

Doktori (PhD) értekezés
Nyugat-magyarországi Egyetem

Erdőmérnöki Kar

Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola

Biokörnyezettudomány Program

Magashegyi tavak paleoökológiai vizsgálata a Déli-Kárpátokban

Készítette:

Kövér Csilla

Témavezetők:

Dr. Korponai János, PhD, egyetemi docens

Nyugat-magyarországi Egyetem, Földrajz és Környezettudományi Intézet

Dr. Buczkó Krisztina, PhD, főmuzeológus

Magyar Természettudományi Múzeum, Növénytár

Sopron

2016.

Magashegyi tavak paleoökológiai vizsgálata a Déli-Kárpátokban

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében készült
a Nyugat-magyarországi Egyetem Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskolája
Biokörnyezettudomány programja keretében

Írta:

Kövér Csilla

Témavezetők: Dr. Korponai János

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

Dr. Buczkó Krisztina

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton..... % -ot ért el,

Sopron,

.....
a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen /nem)

Első bíráló (Dr.) igen /nem

(aláírás)

Második bíráló (Dr.) igen /nem

(aláírás)

(Esetleg harmadik bíráló (Dr.) igen /nem

(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján.....% - ot ért el

Sopron,

.....
a Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése

.....
.....
Az EDT elnöke

TARTALOMJEGYZÉK

KIVONAT	1.
BEVEZETÉS	3.
IRODALMI ÁTTEKINTÉS	5.
1. A kalibrációs adatbázisok	5.
2. A multi-proxi analízis jelentősége	6.
3. Magashegyi tavak	7.
4. Kovaalgák	8.
5. Ágascsapú rákok	9.
CÉLKITŰZÉS	12.
ANYAG ÉS MÓDSZER	13.
1. Kutatási terület	13.
2. Mintavételi időpontok és helyek	15.
3. Mintavételi módszer és a minták laboratóriumi feldolgozása	20.
4. Statisztikai értékelés	25.
EREDMÉNYEK	26.
1. A tavak jellemzése hegységenként	26.
1.1 A Retyezát-hegység tavai	26.
1.2. A Páreng-hegység tavai	39.
1.3. A Fogarasi-havasok tavai	43.
2. Az abiotikus változók elemzésének eredményei	47.
2.1. A lokális környezeti változók elemzésének eredményei	47.
2.2. A lokális környezeti változók összehasonlító elemzése főkomponens analízissel	48.
2.3. A vízkémiai paraméterek elemzésének eredményei	49.
2.4. A vízkémiai paraméterek összehasonlító elemzése redundancia analízissel	51.
2.5. Az üledékkémiai paraméterek elemzésének eredményei	53.
2.6. Az üledékkémiai paraméterek összehasonlító elemzése redundancia analízissel	53.
3. A biotikus változók elemzésének eredményei	54.
3.1. A hegységek kovaalga flórájának fajgazdagsága	54.

3.2. Az egyes hegységekre jellemző kovaalga vegetáció	56.
3.3. A kovaalgák előfordulási viszonyainak többváltozós statisztikai elemzésének eredményei	62.
3.4. A hegységek ágascsápú rák faunájának fajgazdagsága	67.
3.5. Az egyes hegységekre jellemző ágascsápú rák közösségek	69.
3.6. A ágascsápú rákok előfordulási viszonyainak többváltozós statisztikai elemzésének eredményei	70.
EREDMÉNYEK MEGVITATÁSA	74.
1. A lokális változók, a víz- és üledékkémiai paraméterek eredményeinek értékelése	73.
2. A kovaalga flóra elemzések eredményeinek értékelése	75.
3. Az ágascsápú rák fauna elemzések eredményeinek értékelése	78.
4. A vizsgált környezeti és biotikus változók kapcsolatának értelmezése	80.
5. Regionális kitekintés	81.
ÖSSZEFOGLALÁS	84.
TÉZISEK	87.
KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS	88.
IRODALOMJEGYZÉK	89.
ÁBRAJEGYZÉK	98.
FÜGGELÉK	101.

MAGASHEGYI TAVAK PALEOÖKOLÓGIAI VIZSGÁLATA A DÉLI-KÁRPÁTOKBAN

KIVONAT:

Doktori munkám során kovaalga és ágascsápú rák közösségek térbeli eloszlását vizsgáltam az üledékben található maradványaik alapján, Romániában a Déli-Kárpátok magashegyi tavaiban a Fogarasi-havasok, Retyezát- és Páreng-hegység területén. Ezen térségek kovaalga és ágascsápú rák közössége jelenleg kevésbé ismert, és a térbeli eloszlásukért felelős környezeti paraméterekről is kevés információ áll rendelkezésre. A kutatás során 40 tó lokális környezeti paraméterei, víz- és üledékkémiai tulajdonságai, valamint a kovaalga és ágascsápú rák közösségének szerkezete került meghatározásra. A kapott adatokon végzett többváltozós statisztikai elemzések alapján a tavak a lokális környezeti változók és vízkémia szempontjából nagy hasonlóságot mutatnak, üledékkémia tekintetében azonban hegységenként jól elkülönülnek. Florisztikai szempontból értékelve az eredményeket a 40 tóban mintegy 300 taxont különböztethetők meg, melyek nagy része ritka, nehezen határozható forma és taxonómiai helyzetének tisztázása még várat magára. A kovaalga közösségek határozott elválást mutatnak a hegységek között, legjobban a Fogarasi-havasok tavai válnak el, mind a vízkémia, mind az üledékkémia mind a lokális változók alapján. A *Humidophila fukushimae* (Lange-Bertalot, M. Werum et Broszinski) Buczkó and Kövér comb. nov. második európai előfordulásáról számoltunk be és tisztáztuk a faj taxonómiai pozícióját a legújabb irodalmak alapján. A diatóma adatokkal szemben az ágascsápú rák közösségek határozott térbeli mintázatot nem mutatnak. Az itt található ágascsápú rák közösséget széles tolerancia spektrummal rendelkező fajok alkotják, ez eredményezheti a hegységek közötti nagy hasonlóságot. Mindösszesen 9 faj maradványait sikerült kimutatni a vizsgált mintákból. Az eredmények feltárták, hogy a paraméterek szélesebb skáláján kell a kutatást folytatni a jövőben ahhoz, hogy megfelelő következtetéseket lehessen levonni a tapasztalt kovaalga és ágascsápú rák közösségek mintázatának okait keresve.

