E., Jensen, P. J., Søndegaard, M., Lauridsen, T., Landkildehus, F. (2000): Functional ecology and palaeolimnology: Using cladoceran remains to reconstruct anthropogenic impact. *Trends in Ecology and Evolution*, 16: 191–198.
- Jeppesen, E., Jensen, J. P., Lauridsen, T. L., Amsinck, S. L., Christoffersen, K., Søndegaard, M., Mitchell, S. F. (2003): Sub-fossils of cladocerans in the surface sediment of 135 lakes as proxies for community structure of zooplankton, fish abundance and lake temperature. *Hydrobiologia* 2003, 491, 321–330
- Jeppesen, E., Kronvang, B., Meerhoff, M., Søndegaard, M., Hansen, M. K., Andersen, E. H., Lauridsen, L. T., Liboriussen, L., Beklioglu, M., Özen, A., Olesen, E. J., (2009): Climate change effects on runoff, catchment phosphorus loading and lake ecological state, and potential adaptations. *Journal of Environmental Quality*, 38(5): 1930-1941.
- Jeppesen, E., Meerhoff, M., Davidson, A. T., Trolle, D., Søndegaard, M., Lauridsen, L. T., Beklioglu, M., Brucet, S., Volta, P., González-Bergonzoni, I., Nielsen, A. (2014): Climate change impacts on lakes: an integrated ecological perspective based on a multi-faceted approach, with special focus on shallow lakes. *Journal of Limnology*, 73(S1): 84-107.
- Jeppesen, E., Nöges, P., Davidson, T. A., Haberman, J., Nöges, T., Blank, K., Lauridsen, T. L., Søndegaard, M., Sayer, C., Laugaste, C., et al. (2011): Zooplankton as indicators in lakes: A scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). *Hydrobiologia*, 676, 279–297.
- Johansson, S. L., Amsinck, L. S., Bjerring, R., Jeppesen, E. (2005): Mid-to late-Holocene land-use change and lake development at Dallund

- Sø, Denmark: trophic structure inferred from cladoceran subfossils. *The Holocene*, 15(8): 1143-1151.
- Jungmayer, M., (1914): Budapest és környékének szabadon élő evezőlábú rákjai. *Matematikai- Természettudományi Közlemények*, 33: 1-156.
- 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): 31-42.
- Kattel, R. G., Battarbee, W. R., Mackay, A., Birks, B. J. H. (2007): Are cladoceran fossils in lake sediment samples a biased reflection of the communities from which they are derived? *Journal of Paleolimnology*, 38: 157-181.
- Kattel, R. G., Battarbee, W. R., Mackay, W. A., Birks, B. J. H. (2008): Recent ecological change in remote Scottish mountain loch: An evaluation of a Cladocera-based temperature transfer-function. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 259(1): 51-76.
- Kiss, A. (2004): Long-term changes of Crustacean (Cladocera, Ostracoda, Copepoda) assemblages in Szigetköz Floodplain area (Hungary) 1991-2002. *International Association of Danube Research*, 35: 2-7.
- Kiss, A. (2006): Cladocera, Ostracoda and Copepoda assemblages in different side-arms of the Danube in Gemenc floodplain (Danube-Dráva National Park, Hungary). *Limnological Reports*, 36: 250-254.
- Kleijn, D., Cherkaoui, I., Goedhart, W. P., Van der Hout, J., Lammertsma, D. (2013): Waterbirds increase more rapidly in Ramsar-designated wetlands than in unprotected wetlands. *Journal of Applied Ecology*, 51(2): 289-298.
- Knutson, M. G., Richardson, W. B., Reineke, D. M., Gray, B. R., Parmelee, J. R., Weick, S. E. (2004): Agricultural ponds support amphibian populations. *Ecological Applications*, 14: 669–684.
- Korhola, A., Rautio, M. (2001): Cladocera and other branchiopod crustaceans. In *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Biological Techniques and Indicators*; Smol, J.P., Birks, H.J.B., Last, W.M., Eds.; Kluwer Academic Publisher: Dordrecht, The Netherlands, Volume 2, pp. 1–38.
- Korhola, A., Tikkanen, M., Weckström, J. (2005): Quantification of Holocene lake-level changes in Finnish Lapland using a cladocera – lake depth transfer model. *Journal of Paleolimnology*, 34: 175-190.
- Korponai, J., Mátyás, K., Paulovits, G., Tátrai, I., Kovács, N. (1997): The effect of different fish communities on the cladocerans plankton

- assemblages of the Kis-Balaton Reservoir, Hungary. In *Cladocera: The Biology of Model Organisms. Developments in Hydrobiology*; Branceli, A., De Meester, L., Spaak, P., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, pp. 211–221.
- 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): 431-456.
- Korponai, J., Braun, M., Buczkó, K., Gyulai, I., Forró, L., Nédli, J., Papp, I. (2010): Transition from shallow lake to a wetland: a multi-proxy case study in Zalavári pond, Lake Balaton, Hungary. *Hydrobiologia*, 641: 225-244.
- Korponai, J., Varga, K., Lengré, T., Papp, I., Tóth, A., Braun, M. (2011): Paleolimnological reconstruction of the trophic state in Lake Balaton (Hungary) using Cladocera remains. *Hydrobiologia*, 676: 237-248.
- Kotov, A. A. (2009): A revision of *Leydigia* Kurz, 1875 (Anomopoda, Cladocera, Branchiopoda), and subgeneric differentiation within the genus. *Zootaxa*, 2082: 1-84.
- Kottász, J. (1913): Budapest környékének Cladocerái. *Állattani Közlemények*, 12(2): 73-104.
- Kovács, M. (2009): Leader program Magyarországon, az intézkedés kapcsolata a human és társadalmi tényezőkkel. Egyetemi dolgozat, Debrecen.
- Kurek, J., Koros, J. B., Jeziorski, A., Smol, J. P. (2010): Establishing reliable minimum count size for cladoceran subfossils sampled from lake sediments. *Journal of Paleolimnology*, 46: 603-612.
- Lakatos, G., Fleit, E., Mészáros, I. (2003): Ecotoxicological studies and risk assessment on the cyanide contamination in Tisza River. *Toxicology Letter*, 140-141: 333-342.
- Legendre, P., Legendre, L. (1998): *Numerical Ecology (Developments in Environmental Modeling)*, 2nd ed., Elsevier Science BV.: Amsterdam, The Netherlands, pp. 1-853.
- Lehmkuhl, F. J., Gould, E. L., Cázares, E., Hosford, R. D. (2004): Truffle abundance and mycophagy by northern flying squirrels in eastern Washington forests. *Forest Ecology and Management*, 200(1-3): 49-65.
- Letcher, B. H., Rice, J. A., Crowder, L. B., Rose, K. A. (1996): Variability in survival of larval fish: Disentangling components with a

- generalized individual-based model. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53: 787-801.
- Lilljeborg, W. (1900): *Cladocera Sueciae, oder Beiträge zur kenntnis der in Schweden lebenden Krebsthiere von der Ordnung der Branchiopoden und der Unterordnung der Cladoceren*. *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis*, 19: 1-701.
- Limburg, K. E., Waldman, J. R. (2009): Dramatic declines in North Atlantic diadromous fishes. *BioScience*, 59: 955-965.
- Lumer, H. (1932): The reaction of certain Cladocera to colored lights of equal intensity. *Ohio Journal of Science*, 32: 218-231.
- Mackay, W. A., Ryves, B. D., Morley, W. D., Jewson, H. D., Rioual, P. (2006): Assessing the bulnerability of endemic diatom species in Lake Baikal to predicted future climate change: a multivariate approach. *Global Change Biology*, 12(12): 2297-2315.
- Manca, M., Comoli, P. (1995): Temporal variations of fossil Cladocera in the sediments of Lake Orta (N. Italy) over the past 400 years. *Journal of Paleolimnology*, 14: 113-122.
- McCauley, E., Briand, F. (1979): Zooplankton grazing and phytoplankton species richness: Field tests of the predation hypothesis. *Limnology and Oceanography*, 24(2): 243-252.
- McCune, B., Grace, J. B. (2002): *Analysis of ecological communities*. MjM Software Design, Oregon, USA.
- Megyeri, J. (1958): Hidrobiológiai vizsgálatok két tőzegmoha lápon (Bábtava, Nyirestő). *Acta Academicae Pedagogicae Szegediensis*: 103-119.
- Megyeri, J. (1960): Hidrobiológiai vizsgálatok rizsföldeken. Különlenyomat Szegedi Pedagógiai Főiskola Évkönyvéből: 147-162.
- Megyeri, J. (1962) Adatok a nagybárcányi és a siroki Sphagnum-lápok vízifaunájának ismeretéhez. Különlenyomat Szegedi Pedagógiai Főiskola Évkönyvéből: 105-114.
- Mehner, T., Keeling, C., Emmrich, M., Holmgren, K., Argillier, C., Volta, P., Winfield, L. J., Brucet, S. (2016): Effects of fish predation on density and size spectra of prey fish communities in lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 73: 506-518.
- Meijering, D. P. M. (1983): On the occurrence of "Arctic" Cladocera with special reference to those along the Strait of Belle Isle (Quebec, Labrador, Newfoundland). *International Review of Hydrobiology*, 68(6): 885-893.

- Mészáros, G. (2015): A Cladocera és Copepoda együttesek összetételének tér-időbeli változásai a Ráckevei (Soroksári) – Dunaágon. Doktori értekezés. Gödöllő
- Michael, R. G., Frey, D. G. (1983): Assumed Amphi-Atlantic distribution of *Oxyurella tenuicaudis* (Cladocera, Chydoridae) denied by a new species from North America. *Hydrobiologia*, 106: 3-35.
- Miracle, R., Oertli, B., Céréghino, R., Hul, P. A. (2010): Preface: conservation of European ponds-current knowledge and future needs. *Limnetica*, 29(1): 1-8.
- Mirosław-Grabowska, J., Niska, M. (2005): Isotopic and Cladocera records of climate changes of Early Eemian at Besiekierz (Central Poland). *Geological Quarterly*, 49(1): 67-74.
- Mirosław-Grabowska, J., Niska, M., Roman, M. (2018): Long (MIS 5e-3) environmental history of a paleolake in central Poland recorded in the succession from Kubłowo. *Quaternary International*, 467(A): 26-42.
- Moss, B., Stephen, D., Alvarez, C., Becares, E., Van De Bund, W., Collings, E. S., Van Donk, E., De Eyto, E., Feldmann, T., Fernández-Alávez, C., Fernández-Alávez, M., Franken, M. J. R., García-Criado, F., Gross, M. E., Gyllström, M., Hansson, L-A., Irvine, K., Järvalt, A., Jensen, J-P., Jeppesen, E., Kairesalo, T., Kornijów, R., Krause, T., Künnap, H., Laas, A., Lill, E., Lorends, B., Luup, H., Miracle, R. M., Nöges, P., Nöges, T., Nykänen, M., Ott, I., Peczula, W., Peeters, M. H. T. E., Phillips, G., Romo, S., Russell, V., Salujõe, J., Scheffer, M., Siewertsen, K., Smal, H., Tesch, C., Timm, H., Tuvikene, L., Tonno, I., Virro, T., Vicente, E., Wilson, D. (2003): The determination of ecological status in shallow lakes – a tested system (ECOFRAME) for implementation of the European Water Framework Directive. *Aquatic Conservation*, 13(6), 507-549.
- Mouillot, D., Culioli, J-M., Chi, D. T. (2002): Indicator species analysis as a test of non-random distribution of species in the context of marine protected areas. *Environmental Conservation*, 29(3): 385-390.
- Nevalainen, L., Luoto, P. T. (2016): Relationship between cladoceran (Crustacea) functional diversity and lake trophic gradients. *Functional Ecology*, 31(2): 488-498.
- Nevalainen, I. (2010): Evaluation of microcrustacean (Cladocera, Chydoridae) biodiversity based on sweep net and surface sediment samples. *EcoScience*, 17(4): 356-364.

- Nevalainen, L. (2008): Parthenogenesis and gamogenesis in seasonal succession of chydorids (Crustacea, Chydoridae) in three low-productive lakes as observed with activity traps. *Polish Journal of Ecology*, 56: 85-97.
- Newton, A., Icely, J., Cristina, S., Brito, A., Cardoso, C. A., Colijn, F., Riva, D. S., Gertz, F., Hansen, W. J., Holmer, M., Ivanova, K., Leppäkoski, E., Canu, M. D., Mocenni, C., Mudge, S., Murray, N., Pejrup, M., Razinkovas, A., Zaldívar, J-M. (2014): An overview of ecological status, vulnerability and future perspectives of European large shallow, semi-enclosed coastal systems, lagoons and transitional waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 140(1): 95-122.
- Nédli, B. J. (2015): Kriptikus ágascsapú rák (Cladocera, Crustacea) fajkomplexek és a kiskák közösséget befolyásoló környezeti tényezők vizsgálata időszakos kisvizekben. ELTE
- Nurnberger, K. P. (1930): The plant and animal food of the fishes of Big Sandy Lake. *Transactions of the American Fisheries Society*, 60: 253-259.
- Nykänen, M., Vakkilainen, K., Liukkonen M., Kairesalo, T. (2009): Cladoceran remains in lake sediments: A comparison between plankton counts and sediment records. *Journal of Paleolimnology*, 4: 551–570.
- Obreshkove, V., Banta, M. A. (1930): A study of the rate of oxygen consumption of different Cladocera clones derived originally from a single mother. *Physiological and Biochemical zoology*, 3(1): 1-8.
- Oertli, B., Biggs, J., Céréghino, R., Grillas, P., Joly, P., Lachavanne, J.-B., 2005. Conservation and monitoring of pond biodiversity: introduction. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15: 535–540.
- Oertli, B., Céréghino, R., Hull, A., Miracle, R., 2009. Pond conservation: from science to practice. *Hydrobiologia*, 634: 1–9.
- Oertli, B., Joye, D. A., Castella, E., Juge, R., Cambin, D., Lachavanne, J. B. (2002): Does size matter? The relationship between pond area and biodiversity. *Biological Conservation*, 104: 59-70.
- Pál, I., Buczkó, K., Vincze, I., Finsinger, W., Braun, M., Biró, T., Magyari, K. E. (2018): Terrestrial and aquatic ecosystem responses to early Holocene rapid climate change (RCC) events in the South Carpathian Mountains, Romania. *Quaternary International*, 477: 79-93.

- Pálfai, I. (2001): Magyarország holtágai. közlekedési és Vízügyi Minisztérium, Budapest.
- Persson, L., Byström, P., Wahlström, E., Westman, E. (2004): Trophic dynamics in a whole lake experiment: Size-structured interactions and recruitment variation. *Oikos*, 106: 263-274.
- Petrusek, A., Černý, M., Audenaert, E. (2004): Large intercontinental differentiation of *Moina micrura* (Crustacea: Anomopoda): one less cosmopolitan Cladoceran? *Hydrobiologia*, 526: 73-81.
- Piscia, R., Guilizzoni, P., Fontaneto, D., Vignati, D. A. L., Appleby, P. G., Manca, M. (2012): Dynamics of rotifer and cladoceran resting stages during copper pollution and recovery in a subalpine lake. *International Journal of Limnology: Annales de Limnologie*, 48: 151-160.
- Podani, J., Schmera, D. (2011): A new conceptual and methodological framework for exploring and explaining pattern in presence-absence data. *Oikos*, 120: 1625–1638.
- Preisendorfer, W. R. (1986): Secchi disk science: Visual optics of natural water. *Limnology and Oceanography*, 31(5): 909-926.
- Premazzi, G., Chiaudani, G. (1992): Ecological quality of surface waters: quality assessment schemes for European community lakes. Brussels-Luxembourg: Commission of the European Communities, pp. 1-124.
- R Core Team (2018): R: A language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- R Development Core Team (2010): R: A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing. Vienna, Austria.
- Raat, P. J. A. (1985): Analysis of angling vulnerability of common carp, *Cyprinus carpio* L., in catch-and-release angling in ponds. *Aquaculture Research*, 16(2): 171-187.
- Reissing, M., Trochine, C., Queimalinos, C., Balseiro, E., Modenutti, B. (2006): Impact of fish introduction on planktonic food webs in lakes of the Patagonian Plateau. *Biological Conservation*: 132(!): 437-447.
- Reynolds, J., Murphy, M., Connor, O. Á. (2004): Early season cladoceran diversity of Atlantic temporary ponds (turloughs). *Archives des Sciences*, 57: 97-104.
- Richardson, A. J. (2008): In hot water: zooplankton and climate change. *ICES Journal of Marine Sciences*, 65: 279-295.