**PALEOECOLOGICAL INVESTIGATION OF HIGH MOUNTAIN LAKES IN THE SOUTHERN
CARPATHIANS**

ABSTRACT:

Distributions of diatom and cladoceran assemblages were studied in remote mountain lakes in South Carpatian belt (Fagaras, Retezat and Parang Mountains) in Romania. 40 lakes were visited, and sampled for diatoms and cladoceran analyses. Multivariate statistical analyses on water quality, sediment chemistry, diatoms and cladoceran data were used for lake ordinations. As a result of analyses on environmental parameters, lakes were separated into different groups referring to mountain regions. Based on the chemical parameters of the lakes, the water samples are very similar, but the analysis of the sediment showed significant differences. The diatom assemblages showed a strong separation according to the mountains, nevertheless the cladocera communities exhibited large similarity among mountain regions, because of wide tolerance spectra of species inhabited the lakes. *Humidophila fukushimae* (Lange-Bertalot, M. Werum et Broszinski) Buczkó and Kövér comb. nov. was reported as a second European record and the taxonomic position of this rare diatom has done.

BEVEZETÉS

Környezetünk, a Föld állandó változásban van. A változások különböző sebességgel zajlanak, s ezért különböző módon érintik a bioszférát. A környezeti változások mindenkit, minden organizmust érintenek, így az emberiségre is hatással vannak. A változások megértése, megismerése a tudományos kutatás egyértelmű, megkérdőjelezhetetlen alapfeladata. A számos kérdés egyike az, hogy vajon a múltban voltak-e hasonló, gyors klimatikus ingadozások, mint amilyen változásokat napjainkban detektálunk. Ha voltak, erre hogyan reagáltak az élőlények, és az ezeknek otthont adó élőhelyek. A tavakban megőrződött üledékek tanulmányozásával új lehetőségek nyíltak az ilyen jellegű kutatások előtt (Sümegei 2001, Cohen 2003).

A paleolimnológia, az elmúlt évtizedek egyik leggyorsabban fejlődő tudományterülete (Cohen 2003, Smol 2008, Smol & Stoermer 2010), amely a több ezer (ösi tavak esetében) és/vagy több millió éves, főleg a tavi üledékben megőrződött maradványok elemzésével foglalkozik. Ezek alapján rekonstruálja a múltbeli változások idejét, amplitúdóját. A levonható következtetések felhasználásával pedig predikciók felállítására is vállalkozhat. Ennek egyik elengedhetetlen feltétele, hogy minél több információ álljon rendelkezésre a rekonstrukció során felhasznált szervezetekről és azok környezeti igényeiről. A kalibrációs adatbázisok ezen a téren egészítik ki a rekonstrukciós kutatásokat. Azáltal, hogy igyekeznek begyűjteni a lehető legtöbb információt a felszíni üledékminták alapján, a jelenlegi közösségek és azok térbeli eloszlásáért felelős környezeti paraméterekről. Ugyanis anélkül, hogy ismernénk egy szervezet ökológiai igényeit, nem tudunk következtetéseket levonni a múltbeli környezetre sem (Battarbee et al. 1986, Lotter et al. 1997, Smol 2008).

A paleolimnológusok által használt eszköztár fejlődését jól nyomon tudjuk követni pl. az 1988-ban indult *Journal of Paleolimnology* folyóirat cikkei alapján (<http://link.springer.com/journal/10933>), amelyben egyre több szempont szerint elemzik az üledékeket, egyre több paleoökológiai indikátor használhatóságát ismerik fel a kutatók. A fizikai-kémiai jellemezők mellett az elmúlt néhány évtizedben számos biológiai indikátort is leírtak és alkalmaznak a paleolimnológiai kutatásokban (Smol 2008, Korhola & Rautio 2011). Ahhoz, hogy egy szervezet hasznos paleolimnológiai indikátor lehessen, két fontos feltételnek kell megfelelnie: egyrészt, egyértelműen azonosítható legyen az üledékből, másrészt a szervezet ökológiai jellemzői jól ismertek legyenek.

Munkánkhoz paleoökológiai indikátorként a tavi ökoszisztémákban két különböző szerepet betöltő élőlénycsoportot, a kovaalgákat és az ágascsapú rákokat választottuk. Az előbbi a

primer producensek egyik meghatározó eleme, az utóbbi pedig a fogyasztói szinten foglal helyet (Frey 1988a, Smol & Stoermer 2010). Indikátor szerepüket az is erősíti, hogy ezek az élőlények nagyfokú diverzitással (Battarbee et al. 2001, Korhola & Rautio 2001) rendelkeznek, és érzékenyen reagálnak a limnológiai és klimatikus feltételek változására (Lotter et al. 1997, 1998). További fontos jellemzőjük, hogy maradványaik hosszú ideig jól megőrződnek és azonosíthatók a tavi üledékekben. A kovaalgák jól használhatók elsősorban a tavak kémhatásának, a szalinitásának és a trofitás változásának rekonstrukciójára, de a klímaváltozások detektálására is számos példa van (Lotter et al. 1997, 1998, Mackay et al. 2003). Próbálkozások történtek a múlt időszak víz és levegő hőmérsékletének rekonstruálására is (Weckström et al. 2006). Az ágascsapú rák fajok pedig főként a vízszintingadozásban, a trofitási (hal általi predáció, top-down hatás) és a klimatikus (hőmérséklet) viszonyokban bekövetkezett változások jó indikátorai. A kvantitatív paleoökológiai rekonstrukció kovaalgák esetében vagy az európai adatbázis (Juggins 2001) vagy ahogyan az ágascsapú rákok esetében is az adott vizsgálathoz gyűjtött, ún. lokális összehasonlító adatsorok alapján történik (pl. Reavie & Edlund 2013).

Ilyen adatbázisok léteznek különböző vízi szervezetekre (kovaalgák, árvaszúnyogok, ágascsapú rákok) az atlanti, és alpi régiókra, azonban ezek nem vagy csak igen korlátozottan használhatók a Közép-kelet Európára, ill. a Balkánra. A Déli-Kárpátok egész hegységre kiterjedő felmérése ez ideáig még nem történt, mindössze egy-egy tó paleoökológiai felméréséről (Straškrábová et al. 2006, Brancelj et al. 2009, Buczkó et al. 2009, 2013, Magyarai et al. 2009, 2012, Catalan et al. 2009, Korponai et al. 2011, Tóth et al. 2012) állnak rendelkezésre adatok.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

1. A kalibrációs adatbázisok

A klasszikus megközelítés a fosszilis közösségekkel kapcsolatban magában foglalja a környezeti feltételeket és az indikátor fajokat. Egyetlen faj helyett azonban, a közösségek átfogó szerkezete és összetétele alapján megalapozottabb következtetéseket lehet levonni. Annak érdekében, hogy a tavi üledékekben található maradványokból megbízható környezeti rekonstrukciót készíthessünk, fontos tudni a közösségek és a környezeti tényezők közötti regionális összefüggéseket, amelyek felelősek a fosszilis közösségek térbeli eloszlásáért és a mennyiségéért, ami hasonló a mai rendszerekhez (pl. Jeppesen 2001, Smol 2008).