- Ryan, M. J., Attuquayefio, D. (2000): Mammal fauna of the Muni-Pomadze Ramsar site, Ghana. *Biodiversity and Conservation*, 9: 541-560.
- Samraoui, B., Samraoui, F. (2013): An ornithological survey of Algerian wetlands: Important bird areas, Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl*, 58: 71-96.
- Sarmaja-Korjonen, K. (2002): Multi-proxy data from Kaksoislammi Lake in Finland: dramatic change in the late Holocene cladoceran assemblages. *Journal of Paleolimnology*, 28: 287-296.
- Sars, G. O. (1903): On the crustacean fauna of Central Asia Part II. Cladocera. *Annales de Musé: Zoologica Academica Scientologie*, 8: 157-194.
- Sarvala, J., Helminen, H., Saarikari, V., Salonen, S., Vuorio, K. (1998): Relations between planktivorous fish abundance, zooplankton and phytoplankton in three lakes of differing productivity. In: Tamminen T., Kuosa H. (eds) *Eutrophication in Planktonic Ecosystems: Food Web Dynamics and Elemental Cycling. Developments in Hydrobiology*, vol 127. Springer, Dordrecht
- Scheffer, M. (2001): Alternative attractors of shallow lakes. *The Scientific World Journal*, 1: 54-63.
- Schindler, W. D. (1969): Two useful devices for vertical plankton and water sampling. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 26(7): 1948-1955.
- Sebestyén, O. (1965): Cladocera studies in Lake Balaton III. Preliminary studies for lake history investigation. *Annales Instituti Biologici (Tihany) Hungaricae Academie Scientarium*, 36: 229-256.
- Sebestyén, O. (1969): Kladocera tanulmányok a Balatonon IV. Negyedkori maradványok a Balaton üledékében I. *Annales Instituti Biologici (Tihany) Hungaricae Academie Scientarium*, 36: 229-256.
- Sebestyén, O. (1970): Kladocera tanulmányok a Balatonon IV. Negyedkori maradványok a Balaton üledékében II. *Annales Instituti Biologici (Tihany) Hungaricae Academie Scientarium*, 37: 247-279.
- Sebestyén, O. (1971): Kladocera tanulmányok a Balatonon IV. Negyedkori maradványok a Balaton üledékében III. *Annales Instituti Biologici (Tihany) Hungaricae Academie Scientarium*, 38: 227-268.
- Shannon, C. E. (1948): A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27: 379-423.

- Shumate, C. B., Schelske, L. C., Crisman, L. T., Kenney, F. W. (2002): Response of the cladoceran community to trophic state change in Lake Apopka, Florida. *Journal of Paleolimnology*, 27: 71-77.
- Simpson, E. H. (1949): Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688.
- Sinev, Y. A., Zawisza, E., Einarsson, Á. (2012): Unusual stable morphotype of *Acroperus harpae* (Baird, 1834) from Lake Mývatn, Iceland (Cladocera: Anomopoda, Chydoridae) revealed by paleolimnological studies. *Studia Quaternaria*, 29: 3-7.
- Słowiński, M., Skubała, P., Zawiska, I., Kruk, A., Obremaska, M., Milecka, K., Ott, F. (2018): Cascading effects between climate, vegetation, and macroinvertebrate fauna in 14,000-year palaeoecological investigations of a shallow lake in Poland. *Ecological Indicators*, 85: 329-341.
- Smirnov, N. N., Kotov, A. A., Coronel, S. J. (2007): Partial revision of the aduncus-like species of *Pleuroxus* Baird, 1843 (Chydoridae, Cladocera) from the southern hemisphere with comments on subgeneric differentiation within the genus. *Journal of Natural History*, 40(27-28): 1617-1639.
- Smith, G. (1915): The life-cycle of Cladocera, with remarks on the physiology of growth and reproduction in crustacea. *Proceedings of the Royal Society B*, 88(605): 418-435.
- Smol, J. P. (2008): *Pollution of Lakes and Rivers – A paleoenvironmental Perspective*. Blackwell Publishing, Oxford.
- Søndergaard, M., Jeppesen, E., Peder, J. J. (2005): Pond or lake: does it make any difference? *Archiv für Hydrobiologie*, 162(2): 143-165.
- Speciár, A. (2010): A Balaton halfaunája: A halállomány összetétele, az egyes halfajok életkörülményei és a halállomány korszerű hasznosításának feltételrendszere. *Acta Biologica Debrecina Oecologica Hungarica*, 23: 1-185.
- Sterner, W. R. (1989): The role of grazers in phytoplankton succession. *Plankton Ecology*. In: Sommer, U. (ed.) *Plankton Ecology*. Brock/Springer Series in Contemporary Bioscience. Berlin, pp. 107-170.
- Strayer, D. L., Dudgeon, D. (2010): Freshwater biodiversity conservation: Recent progress and future challenges. *Journal of North American Benthological Society*, 29: 344-358.
- Stromsten, A. F. (1920): Cladocera of the Okoboji Region. *Proceedings of the Iowa Academy of Science*. 27(1): 265-268.

- Sweetman, N. J., Smol, P. J. (2006): Patterns in the distribution of Cladocerans (Crustacea: Branchiopoda) in lakes across a North-south transect in Alaska, USA. *Hydrobiologia*, 553(1): 277-291.
- Swynnerton, H. G., Worthington, B. E. (1940): Note on the food of fish in haweswater (Westmorland). *Journal of Animal Ecology*, 9(2): 183-187.
- Szeroczyńska, K., Sarmaja-Korjonen, K. (2007): Atlas of subfossil cladocera from Central and Northern Europe. Friends of the Lower Vistula Society. Świecie.
- Szeroczyńska, K., Zawizsa, E. (2011): Subfossil faunal and floral remains (Cladocera, Pediastrum) in two northern Lobelia lakes in Finland. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 402: 9-23.
- Taverna, K., Peet, K. R., Phillips, C. L. (2005): Long-term change in ground-layer vegetation of deciduous forests of the North Carolina Piedmont, USA. *Journal of Ecology*, 93(1): 202-213.
- Thienpont, J. R., Korosi, J. B., Cheng, E. S., Deasley, K., Pisaric, M., Smol, J. P. (2015): Recent climate warming favours more specialized cladoceran taxa in western Canadian Arctic lakes. *Journal of Biogeography*, 42: 1553-1565.
- Tolotti, M., Milan, M., Szeroczyńska, K. (2016): Subfossil Cladocera as a powerful tool for paleoecological reconstruction. *Advanced in Oceanography and Limnology*, 7: 125-130.
- Tóth, A., Horváth, Z., Vad, F. C., Zsuga, K., Nagy, A. S., Boros, E. (2014): Zooplankton of the European soda pans: Fauna and conservation of a unique habitat type. *International Review of Hydrobiology*, 99(3): 255-276.
- Ueno, M. (1936): Cladocera of Mauna Kea, Hawaii. *Occasional papers of Bernice P. Bishop Museum*, 12(11): 1-9.
- Urabe, J., Elser, J. J., Kyle, M., Yoshida, T., Sekino, T., Kawabata, Z. (2002): Herbivorous animals can mitigate unfavourable ratios of energy and material supplies by enhancing nutrient recycling. *Ecology Letters*, 5(2): 177-185.
- Vad, F. C., Horváth, Z., Kiss, K. T., Ács, É. (2012): Microcrustacean (Cladocera, Copepoda) communities in artificial lakes in the region of the North-Hungarian Mountains, with special reference to the adventive species. *Acta Zoologica Academiae Hungaricae*, 58(Suppl.): 47-61.
- Vadai-Fülöp, C., Hufnagel, L., Zsuga, K. (2010): Effect of sampling effort and sampling frequency on the composition of the planktonic

- crustacean assemblage: a case study of the river Danube. *Environmental Monitoring and Assessment*, 163(1-4). 125-138.
- Vandekerckhove, J., Declerck, S., Brendonck, L., Conde-Porcuna, M. J., Jeppesen, E., De Meester, L. (2004): Hatching of cladoceran resting eggs: temperature and photoperiod. *Freshwater Biology*, 50(1): 96-104.
- Vijverberg, J., Boersma, M. (1997): Long-term dynamics of small-bodied and large-bodied cladocerans during the eutrophication of a shallow reservoir, with special attention for *Chydorus sphaericus*. *Hydrobiologia*, 360: 233-242.
- Whiteside, C. M. (1970): Danish Chydorid Cladocera: Modern ecology and core studies. *Ecological Monographs*, 40(1): 79-118.
- Williams, P., Whitfield, M., Biggs, J., Bray, S., Fox, G., Nicolet, P., Sear, D. (2004): Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England. *Biological Conservation*, 115: 329-341.
- Wood, S. N. (2011): Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models. *Journal of the Royal Society Statistical Methodology Series B*, 73(1): 3-36.
- WoRMS (2020): World Register of Marine Species. Cladocera. Elérés: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=1076> on 2020-08-17.
- Woynárovich, E. (1938): Vorläufige Mitteilung über die Entomostraken- und Rotatorienfauna der im Sommer austrocknenden Gewässer der Umgebung von Mezöcsát (kom. Borsod.). *Fragmenta Faunistica Hungarica*, 1: 24-25.
- Zaret, M. T. (1972): Predator-prey interaction in a tropical lacustrine ecosystem. *Ecology*, 53(2): 248-257.
- Zaret, M. T. (1972): Predators, invisible prey, and the nature of polymorphism in the Cladocera (Class Crustacea). *Limnology and Oceanography*, 17(2): 171-184.
- Zaret, M. T., Suffern, S. J. (1976): Vertical migration in zooplankton as a predator avoidance mechanism. *Limnology and Oceanography*, 21(6): 804-813.
- Zhang, S., Liu, A., Ma, J., Zhou, Q., Xu, D., Cheng, S., Zhao, Q., Wu, Z. (2010): Changes in physicochemical and biological factors during regime shifts in a restoration demonstration of macrophytes in a

small hypereutrophic Chinese lake. *Ecological Engineering*, 36(12): 1611-1619.