Mindent összevetve, mielőtt egy biológiai indikátort arra használnánk, hogy múltbeli feltételekre következtetünk, meg kell becsülnünk a jelenlegi környezeti optimumát és a tűréshatárait. Bár számos ökológiai információ nyerhető más forrásokból, a legszélesebb körben mégis az úgynevezett kalibrációs adatbázisok, vagy más néven training set-ek alkalmazása terjedt el (Smol 2008). A kalibrációs adatbázisok összeállítása során több tóból vesznek felszíni üledékmintát, és az így kapott adatok segítségével szolgáltatnak információkat a jelenlegi taxonok és egy-egy környezeti paraméter (pl., pH, hőmérséklet, tápanyag) kapcsolatáról, továbbá számos fizikai és kémiai paramétert vizsgálnak. Ide tartozik többek között a Secchi-mélység, hőmérséklet, oldott-oxigén tartalom, sótartalom, vezetőképesség, pH, klorofill-a koncentráció, a fő ionok, a lebegő anyag tartalom és a tápanyagok (TN- nitrogén, TP-foszfor) mennyiségének mérése is. A ható tényezők kiválasztása minden vizsgálatban egyedi mérlegelést igényel.

Ez a módszer az egyik legjobb és leggyorsabb eszköze az információk gyűjtésének a környezeti változók és a jelenlegi közösségek közötti kapcsolatok felderítésére a mai tavi környezetekben. A kalibrációs adatbázisok az üledékből feltárt élőlény közösségek tolerancia spektrumán alapulnak. A széles környezeti gradiens mentén fölvetett kalibrációs adatbázisban a fajok eloszlásának mintázata tükrözi a fajok tolerancia spektrumát. Minden faj a számára legkedvezőbb környezetben szeret élni, ezért az abundancia maximumuk is az adatbázisban a számukra kedvező állapotot mutató tóban lesz. A kvantitatív paleoökológiai rekonstrukció során megfeleltetjük a kalibrációs adatbázis és adott mélységben kapott közösségeket egymással és az átfedő (egyedszám, összetétel) közösség elemek meghatározzák nekünk kvantitatíve az adott környezeti paraméter értékét. A kalibrációs adatbázisok használatát a többváltozós statisztikai módszerek alkalmazása teszi lehetővé, ezek az összefüggések csak

ilyen módszerekkel tárhatók fel. Ezek a módszerek segítenek ugyanis a fajok eloszlásával legszorosabban összefüggő környezeti paraméterek felderítésében.

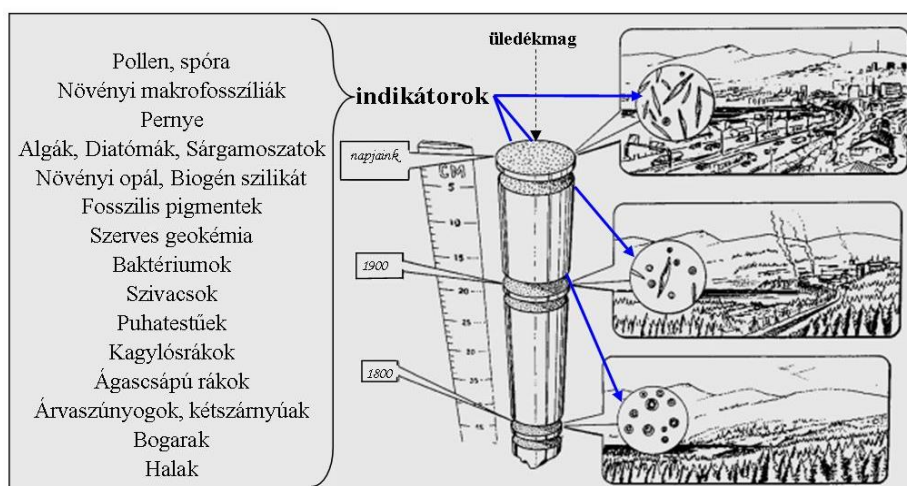
2. A multi-proxi analízis jelentősége

Az őskörnyezetet jelentősen meghatározó paleoklíma leírása a pollen és egyéb növényi maradványok vizsgálatával a legpontosabb, mivel a szárazföldi ökológiai rendszerek működését alapvetően a klimatikus viszonyok határozzák meg. A vízi ökoszisztémában a víztömeg kiegyenlítő hatása miatt, a klíma változásai általában csillapítottabban jelennek meg. A vízi szervezetek közül a kovaalgák a pH, és tápanyag viszonyok változásának jó indikátorai; az árvaszúnyogok a vízi környezet hőmérsékletében bekövetkező, de szintén a klimatikus okokra visszavezethető változások jó indikátora, míg az ágascápú rákok a planktonikus interakciókat jelzik megfelelően (Korhola & Rautio 2001). A fent említett csoportokat együttesen figyelembe véve kaphatunk teljesebb képet a vizsgált tavi paleokörnyezetről, és magáról a tó paleolimnológiájáról.

A proxy az üledék egy olyan jellemzője, amelynek ismeretéből következtetni tudunk egy más típusú, pl. a klimatikus környezetet leíró változóra (1. ábra). A név, az angol „proxy variable” kifejezésből ered, amely helyettesíti a vizsgálandó változót (Fischer & Wefer 1999).

A fosszilis anyagba zárt információ lehet a fosszília kémiai tulajdonsága (pl. oxigén izotóp foraminiferában mérve) vagy fizikai tulajdonsága (pl. mérete, minősége, mennyisége). Felmérhetjük a fosszília biometriai paramétereit, prezervációs és/vagy töredezettséget leíró indexeket számolhatunk. Végül pedig számolási adatokat is rögzíthetünk, mely a legegyszerűbb esetben prezencia/abszencia (megvan egy adott szervezet az adott rétegben, vagy nincs), továbbá félkvantitatív, abszolút gyakorisági, vagy relatív gyakorisági (pl. százalékos eloszlás fajonként) adatsor lehet.

Ideális esetben, a rekonstrukciókhoz felhasznált szervezetek nagy számban fordulnak elő az üledékben, és könnyen leszámolhatók (Smol 2008). Ugyanakkor a fizikai, kémiai és biológiai adatok gyakran nagyon összetettek, olykor akár ellentmondásosak is lehetnek. Így egyetlen élőlénycsoport sem képes átfogó képet adni egy tavi ökoszisztémáról vagy a bekövetkező környezetváltozásról. Ezért fontos egy paleoökológiai tanulmánynál, hogy minél több eredményt gyűjtsünk össze többféle élőlénycsoportból és élőhelyről (Cohen 2003, Birks & Birks 2006, Smol 2008). Ezt nevezzük multi-proxi közelítésnek, ami egyre inkább kívánalom a paleoökológiai kutatásokban (Birks & Birks 2006).