Függelék

F1. táblázat. A Felső-Tisza Gyüre és Tiszadob közötti szakaszán található Kis-Zátony tó mintavételi helyein azonosított Cladocera fajok ind./cm⁻³ egyedsűrűség értékekkel feltüntetve.

	Kis-Zátony tó					
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1835)	82	71	71	62	31	67
<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)	50	35	75	43	119	0
<i>A. costata</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>A. guttata</i> (Sars, 1862)	0	29	0	19	25	40
<i>A. intermedia</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>A. quadrangularis</i> (O.F. Müller, 1776)	54	53	25	52	50	140
<i>A. rectangula</i> (Sars, 1862)	36	0	38	71	138	200
<i>A. rustica</i> (Scott, 1895)	0	0	0	0	0	0
<i>Alonella excisa</i> (Fischer, 1854)	29	59	17	71	200	120
<i>A. exigua</i> (Lilljeborg, 1853)	0	6	4	19	75	33
<i>A. nana</i> (Baird, 1843)	0	0	0	0	0	0
<i>Alonopsis elongata</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>Bosmina</i> (E.) <i>coregoni</i> (Baird, 1857)	96	88	75	57	0	0
<i>B. longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	136	288	154	133	169	80
<i>B. (E.) longispina</i> (Leydig, 1860)	46	88	38	38	0	13
<i>Camptocercus fennicus</i> (Stenroos, 1898)	0	0	0	0	0	0
<i>C. lilljeborgi</i> (Schödler, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>C. rectirostris</i> (Schoedler, 1862)	0	0	13	5	0	0
<i>Chydorus gibbus</i> (Sars, 1890)	4	0	21	10	0	33
<i>C. piger</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>C. sphaericus</i> (O.F. Müller, 1785)	161	253	279	248	319	507
<i>Daphnia</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Disparlona rostrata</i> (Koch, 1841)	0	0	0	0	0	0
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1848)	0	24	4	19	31	120
<i>Kurzia latissima</i> (Kurz, 1875)	0	0	0	14	6	27
<i>Leydigia achantocercoides</i> (Fischer, 1854)	0	0	0	0	0	0
<i>L. leydigi</i> (Schoedler, 1863)	0	0	0	0	0	0
<i>Monospilus dispar</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>Oxyurella tenuicaudis</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>Paralona pigra</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>Pleuroxus laevis</i> (Sars, 1862)	0	171	88	81	119	113
<i>P. trigonellus</i> (O.F. Müller, 1785)	21	18	0	10	0	0
<i>P. truncatus</i> (O.F. Müller, 1785)	0	29	0	14	0	0
<i>P. uncinatus</i> (Baird, 1850)	0	24	4	5	0	7
<i>Pseudochydorus globosus</i> (Baird, 1843)	0	0	0	0	0	0

F2. táblázat. A Felső-Tisza Gyüre és Tiszadob közötti szakaszán található Szabolcsi Holt-Tisza mintavételi helyein azonosított Cladocera fajok ind./cm⁻³ egyedsűrűség értékekkel feltüntetve.

	Szabolcsi Holt-Tisza					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1835)	0	0	0	9	23	0
<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)	0	0	0	0	0	0
<i>A. costata</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>A. guttata</i> (Sars, 1862)	100	50	36	109	59	191
<i>A. intermedia</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>A. quadrangularis</i> (O.F. Müller, 1776)	0	0	0	0	0	0
<i>A. rectangula</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>A. rustica</i> (Scott, 1895)	0	0	0	0	0	0
<i>Alonella excisa</i> (Fischer, 1854)	0	0	0	0	0	0
<i>A. exigua</i> (Lilljeborg, 1853)	0	0	0	0	0	0
<i>A. nana</i> (Baird, 1843)	0	0	0	0	0	0
<i>Alonopsis elongata</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>Bosmina</i> (E.) <i>coregoni</i> (Baird, 1857)	277	314	550	150	282	236
<i>B. longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	141	355	295	145	277	218
<i>B. (E.) longispina</i> (Leydig, 1860)	0	0	0	36	0	0
<i>Camptocercus fennicus</i> (Stenroos, 1898)	0	0	0	0	0	0
<i>C. lilljeborgi</i> (Schödler, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>C. rectirostris</i> (Schoedler, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>Chydorus gibbus</i> (Sars, 1890)	0	68	0	36	0	36
<i>C. piger</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>C. sphaericus</i> (O.F. Müller, 1785)	245	82	23	227	127	218
<i>Daphnia</i> sp.	0	0	3	0	0	0
<i>Disparlona rostrata</i> (Koch, 1841)	0	0	0	0	0	0
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1848)	0	0	0	0	0	0
<i>Kurzia latissima</i> (Kurz, 1875)	0	0	0	0	0	0
<i>Leydigia achantocercoides</i> (Fischer, 1854)	0	0	0	9	0	36
<i>L. leydigi</i> (Schoedler, 1863)	0	14	0	0	5	0
<i>Monospilus dispar</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>Oxyurella tenuicaudis</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>Paralona pigra</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>Pleuroxus laevis</i> (Sars, 1862)	0	27	0	27	73	18
<i>P. trigonellus</i> (O.F. Müller, 1785)	0	0	0	18	0	0
<i>P. truncatus</i> (O.F. Müller, 1785)	0	0	0	0	0	0
<i>P. uncinatus</i> (Baird, 1850)	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudochydorus globosus</i> (Baird, 1843)	105	0	0	73	41	0

F3. táblázat. A Felső-Tisza Gyüre és Tiszadob közötti szakaszán található Bodonyszögi Holt-Tisza mintavételi helyein azonosított Cladocera fajok ind./cm⁻³ egyedsűrűség értékekkel feltüntetve.

	Bodonyszögi Holt-Tisza					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1835)	7	4	0	9	11	0
<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)	14	0	0	9	11	0
<i>A. costata</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>A. guttata</i> (Sars, 1862)	7	7	33	0	0	0
<i>A. intermedia</i> (Sars, 1862)	7	11	50	9	0	17
<i>A. quadrangularis</i> (O.F. Müller, 1776)	7	0	0	9	22	17
<i>A. rectangula</i> (Sars, 1862)	7	0	17	0	0	17
<i>A. rustica</i> (Scott, 1895)	0	0	0	0	0	0
<i>Alonella excisa</i> (Fischer, 1854)	0	0	0	0	0	0
<i>A. exigua</i> (Lilljeborg, 1853)	0	0	0	0	0	0
<i>A. nana</i> (Baird, 1843)	0	7	0	9	11	0
<i>Alonopsis elongata</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>Bosmina</i> (E.) <i>coregoni</i> (Baird, 1857)	628	211	1517	691	678	1300
<i>B. longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	386	204	1650	518	667	1300
<i>B. (E.) longispina</i> (Leydig, 1860)	57	33	367	209	234	583
<i>Camptocercus fennicus</i> (Stenroos, 1898)	0	0	0	0	0	0
<i>C. lilljeborgi</i> (Schödler, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>C. rectirostris</i> (Schoedler, 1862)	0	4	0	9	11	0
<i>Chydorus gibbus</i> (Sars, 1890)	14	0	0	9	11	0
<i>C. piger</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>C. sphaericus</i> (O.F. Müller, 1785)	221	133	50	291	378	50
<i>Daphnia</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Disparlona rostrata</i> (Koch, 1841)	7	4	0	0	11	0
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1848)	7	11	0	9	22	33
<i>Kurzia latissima</i> (Kurz, 1875)	0	0	0	0	0	0
<i>Leydigia achantocercoides</i> (Fischer, 1854)	0	0	0	0	0	0
<i>L. leydigi</i> (Schoedler, 1863)	0	0	17	0	11	17
<i>Monospilus dispar</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>Oxyurella tenuicaudis</i> (Sars, 1862)	7	0	0	0	0	0
<i>Paralona pigra</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>Pleuroxus laevis</i> (Sars, 1862)	36	22	17	0	22	17
<i>P. trigonellus</i> (O.F. Müller, 1785)	0	0	0	9	0	0
<i>P. truncatus</i> (O.F. Müller, 1785)	0	0	0	0	0	0
<i>P. uncinatus</i> (Baird, 1850)	7	0	0	0	11	17
<i>Pseudochydorus globosus</i> (Baird, 1843)	7	0	0	45	89	0

F4. táblázat. A Felső-Tisza Gyüre és Tiszadob közötti szakaszán található Gyürei Holt-Tisza mintavételi helyein azonosított Cladocera fajok ind./cm⁻³ egyedsűrűség értékekkel feltüntetve.

	Gyürei Holt-Tisza					
	G1	G2	G3	G4	G5	G6
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1835)	38	13	55	47	20	20
<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)	113	50	82	40	47	127
<i>A. costata</i> (Sars, 1862)	13	0	36	0	20	0
<i>A. guttata</i> (Sars, 1862)	50	0	55	40	133	147
<i>A. intermedia</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>A. quadrangularis</i> (O.F. Müller, 1776)	150	25	245	100	0	133
<i>A. rectangula</i> (Sars, 1862)	44	0	73	20	40	40
<i>A. rustica</i> (Scott, 1895)	0	0	0	0	0	0
<i>Alonella excisa</i> (Fischer, 1854)	0	0	0	0	0	0
<i>A. exigua</i> (Lilljeborg, 1853)	0	0	0	0	0	0
<i>A. nana</i> (Baird, 1843)	13	0	0	0	0	0
<i>Alonopsis elongata</i> (Sars, 1862)	6	0	0	0	0	0
<i>Bosmina</i> (E.) <i>coregoni</i> (Baird, 1857)	88	300	455	180	220	13
<i>B. longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	50	1288	355	113	267	120
<i>B. (E.) longispina</i> (Leydig, 1860)	106	838	136	33	227	73
<i>Camptocercus fennicus</i> (Stenroos, 1898)	6	0	0	27	0	0
<i>C. lilljeborgi</i> (Schödler, 1862)	6	0	18	0	0	7
<i>C. rectirostris</i> (Schoedler, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>Chydorus gibbus</i> (Sars, 1890)	44	0	0	13	7	133
<i>C. piger</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>C. sphaericus</i> (O.F. Müller, 1785)	375	0	182	413	213	767
<i>Daphnia</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Disparlona rostrata</i> (Koch, 1841)	0	0	0	0	0	0
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1848)	13	0	36	87	187	0
<i>Kurzia latissima</i> (Kurz, 1875)	0	0	0	0	0	13
<i>Leydigia achantocercoides</i> (Fischer, 1854)	0	0	0	0	0	0
<i>L. leydigi</i> (Schoedler, 1863)	6	0	9	0	7	7
<i>Monospilus dispar</i> (Sars, 1862)	6	0	9	7	0	0
<i>Oxyurella tenuicaudis</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>Paralona pigra</i> (Sars, 1862)	50	0	18	27	0	0
<i>Pleuroxus laevis</i> (Sars, 1862)	19	0	45	13	13	7
<i>P. trigonellus</i> (O.F. Müller, 1785)	0	0	0	0	0	0
<i>P. truncatus</i> (O.F. Müller, 1785)	0	0	0	0	0	0
<i>P. uncinatus</i> (Baird, 1850)	6	0	0	0	0	0
<i>Pseudochydorus globosus</i> (Baird, 1843)	56	0	82	167	53	153

F5. táblázat. A Felső-Tisza Gyüre és Tiszadob közötti szakaszán található Tiszadobi Holt-Tisza mederrendszer Malom-Tisza szakasz mintavételi helyein azonosított Cladocera fajok ind./cm⁻³ egyedsűrűség értékekkel feltüntetve.

	Tiszadobi Holt-Tisza					
	D1	D2	D3	D4	D5	D6
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1835)	500	600	767	140	175	125
<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)	0	0	0	0	100	0
<i>A. costata</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>A. guttata</i> (Sars, 1862)	533	250	300	740	525	300
<i>A. intermedia</i> (Sars, 1862)	67	0	200	0	0	0
<i>A. quadrangularis</i> (O.F. Müller, 1776)	100	50	133	120	150	0
<i>A. rectangula</i> (Sars, 1862)	0	0	0	80	75	0
<i>A. rustica</i> (Scott, 1895)	67	0	67	40	0	0
<i>Alonella excisa</i> (Fischer, 1854)	0	0	0	0	0	0
<i>A. exigua</i> (Lilljeborg, 1853)	67	200	167	100	50	0
<i>A. nana</i> (Baird, 1843)	133	400	333	160	75	0
<i>Alonopsis elongata</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>Bosmina</i> (E.) <i>coregoni</i> (Baird, 1857)	1733	1100	1433	940	1450	2175
<i>B. longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	1433	1200	1167	380	1550	1525
<i>B. (E.) longispina</i> (Leydig, 1860)	0	0	0	0	25	0
<i>Camptocercus fennicus</i> (Stenroos, 1898)	0	0	0	0	25	0
<i>C. lilljeborgi</i> (Schödler, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>C. rectirostris</i> (Schoedler, 1862)	100	100	267	120	150	50
<i>Chydorus gibbus</i> (Sars, 1890)	100	150	267	60	175	175
<i>C. piger</i> (Sars, 1862)	0	0	0	20	25	0
<i>C. sphaericus</i> (O.F. Müller, 1785)	733	650	667	700	475	425
<i>Daphnia</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Disparlona rostrata</i> (Koch, 1841)	0	0	0	0	0	0
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1848)	0	350	100	20	100	50
<i>Kurzia latissima</i> (Kurz, 1875)	0	0	0	0	0	0
<i>Leydigia achantocercoides</i> (Fischer, 1854)	0	0	0	0	25	0
<i>L. leydigi</i> (Schoedler, 1863)	167	50	133	40	75	75
<i>Monospilus dispar</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>Oxyurella tenuicaudis</i> (Sars, 1862)	233	0	233	100	75	50
<i>Paralona pigra</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>Pleuroxus laevis</i> (Sars, 1862)	133	100	233	120	150	325
<i>P. trigonellus</i> (O.F. Müller, 1785)	300	150	100	100	125	0
<i>P. truncatus</i> (O.F. Müller, 1785)	0	50	67	20	0	0
<i>P. uncinatus</i> (Baird, 1850)	167	200	67	120	100	25
<i>Pseudochydorus globosus</i> (Baird, 1843)	133	0	67	40	25	0

F6. táblázat. A Cibakházi Holt-Tisza védett területének vizsgálata során kimutatott recens és szubfosszilis Cladocera fajok (ind./L⁻¹ és ind./cm⁻³) egyedsűrűség értékekkel feltüntetve. R: recens, S: szubfosszilis

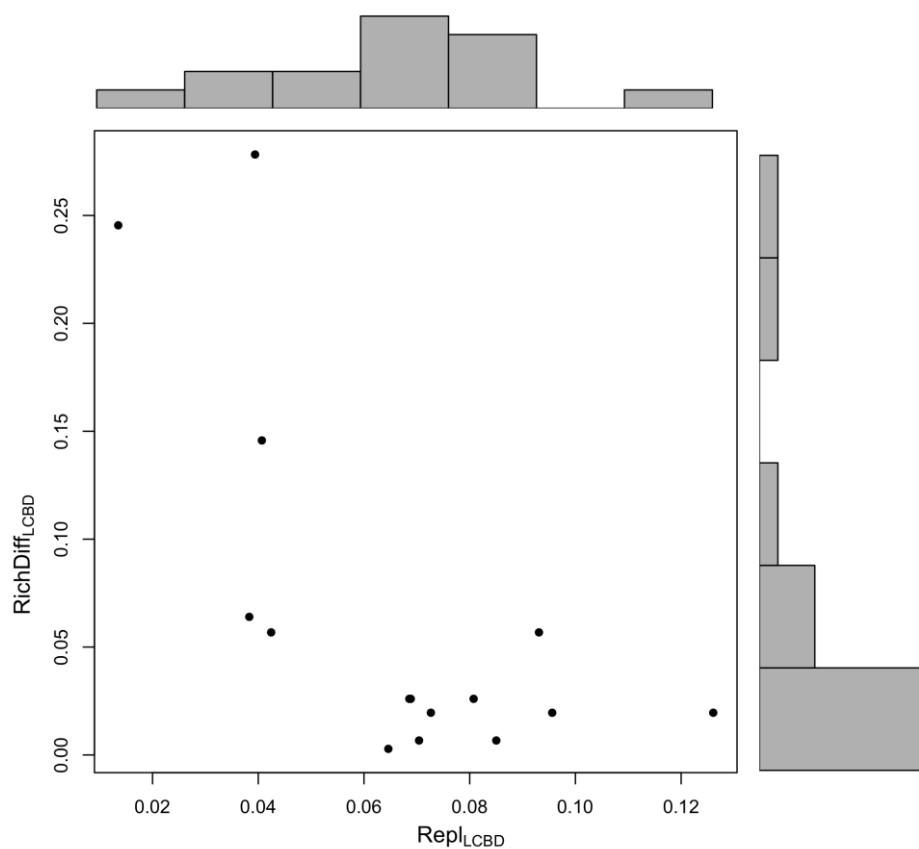
	Védett terület													
	CIB1		CIB2		CIB3		CIB4		CIB5		CIB6		CIB7	
	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1835)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>A. costata</i> (Sars, 1862)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>A. guttata</i> (Sars, 1862)	0	6	0	0	0	2	5	9	2	0	0	3	0	7
<i>A. intermedia</i> (Sars, 1862)	6	11	0	11	0	6	24	6	6	1	0	20	3	13
<i>A. rectangula</i> (Sars, 1862)	8	4	0	3	0	4	11	4	3	0	1	4	4	0
<i>A. rustica</i> (Scott, 1895)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Alonella excisa</i> (Fischer, 1854)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3	3
<i>A. exigua</i> (Lilljeborg, 1853)	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	4
<i>A. nana</i> (Baird, 1843)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3
<i>Bosmina</i> (E.) <i>coregoni</i> (Baird, 1857)	2	10	88	300	41	8	14	15	5	4	3	96	10	28
<i>B. (E.) longispina</i> (Leydig, 1860)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>B. longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	1	11	75	251	41	16	15	11	3	3	4	99	8	31
<i>Camptocercus rectirostris</i> (Schoedler, 1862)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chydorus gibbus</i> (Sars, 1890)	0	11	0	9	0	0	0	9	0	3	1	15	0	7
<i>C. sphaericus</i> (O.F. Müller, 1785)	7	18	0	6	0	27	23	18	14	8	13	29	22	28
<i>Daphnia longispina</i> (O.F. Müller, 1776)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Disparlona rostrata</i> (Koch, 1841)	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1848)	2	5	0	0	0	0	1	0	1	0	1	4	3	0
<i>Leydigia leydigi</i> (Schoedler, 1863)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	3
<i>Moina micrura</i> (Kurz, 1875)	2	0	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oxyurella tenuicaudis</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paralona pigra</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleuroxus laevis</i> (Sars, 1862)	1	10	0	0	0	4	3	14	0	3	3	10	7	18
<i>P. trigonellus</i> (O.F. Müller, 1785)	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>P. uncinatus</i> (Baird, 1850)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudochydorus globosus</i> (Baird, 1843)	0	2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Unapertura latens</i> (Sarmaja-Korjonen et al., 2000)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0