1.ábra. Az egykori környezet rekonstruálása tavi üledékből biológiai indikátorok segítségével (Smol 2008).

3. Magashegyi tavak

Korábbi kutatások szerint, a magashegyi tavak több tekintetben is kiemelt helyet foglalnak el a környezetben végbenő változások nyomon követésével kapcsolatos tanulmányok készítéséhez. Egyrészt, mert ökológiai szempontból viszonylag egyszerű rendszernek számítanak és eredetük szerint fiatal képződmények. Másrészt mert az általánosan elfogadott szemlélet szerint szinte érintetlen területnek tekinthetők, mivel a környezetszennyező tevékenységektől távol esnek, és legfeljebb a nagyobb hatósugarú légszennyeződések érhetik el őket (Fott 1994, Battarbee et al. 2002, Cogălniceanu et al. 2004, Catalan et al. 2006, 2009, 2013). További előnyük még, hogy ezek a tavak sokkal érzékenyebbek a környezetükben történő változásokra (levegőszennyezés, savaseső, tájhasználat), mint a nagyobb vízi rendszerek (Cogălniceanu et al. 2004, Kernan et al. 2009, Korponai et al. 2011, Catalan et al. 2013). A hideg környezetben lévő tavak hasonlóan más extrém vízi ökoszisztémákhoz kevés alkotóelemből állnak. A közöttük lévő interakció korlátozott ezért egy-egy tag kiesése, valamilyen környezeti hatás következtében, az egész rendszer változását vonja maga után, szemben az alacsonyabban fekvő, melegebb rendszerekkel.

Sok hegyvidéki tó helyezkedik el az erdőhatár felett, amelyek alacsony átlagos vízhőmérséklettel és rövid jégmentes időszakokkal jellemezhetőek, a hasonló szélességi körökön lévő alacsonyabban fekvő tavakkal összehasonlítva. A vízgyűjtő területüket viszonylag sekély talajréteg borítja, ezért azokat súlyosan érintik az extrém meteorológiai és hidrológiai folyamatok. A közvetlen emberi hatás a vízgyűjtőterületeken általában alacsony, így a tavak oligotrófok vagy ultraoligotrófok. A tápláléklánc szerkezete pedig egyszerű,

továbbá alacsony trofitás jellemzi őket (Riemann & Søndergaard 1986, Straškrábová & Šimek 1993). Ugyanakkor, már 4000 évvel ezelőttről is kimutatható az emberi hatás a hegyi tavak körül, ami főleg a legelőnyerés érdekében történő égetést jelenti. A korolt fűrásmagokon végzett vizsgálatok eredményei szerint a taposást indikáló növények pollenjei is erre utalnak (Catalan et al. 2013).

A múltban, Európában a magashegyi tavak tanulmányozására kevesebb figyelmet fordítottak, mint más tavakra, egyrészt mert úgy gondolták, hogy ezek a tavak, zavartalan környezetük miatt egyáltalán nem szennyezettek, másrészt gazdasági jelentőségük alárendelt a síkvidékiekhez képest. Az 1980-as években azonban számos kutatás mutatott rá arra a problémára, hogy a hegyi tavak is nagyon érzékenyek a savas esőkre. A világ különböző pontjain végzett fűrások üledék magjának tanulmányozása bebizonyította, hogy egyes tavak savasabbá váltak az elmúlt évszázad során, elsősorban az iparosodás légszennyező hatása miatt. Azóta a nemzeti és páneurópai programok révén (pl. ALPE, EMERGE, MOLAR) egyre több információ vált elérhetővé, ezen területek vízkémiáját illetően. Továbbá a különböző európai hegyvidéki régiókról részletesebb kémiai, biológiai és történelmi információk állnak rendelkezésre (<http://www.mountain-lakes.org>). A klímaváltozás a vízmennyiségre, vízminőségre és a vízi ökoszisztémák szerkezetére és működésére gyakorolt hatása révén közvetett és közvetlen hatással lesz a hegyvidéki területek vizeire is. Az elmúlt 200 év alapján már most szignifikáns változás tapasztalható az éghajlati viszonyok tekintetében. Bár az elsődleges hatások leginkább a forrásvidékeket érintik, ezek közvetett hatásaként az alacsonyabban fekvő területek tavainak természetes ökoszisztémája is megváltozik (Batterbee et al. 2009).

4. Kovaalgák

A kovaalgák vagy diatómák a mikroszkópikus egysejtűek között evolúciós értelemben a legsikeresebb csoportnak tekinthetők. Mintegy 200 millió éves történetük során (Medlin et al. 1997) olyan forma és fajgazdagság alakult ki, melyet más csoportok meg sem közelítenek. Több mint 20 000 fajukat írta le eddig a tudomány (Round et al. 1990), de konzervatív becslések szerint is legalább egy nagyságrenddel több, azaz több mint 200 000 fajuk létezik (Mann & Droop 1996).

A fajok megismerése egyre gyorsuló ütemben folyik, így tudásunk a diatómák sokféleségéről egyre nő. Az utóbbi évtizedekben évente és átlagosan több mint 400 fajt írnak le (Smol & Stoermer 2010). Szerepük a földi élet szempontjából meghatározó, bár a köznapi ember szeme előtt rejtve van. A széndioxid megkötés közel egynegyedét a kovaalgák végzik,

így nyilvánvalóan a biogeokémiai ciklusok szempontjából a populációk mérete, elterjedése dinamikája egyáltalán nem elhanyagolható. Hatalmas plankton felhők élnek az óceánokban, de a tavakban, folyókban, sőt a szárazföldön is nagy tömegben tenyésznek.

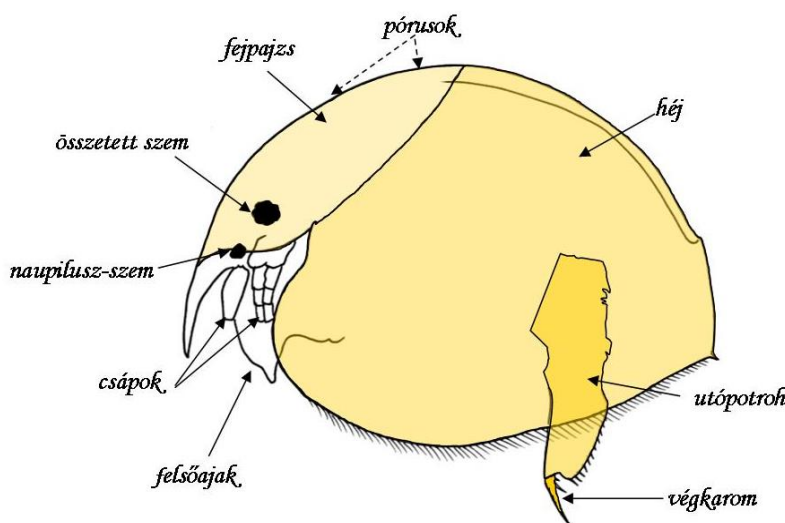
A diatómák széles körben alkalmazott proxy, nagy számban megtalálhatók a tavi üledékekben, jól megőrződnek, faji szinten határozhatóak, ezért nagyon jó környezeti indikátorok. Jól használhatóak a Holocén klíma változások detektálására (Mackay et al. 2003) és a múlt időszak levegő hőmérsékletének rekonstrukciós kutatásainál is használták már őket (Weckström et al. 2006). Jól alkalmazhatók a trofitás változás becslésére. Jól ismert, hogy a diatóma taxonok eltérő környezeti optimummal és toleranciával rendelkeznek, így a fosszilis közösségek elemzése felhasználható számos környezeti változó rekonstruálására (Smol 2008). A kovaalga közösségek leginkább a szél intenzitás, csapadék, vízszint, felkeveredés, a vízoszlop rétegzettsége és a tápanyag változásaira érzékenyek (Lotter et al. 1997, Mackay et al. 2003). A klímaváltozásra különösen érzékeny területeken, úgymint a sarkvidékek, a magashegyi tavak esetében (Stoermer & Smol 1999), a diatómák különösen nagy jelentőséggel bírnak, mivel a legtöbb használt proxy (pollen, makrofosszília, állati maradványok) hiányzik, vagy túl ritka ezeken a területeken. Ha mégis van értékelhető mennyiség pl. pollenből, akkor az interpretációnál kérdés, hogy lokális vagy globális érvényű-e a levonható következtetés. Ezzel szemben a diatómák által adott válaszokban nincs kétségtétel, mert pl. a fás vegetációval szemben rövid az életsiklusuk (Conley & Schelske 2001).

5. Ágascsápú rákok

Frey (1958) törekvései és kutatásai révén az ágascsápú rákok ma a paleokörnyezeti vizsgálatok fontos elemei. Magyarországon az első ágascsápú rákokkal kapcsolatos kutatások Sebestyén Olga nevéhez fűződnek (Sebestyén 1947).

A rákok egyik ősi csoportját képviselik, a Phyllopoda rákok osztályába tartozó rend. A jelenleg ismert ágascsápú rákok fajszáma a leírások alapján 620 körül van (Forró et al. 2008). Rendszertanuk bonyolult, mivel leszármazásukat tekintve polifiletikus csoport. Legkorábbi maradványaik a Mezozoikumból származnak (Kotov & Taylor 2011). Napjaink ágascsápú rákjai nagyfokú morfológiai és genetikai változatosságot mutatnak. Bizonyos fajok évszázak alaktani változásait leszámítva a Holocénben jelentős evolúciós változás nem történt. Ez alapján a több ezer éves üledékből történő meghatározásuk a jelen fauna ismeretében is lehetséges (Korhola & Rautio 2001).

Az ágascsápú rákok teste külső kitines vázból és lágy szövetekből áll. Ami szinte minden ágascsápú rákra jellemző (néhány kivételtől eltekintve), hogy fejüket fejpajzs fedi, amelyen jellegzetes elhelyezkedésű és alakú pórusok találhatók. Testüket két fél héj fogja közre, utópotrohuk pedig végkaromban végződik. Ezek a fő karakterek az egyes családokra és fajokra jellemzően alakultak ki, így egyértelmű határozóbélyegként szolgálnak azonosításukhoz (Frey 1950, 1958, 1962, 1988a, 1988b, Szeroczynska & Sarmaja-Korjonen 2007) (2. ábra).



2. ábra – Az ágascsápú rákok főbb testrészei

Szaporodásuk megfigyelése a környezetváltozására adott válaszaik megismerésére ad lehetőséget. Szűznemzéssel szaporodó élőlénycsoport, amely a kedvezőtlené vált körülmények esetén ivaros szaporodásra vált és tartós petét (efippium) hoznak létre. Az efippium felépítésében a nőstény héja is részt vesz. A körülmények ismét kedvezővé válása esetén a megtermékenyített petékből az anyához hasonló állatok kelnek ki (Gulyás & Forró 1999). A szubfosszilis tartóspeték gyakran akár 100 évig életképesek és egyedülálló biológiai archívumot képviselnek, így vizsgálatuk az ökológiai és evolúciós változások megfejtésében is segíthet. Továbbá méretük és számuk vizsgálatával a trofikus szintek változására, mint például a halak által kifejtett predációs nyomásra is következtethetünk (Jeppensen et al. 2001, 2011).

A különböző ágascsápú rák fajok nem véletlenszerűen fordulnak elő a különféle élőhelyeken: néhány faj széles ökológiai toleranciával rendelkezik és képes benépesíteni különböző típusú vízi környezeteket, ugyanakkor számos faj igényei egyéni feltételekre

korlátozódnak (Rautio 2001). A különböző élőhelyek különösen értékes mutatói a különböző környezeti feltételeknek és azok változásainak. Például a vízszint ingadozás okozhat változásokat az adott élőhelyek ágascsapú rák közösségeinek összetételében amiatt, hogy megváltozik a litorális és pelágikus élőhelyek aránya (Mueller 1964, Korhola & Rautio 2001). Az ágascsapú rákok a táplálékhálózat és a trofikus szintek változását is jelzik. Gyors reakcióik oka, hogy függenek a fitoplankton mennyiségétől, mint tápláléktól, másrészt pedig hogy függenek a ragadozóktól is (Szeroczynska & Sarmaja-Korjonen 2007).

CÉLKITŰZÉSEK

Doktori munkám során bekapcsolódtam a Kárpáti-régióban folyó multi-proxi kutatásba (Magyari et al. 2009, 2012, Buczkó et al. 2009, 2013, Korponai et al. 2011, Tóth et al. 2012), amely hegvidéki és síkvidéki tavak ontogenezisén keresztül vizsgálja a klimatikus és emberi hatásokat. Felismerve, hogy erre a területre nincs megbízható viszonyítási alap (training set), ami alapján kvantitatív paleoökológiai rekonstrukciót tudnánk végezni, célom a térségre vonatkozó kovaalga és ágascsápú rák adatbázis felállítása volt.