F7. táblázat. A Cibakházi Holt-Tisza halasított területének vizsgálata során kimutatott recens és szubfosszilis Cladocera fajok (ind./L⁻¹ és ind./cm⁻³) egyedsűrűség értékekkel feltüntetve. R: recens, S: szubfosszilis

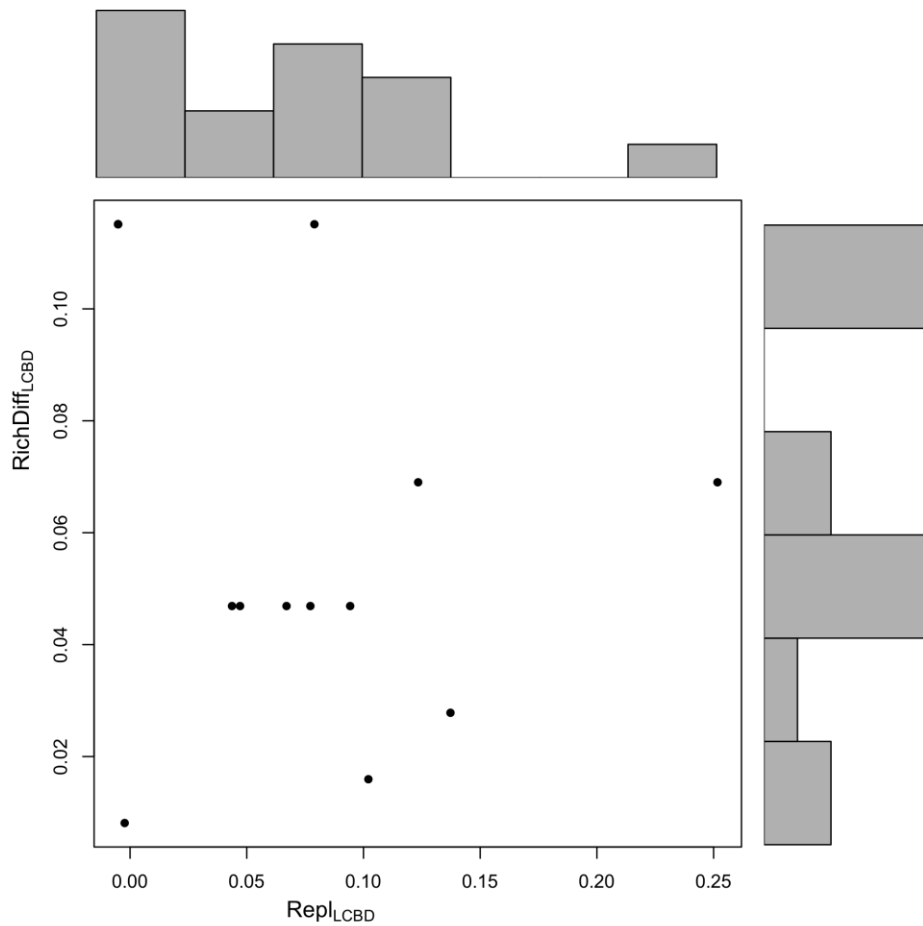
	Halasított terület									
	CIB8		CIB9		CIB10		CIB11		CIB12	
	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1835)	0	3	0	0	0	1	0	6	0	0
<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>A. costata</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>A. guttata</i> (Sars, 1862)	0	14	0	3	0	16	0	14	0	7
<i>A. intermedia</i> (Sars, 1862)	0	29	0	0	6	13	0	14	41	9
<i>A. rectangula</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	6	0	0	0	21	0
<i>A. rustica</i> (Scott, 1895)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Alonella excisa</i> (Fischer, 1854)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>A. exigua</i> (Lilljeborg, 1853)	0	3	0	4	0	0	0	0	0	4
<i>A. nana</i> (Baird, 1843)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Bosmina</i> (E.) <i>coregoni</i> (Baird, 1857)	262	263	610	5	207	35	378	300	426	28
<i>B. (E.) longispina</i> (Leydig, 1860)	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
<i>B. longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	209	226	590	5	194	40	389	286	248	35
<i>Camptocercus rectirostris</i> (Schoedler, 1862)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chydorus gibbus</i> (Sars, 1890)	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0
<i>C. sphaericus</i> (O.F. Müller, 1785)	0	20	8	3	6	24	0	23	44	39
<i>Daphnia longispina</i> (O.F. Müller, 1776)	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
<i>Disparlona rostrata</i> (Koch, 1841)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1848)	0	3	0	0	0	1	0	6	6	0
<i>Leydigia leydigi</i> (Schoedler, 1863)	0	3	0	2	0	3	0	0	0	2
<i>Moina micrura</i> (Kurz, 1875)	2	0	0	0	6	0	4	0	9	0
<i>Oxyurella tenuicaudis</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
<i>Paralona pigra</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Pleuroxus laevis</i> (Sars, 1862)	0	14	0	2	0	7	0	14	0	15
<i>P. trigonellus</i> (O.F. Müller, 1785)	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. uncinatus</i> (Baird, 1850)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudochydorus globosus</i> (Baird, 1843)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Unapertura latens</i> (Sarmaja-Korjonen et al., 2000)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

F8. táblázat. A Cibakházi Holt-Tisza rekreációs területének vizsgálata során kimutatott recens és szubfosszilis Cladocera fajok (ind./L⁻¹ és ind./cm⁻³) egyedsűrűség értékekkel feltüntetve. R: recens, S: szubfosszilis

	Rekreációs terület					
	CIB13		CIB14		CIB15	
	R	S	R	S	R	S
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1835)	0	0	0	0	3	0
<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)	0	0	0	0	0	0
<i>A. costata</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>A. guttata</i> (Sars, 1862)	0	0	0	7	5	21
<i>A. intermedia</i> (Sars, 1862)	2	1	14	8	0	24
<i>A. rectangula</i> (Sars, 1862)	0	1	41	0	11	0
<i>A. rustica</i> (Scott, 1895)	0	1	0	0	0	0
<i>Alonella excisa</i> (Fischer, 1854)	0	0	0	3	0	0
<i>A. exigua</i> (Lilljeborg, 1853)	0	0	1	0	0	0
<i>A. nana</i> (Baird, 1843)	0	0	1	0	0	0
<i>Bosmina</i> (E.) <i>coregoni</i> (Baird, 1857)	109	5	82	11	14	75
<i>B. (E.) longispina</i> (Leydig, 1860)	3	0	1	0	0	0
<i>B. longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	128	3	52	12	10	56
<i>Camptocercus rectirostris</i> (Schoedler, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>Chydorus gibbus</i> (Sars, 1890)	0	0	0	5	0	0
<i>C. sphaericus</i> (O.F. Müller, 1785)	0	2	4	9	17	25
<i>Daphnia longispina</i> (O.F. Müller, 1776)	3	0	1	0	0	0
<i>Disparlona rostrata</i> (Koch, 1841)	0	0	0	0	0	0
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1848)	0	0	1	1	8	0
<i>Leydigia leydigi</i> (Schoedler, 1863)	0	0	0	2	0	8
<i>Moina micrura</i> (Kurz, 1875)	4	0	4	0	1	0
<i>Oxyurella tenuicaudis</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>Paralona pigra</i> (Sars, 1862)	0	0	0	0	0	0
<i>Pleuroxus laevis</i> (Sars, 1862)	0	3	0	4	8	9
<i>P. trigonellus</i> (O.F. Müller, 1785)	0	0	0	0	0	2
<i>P. uncinatus</i> (Baird, 1850)	0	1	0	0	0	0
<i>Pseudochydorus globosus</i> (Baird, 1843)	0	0	0	0	0	0
<i>Unapertura latens</i> (Sarmaja-Korjonen et al., 2000)	0	0	0	0	0	0



F1. ábra. Fajgazdagság különbség ($RichDiff_{LCBD}$) és a fajkicserélődés ($Repl_{LCBD}$) helyi hozzájárulása a teljes béta-diverzitáshoz a recens Cladocera közösség esetében, e két index eloszlási gyakoriságával a Cibakházi Holt-Tisza különböző hasznosítás alatt álló medrei között.