Továbbá, céljaim közé tartozott:

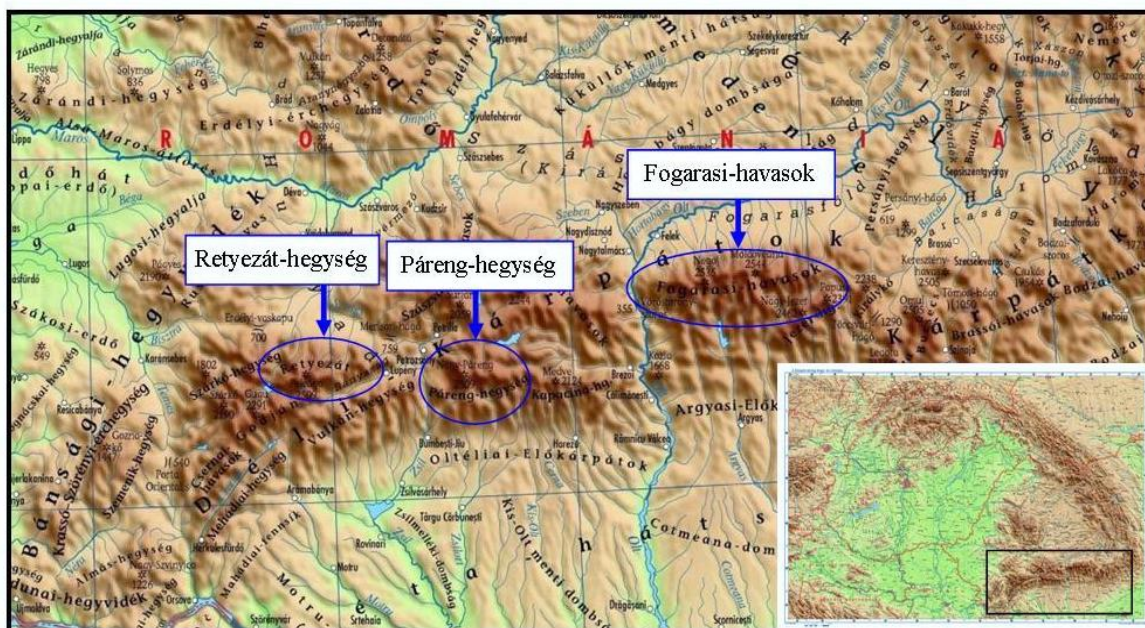
- A Déli-Kárpátok három hegységében található 40 tó abiotikus és biotikus karaktereinek leírása tavanként.
- Megvizsgálni, hogy a 40 tó elkülöníthető-e hegységenként az abiotikus jellemzőik alapján.
- Megvizsgálni, hogy a kovaalga és ágascsápú rák közösségeket illetően a hegységek között mutatkozik-e számottevő különbség.
- Felderíteni, hogy az egyes tavakban talált fosszilis közösségek eloszlásáért milyen környezeti paraméterek lehetnek felelősek.

ANYAG ÉS MÓDSZER

1. Kutatási terület

1.1. A Déli-Kárpátok általános leírása

Kutatási területként Romániában a Déli-Kárpátokat, azon belül a Fogarasi-havasokat, a Páreng- és a Retyezát-hegységet választottuk (3. ábra).



3.ábra – A Retyezát-, a Páreng- hegység és a Fogarasi- havasok elhelyezkedése a Déli-Kárpátokon belül (<http://omniplan.hu/20121019-23-Gyergyo/Gy.htm>).

A Déli-Kárpátok a Dimbovita vonaltól nyugat felé a Sztrigy (Strei), Bisztra, Temes (Timis) és a Cserna (Cerna) tektonikus völgyéig több mint 200 km hosszan húzódik. A hegység jellegzetessége a nagy magasság, a tömegesség és mindezek következményeként az éghajlat, a növényzet és a talaj övezetes elrendeződése (Pinczés 1995).

Geológiai szempontból a Déli-Kárpátok fő tömege áttolt takarók alkotta gyűrthegeység, amelyet többnyire metamorf kristályos palák (Fogarasi-havasok), és elszórtan magmás kőzetek (Páreng-hegység, Retyezát-hegység) alkotnak. Az éles formák és a kemény mészkőből felépülő térszínnek (Retyezát-hegység déli része) pedig üde színfoltokat jelentenek a magashegységek peremén (Nagy & Vofkori 1997).

A hegyvidék gazdag jégkori eredetű tavakban, úgynevezett tengerszemekben is, amelyek kárfülkében és a teknővölgyek túlmélyített részein keletkeztek. A legtöbb tó 1700-2300 m magasságban található, míg a legnagyobbak 2000 m körül alakultak ki (Pinczés 1995).

Éghajlat szempontjából a Kárpátok legcsapadékosabb része, a hegyvidéket egész évben nagyfokú borultság jellemzi. A hegytetőkön az évi csapadékmennyiség eléri az 1200-1400 mm-t (Pinczés 1995).

A Déli-Kárpátok magasabb részein a flóra és fauna két fő alakító tényezőjének az alapkőzet minőségét (meszes/mészszegény) és a tengerszint feletti magasságot tarthatjuk (Pinczés 1995). Három fő ökoszisztéma komplexet lehet megkülönböztetni a magassági gradiens mentén: erdők, rétek és / vagy legelők és alpesi területek (Abrudan 2006).

1.2. A Retyezát-hegység bemutatása

A Godján-hegységcsoport ÉK-i részén helyezkedik el a 10-15 km széles Retyezát. A hegységcsoport legmagasabb, zárt hegytömegének kétharmada 1600 m fölött, egynegyede 2000 m felett fekszik. Kietlen, vad táj éles sziklatarajokkal, sziklás hegycsúcsokkal - amelyeket 200 m mély nyergek választanak el egymástól - óriási gleccserkatlanokkal, sziklatörmelékkel. A hegység közettani és felszínalaktani szempontból két részre különíthető el. Egyik része a Magas-Retyezát, amely a hegység fő tömegét képezve magába foglalja az Északi-főgerincet és a Déli-főgerinc északi részét. Alapja kristályos pala (szericites, kloritos, amfibolos pala) paragneisz, gránit, granodiorit. Mindezekről arculatában teljesen elüt a hegység Déli-főgerincének déli része, amelyet Kis-Retyezátnak neveznek. Itt a kristályospala és gránit alapkőzet mellett a homokkövekből, konglomerátumokból és mészkövekből felépülő térszínek üde színfoltot jelentenek a magashegységek peremén (Nagy & Vofkori 1997).

A hegység egynegyed része 2000 m fölé emelkedik, így a pleisztocénben erősen eljegesedett. A jégkorszaki maradványok közül híresek a Retyezát tengerszemei. A tavak zöme 2000-2200 m között helyezkedik el. Éghajlatát helyzete és tömeges jellege határozza meg. Zord, nedves hegyvidéki éghajlat jellemzi. Csapadékban gazdag, amely elsősorban nyugatról érkezik, a legtöbb júliusban esik. A havas napok száma 1400 m fölötti magasságban meghaladja az évi 80-at, a tetőkön a hótakaró novembertől május ill. júniusig átlagban 160 napon át megmarad.