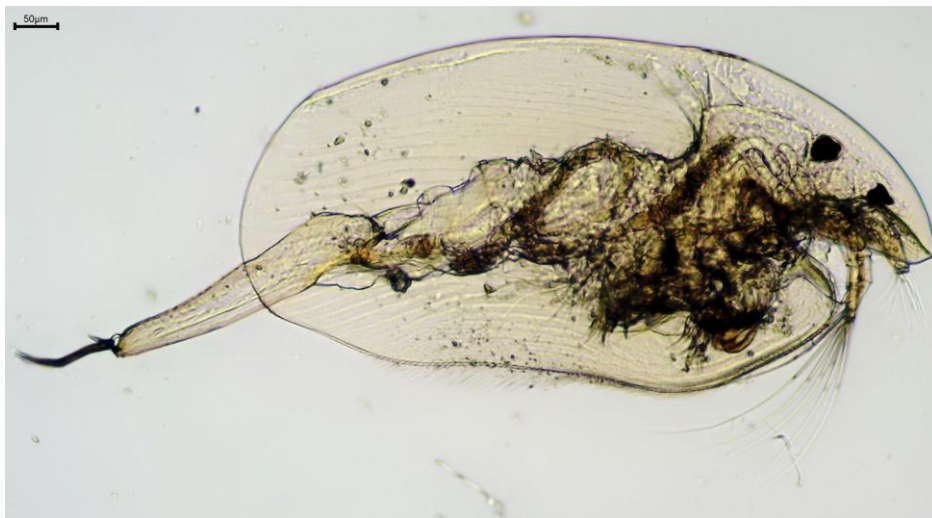
F2. ábra. Fajgazdagság különbség ($RichDiff_{LCBD}$) és a fajkicserélődés ($Repl_{LCBD}$) helyi hozzájárulása a teljes béta-diverzitáshoz a szubfosszilis Cladocera közösség esetében, e két index eloszlási gyakoriságával a Cibakházi Holt-Tisza különböző hasznosítás alatt álló medrei között.



F1. kép. Az IndVal analízis egyik indikátor faja, az *Alona rustica* egy recens példánya.



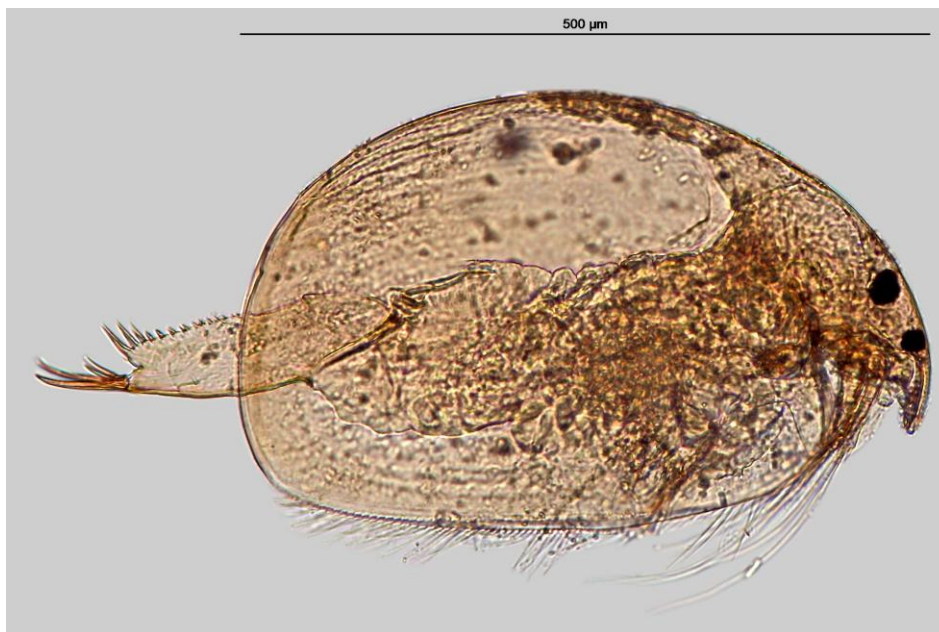
F2. kép. Az IndVal analízis egyik indikátor faja, az *Alonella nana* egy recens példánya.



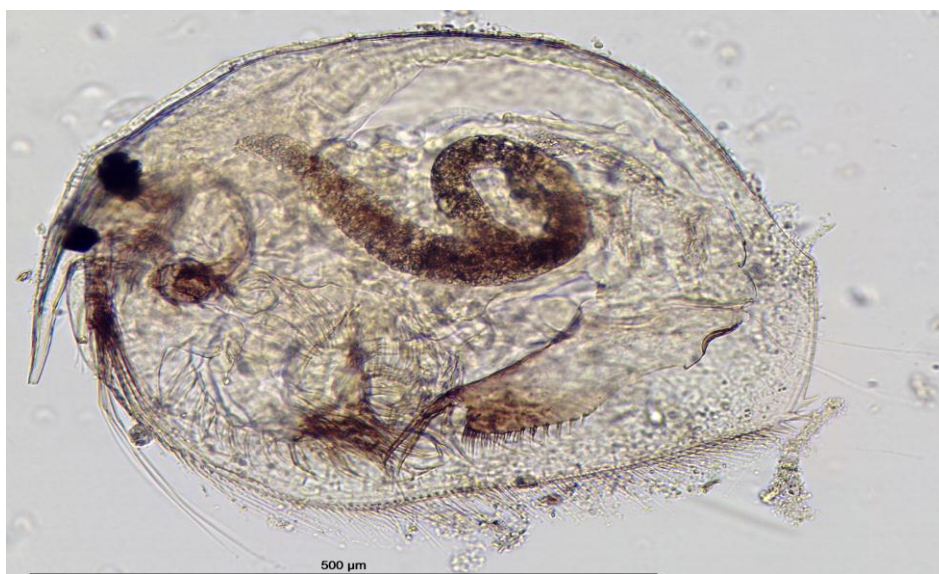
F3. kép. Az IndVal analízis egyik indikátor faja, a *Camptocercus rectirostris* egy recens példánya.



F4. kép. Az IndVal analízis egyik indikátor faja, a *Leydigia leydigi* egy recens példánya.



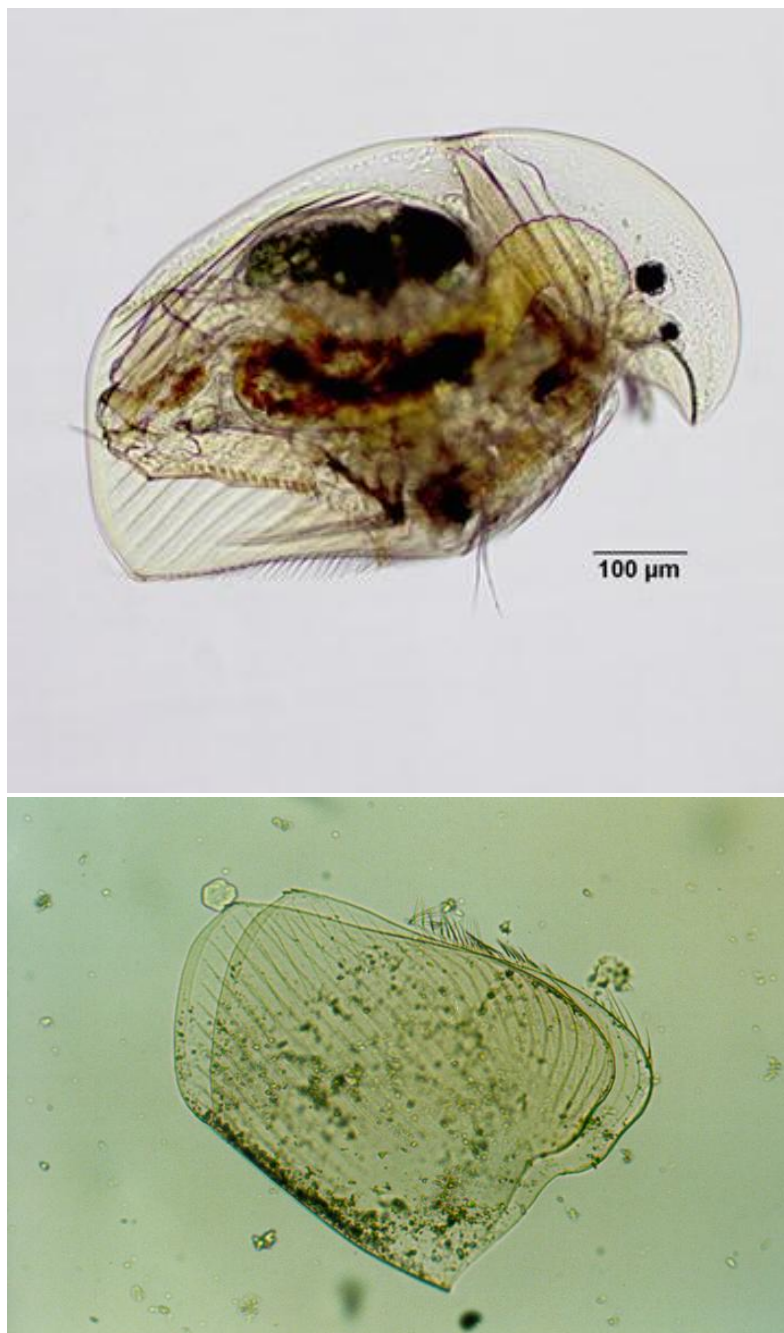
F5. kép, Az IndVal analízis egyik indikátor faja, az *Oxyurella tenuicaudis* egy recens példánya.