A hegység területén található a Retyezát Nemzeti Park, amelyet 1935-ben alapítottak és 1979-ben bioszféra rezervátummá nyilvánították, továbbá Románia első nemzeti parkjaként tartják számon. Területe 38.047 ha, amelyből 1.630 ha a szigorúan védett Gemenele Tudományos Rezervátum részét képezi (Onciu & Radu 2006).

1.3. A Páreng-hegység bemutatása

Nem nagy területű, de nagy magasságra kiemelkedett tönk. A környező hegységektől morfológiai alapon is jól elkülönül. Igazi magashegység. A hegységcsoporton belül ezt a területet érte a legnagyobb mértékű eljegesedés, és igen erős volt a felszín periglaciális átalakulása is. Mély völgyei szűkek és sugarasan rendeződtek el. A hegységben azonnal szembetűnik egy 1800-2000 m magas felszín széles, egyhangú tetőkkel, alpesi legelőkkel. A déli oldalán az 1400-1650 m magas felszín is jól követhető, az előbbivel ellentétben ezt sötét erdő borítja. A hegység központjában – ami gránitból, granodioritból, kvarcitból és kristályos palából áll – aszimmetrikus hajtű alakú csomópont rajzolódik ki, 2200 m fölötti csúcsokkal. Eljegesedéséről kárfülkék, homlok-, oldal-, és középmorénák, tengerszemek árulkodnak. A tavak 1520 m és 2148 m magasság között helyezkednek el. A hegység legmélyebb tava a Calcescu (10 m) (Decei 1981).

1.4. A Fogarasi-havasok bemutatása

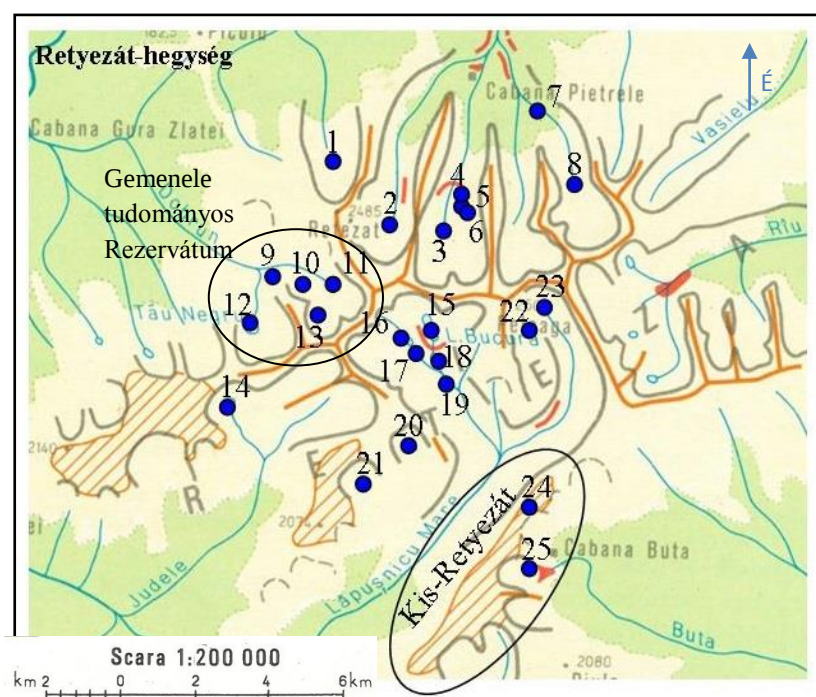
Az aszimmetrikus hegység gerince falként emelkedik ki a környező medencékből. Hosszúsága 60-70 km és gerincmagassága mindenhol meghaladja a 2000 m-es magasságot. Geológiai szempontból a hegység leginkább kristályospalából, gneiszekből, amfibolitokból, kristályos mészkövekből áll. A pleisztocén eljegesedés során a hóhatár 1700-1800 m magasan volt. A jég az északi oldalon nagyobb, a délin kisebb mértékben halmozódott fel (150-200 m) és a felszínt teljesen átalakította. A kivésett katlanok mélyén ma tengerszemek csillognak. A hegységben 30 jégkori tó van. Az erdő felső határa az északi lejtőkön 1750-1780 m-en, a keletin 1800-1850 m-en, és a délin 1900-2000 m-en van. A hegységnek jellegzetes alpi éghajlata van. Kelet-nyugati csapása következtében gátként emelkedik az Erdélyi-medence és a Havasalföld között. Ezért jelentős csapadékot, télen pedig bőséges havazást kap. A csapadék mennyisége nyugatról kelet felé csökken és dél felől észak felé növekszik. Jelentős hatása van a hegységben a fönnek, ennek következményeként a déli oldalon 2 héttel korábban köszönt be a tavasz (Nagy & Vofkori 1997).

2. Mintavételi időpontok és helyek

A Déli-Kárpátok területén folyó paleoökológiai kutatásokba bekapcsolódva az első hat mintát 2011-ben vettük meg. Ezt követően kezdődött az önálló kutatás, mely során további 34 tavat és még három mintavételi időszakot jelöltünk ki. Így a felszíni üledék- és vízminták vétele 2011. augusztus 22-25., 2012. augusztus 7-23., 2013. július 13-25., 2014. július 15-17

közötti időszakokban történt. Figyelembe véve, hogy ezeken a területeken a leginkább csapadékmentes időszak július-augusztusra esik (Pinczés 1995).