F6. kép. Az IndVal analízis egyik indikátor faja, a *Pleuroxus trigonellus* egy recens példánya.



F7. kép. Az IndVal analízis egyik indikátor faja, a *Pleuroxus uncinatus* egy recens példánya.



F8. kép. A regressziós fa analízis egyik indikátor faja, az *Acroperus harpae* recens (felül) és szubfosszilis (alul) példánya.



F9. kép. A regressziós fa analízis egyik indikátor faja, az *Alona guttata recens* példánya.



F10. kép. A regressziós fa analízis egyik indikátor faja, az *Alonella excisa recens* példánya.

A Jelölt tudományos tevékenysége

Az értekezés témájában megjelent közlemények (IF: 3,252):

Referált folyóiratokban megjelent közlemények idegen (angol) nyelven:

Berta, C., Tóthmérész, B., Wojewódka, M., Augustyniuk, O., Korponai, J., Balázs, B., Nagy, S. A., Grigorszky, I., Gyulai, I. (2019): Community response of Cladocera to trophic stress by biomanipulation in a shallow oxbow lake. *Water*, 11(5): 929-942. **IF= 2,524**

Berta, C., Gyulai, I., Szabó, J. L., Simon, E., Nagy, S. A., Somlyai, I., Grigorszky, I. (2018): Cladocerans as indicators in the importance of passive nature conservation. *Biologia*, 73(9): 875-884. **IF= 0,728**

Referált folyóiratokban megjelent közlemények magyar nyelven:

Tamás, M., **Berta, C.**, Szeles, J., Szemerédi, S., Krakomperger, M., Szabó, L. J., Bácsi, L., Gyulai, I. (2017): Bodrog menti holtmedrek vízkémiai változásai az évszakok függvényében. *Hidrológiai Közlöny*, 98(klsz): 48-51.

Tamás, M., **Berta, C.**, Szemerédi, S., Szabó, L., Bácsi, I., Gyulai, I.
(2016): Bodrog menti holtmedrek előzetes vízkémiai vizsgálata.
Hidrológia Közlöny, 96: 87-89.

Berta, C., Németh, L., Balogh, Z., Veres, Z., Korponai, J., Lakatos, C.,
Lakatos, G., Simon, E., Gyulai, I. (2013): Egy nagyméretű tiszai
holtmeder heterogenitása kémiai és ökológiai vizsgálatok alapján.
In: IX. Kárpát-medencei környezettudományi konferencia:
Konferencia kiadvány. Szerk.: Zákányi Balázs, Faur Krisztina
Beáta, Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar, Miskolc,
192-197. ISBN: 9789633580325

Gyulai, I., Lakatos, C., Balogh, Z., **Berta, C.**, Kovács, R., Veres, Z.,
Kundrát, J., Korponai, J., Simon, E. (2013): Szubfosszilis Cladocera
fauna általi mikrohabitat rekonstrukció tiszai holtmedrekben. In: IX.
Kárpát-medencei környezettudományi konferencia: Konferencia
kiadvány. Szerk.: Zákányi Balázs, Faur Krisztina Beáta, Miskolci
Egyetem Műszaki Földtudományi Kar, Miskolc, 485-490. ISBN:
9789633580325

Külföldi konferenciák, posztterek:

Berta, C. (2019): Comparison of utilization forms (Nature protection and
biomanipulation) in the case of contemporary and subfossil
Cladocera assemblages. 7th International Conference, Selected Aspects
of Integrated Environmental Management: “Culture and

Environment". Zvolen and Banská Stiavnica, 10-11 October 2019, Slovakia.

Berta, C., Korponai, J., Grigorszky, I., Nagy, S. A., Simon, E., Somlyai, I., Gyulai, I. (2018): Examination of heterogeneity by Cladocera community along an oxbow lake in Central Tisza region. XV. Subfossil Cladocera Workshop, 25-28. September 2018, Hungary, Veszprém.

Berta, C., Gyulai, I., Szabó, L., Simon, E., Nagy, S. (2016): Accumulation of sub-fossil Cladocera remains in shallow oxbows at the Tisza region in Hungary. In: XIV. Subfossil Cladocera Workshop Abstract book. Ed.: Monica Tolotti, Manuela Milan, Nico Salmaso, Fondazione Edmund Mach, Levico Terme, Italy, pp. 19.

Gyulai, I., **Berta, C.**, Szabó, L., Zawisza, E., Nagy, S. (2016): Ecological memory of Cladocera assemblages, recolonization in shallow oxbows in the Upper-Tisza region, Hungary. In: XIV. Subfossil Cladocera Workshop Abstract book. Ed.: Monica Tolotti, Manuela Milan, Nico Salmaso, Fondazione Edmund Mach, Levico Terme, Italy, 7.

Gyulai, I., **Berta, C.**, Kiss, K., Feri, D., Lakatos, C., Balogh, Z., Kunderát, J., Simon, E., Korponai, J. (2014): Recolonization research in oxbow lakes of river Tisza based on Cladocera taxa. In: The 5th

International Conference on Carpathian Euroregion. Ecology-CERECO, Beregszász. pp. 29. ISBN: 9786175961469

Hazai konferenciák, posztterek

Vallejo-Cuzco, G., Varga, K., Varga, D., Soltész, A., Sajtos, Z., **Berta, C.** (2019): A Vissi-holt-Bodrog neolimnológiai vizsgálata Cladocera közösségek által. LXI. Hidrobiológus Napok. Tihany, 2019. október 2-4.

Törőcsik, N., Magura, T., Gyulai, I., **Berta, C.** (2019): Bodrogzugi holtmedrek vizének és üledékének összehasonlító elemáanalitikai vizsgálata. LXI. Hidrobiológus Napok. Tihany, 2019. október 2-4.

Lakatos, C., Kunderát, J., **Berta, C.**, Simon, E., Gyulai, I., Tóthmérész, B. (2013): Cladocera állományok eloszlási viszonyai Felső-Tisza vidéki holtmedrekben. In: SzüSzi 2013: 5. Szünzoológiai Szimpózium Vácrátót MTA ÖK Ökológiai és Botanikai Intézet 2013. március 22. Programfüzet, Előadások és posztterek összefoglalói. Szerk.: Kőrösi Ádám, Magyar Ökológusok Tudományos Egyesülete, Szeged.

Egyéb megjelent közlemények (IF= 4,459)

Referált folyóiratokban megjelent közlemények idegen (angol) nyelven:

Somlyai, I., **Berta, C.**, Nagy, S., Dévai, G., Ács, É., Szabó, L., Nagy, J., Grigorszky, I. (2019): Heterogeneity and Anthropogenic Impacts on a Small Lowland Stream. *Water*, 11(10): 1-14. **IF= 2,524**

Grigorszky, I., Kiss, K., Szabó, L., Dévai, G., Nagy, S., Somlyai, I., **Berta, C.**, Gligora-Udovič, M., Borics, G., Pór, G., Muwafaq, Y., Hajredini, A., Tumurtogoo, U., Ács, É. (2019): Drivers of the *Ceratium hirundinella* and *Microcystis aeruginosa* coexistence in a drinking water reservoir. *Limnetica*, 38(1): 41-53. **IF= 0,574**

Grigorszky, I., Kiss, T., Pór, G., Dévai, G., Nagy, S., Somlyai, I., **Berta, C.**, Duleba, M., Trábert, Z., Ács, É. (2017): Temperature and growth strategies as the essential factors influencing the occurrence of *Stephanodiscus minutulus* (Kützinger) Cleve & Möller and *Palatinus apiculatus* (Ehrenberg) Craveiro, Calado, Daugbjerg & Moestrup. *Fundamental and Applied Limnology*, 189(2): 167-175. **IF= 1,361**