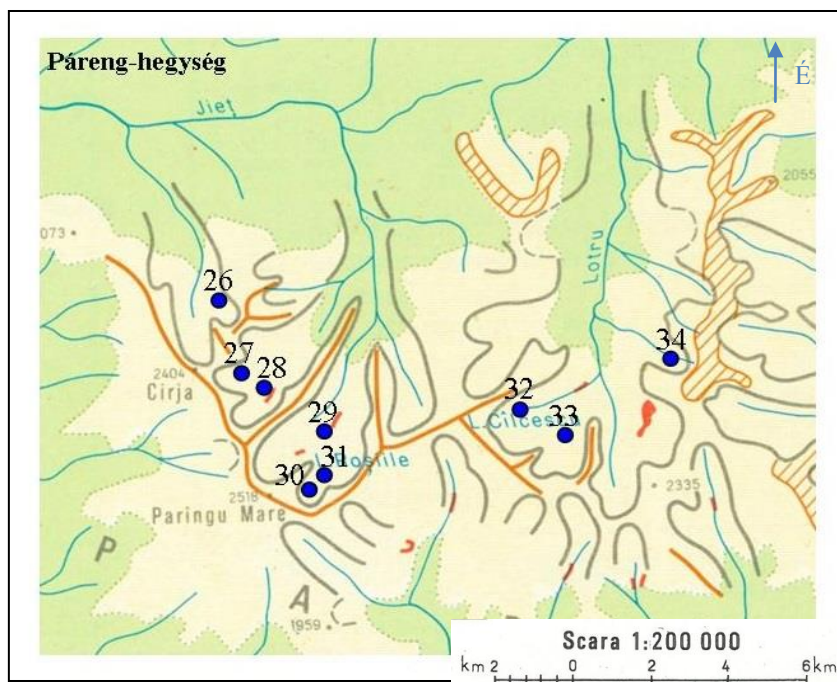
Összesítve, a négy év vizsgálata során a Déli-Kárpátok három hegységéből 40 magashegyi tó üledék- és vízmintáját sikerült begyűjtenünk. Ezek közül 25 tó a Retyezátban 9 a Párengben és 6 a Fogarasban található. A hegységenkénti egyenlőtlen mintaszám a hegységekben nagyon eltérő mintavételre alkalmas tengerszemek számának és az egyes tavak nehéz megközelíthetőségének köszönhető. A Retyezátban körülbelül 100 glaciális eredetű tó található, amelyből 58 állandó és nagyjából ugyanennyi időszakos jellegű (Cogălniceanu et al. 2004). A Párengben 31 (Bente & Stan 2009), a Fogarasi-havasokban pedig 30 (Pop et al. 2013) tengerszemet tartanak számon. Mindezek alapján, arányait tekintve a Retyezát tavainak nagyjából 25%-át, a Páreng tavainak 29%-át, a Fogarasban pedig a tavak 20%-át sikerült bevonnunk a kutatásba. Az alábbiakban az egyes hegységekben található mintavételi pontok elhelyezkedését a 4-6. ábrákon, valamint az 1-3. táblázatokban a hozzájuk tartozó geokoordinátákat, tengerszint feletti magasságot, területet és a mintavétel időpontját tüntettük fel.



4. ábra – A Retyezát-hegységben található mintavételi pontok

Kód	Név	Mintavétel időpontja	Koordináták		Tengerszint feletti magasság (m)	Terület (ha)
			ÉSZ	KH		
1	Stevia	2013.07.20	45°23'02,7"	22°50'41,4"	2060	0,48
2	Stanisoara	2014.07.15	45°22'30,3"	22°51'43,0"	1990	0,76
3	Pietrele	2014.07.15	45°22'30,3"	22°52'20,4"	1995	0,38
4	Pietrelicelele1	2014.07.15	45°22'34,1"	22°52'37,8"	1950	0,08
5	Pietrelicelele3	2014.07.15	45°22'31,1"	22°52'54,9"	1989	0,09
6	Pietrelicelele2	2014.07.15	45°22'30,4"	22°53'0,5"	2007	0,22
7	Taul dintre Brazi	2014.07.16	45°23'47,6"	22°54'5,7"	1740	0,21
8	Gales	2011.08.24	45°23'8,2"	22°54'32,8"	1990	3,69
9	Gemenele	2013.07.24	45°21'55,5"	22°50'20,8"	1920	2,48
10	Stirbu	2013.07.24	45°21'45,8"	22°51'11,2"	2088	1,05
11	Caprelor	2013.07.24	45°21'34,5"	22°50'51,5"	2135	0,20
12	Negru	2013.07.25	45°21'33,2"	22°49'36,6"	2036	4,32
13	Lezilor	2013.07.24	45°21'39,3"	22°50'37,3"	2092	0,14
14	Zanoaga	2012.08.23	45°20'45,7"	22°49'20,4"	1998	6,63
15	Viorica	2011.08.23	45°21'29,0"	22°51'48,5"	2063	0,75
16	Bucura	2011.08.24	45°21'41,4"	22°52'27,6"	2040	8,53
17	Florica	2011.08.23	45°21'30,2"	22°51'40,8"	2085	0,51
18	Ana	2011.08.25	45°21'23,8"	22°52'6,4"	1976	3,49
19	Lia	2011.08.22	45°21'8,6"	22°52'38,0"	1910	1,26
20	Slaveiu	2013.07.22	45°20'21,6"	22°52'28,5"	1930	3,39
21	Turcelu	2013.07.22	45°19'59,6"	22°51'29,6"	2020	0,20
22	Peleguta	2013.07.21	45°21'28,9"	22°53'55,0"	2097	0,86
23	Peleaga	2013.07.21	45°21'51,9"	22°54'07,6"	2122	2,05
24	Papusii	2012.08.21	45°19'46,1"	22°53'56,7"	1855	0,07
25	Buta	2012.08.21	45°19'5,5"	22°53'51,3"	1850	0,28

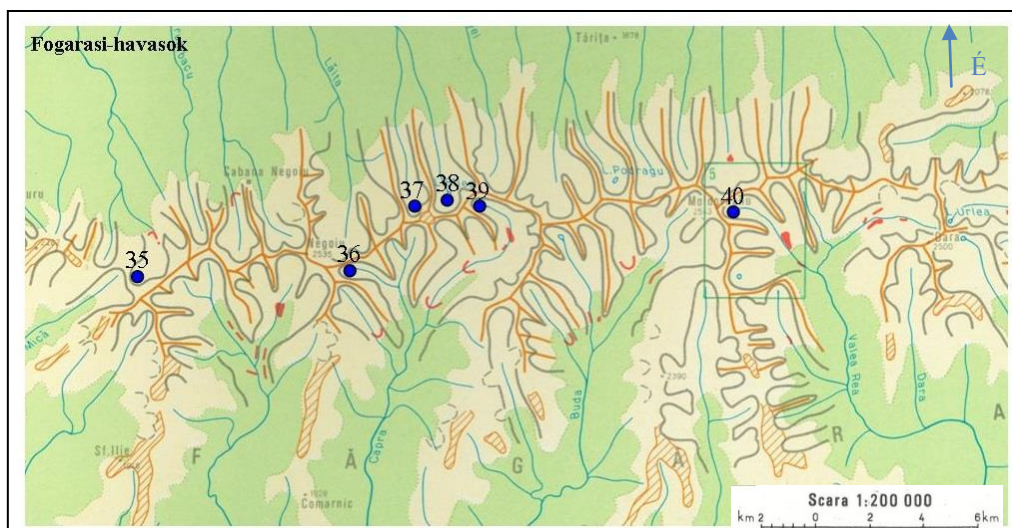
1. táblázat – A Retyezát-hegység mintavételi pontjainak mintavétel időpontja, geokoordinátái, tengerszint feletti magassága és területe.



5. ábra – A Páreng-hegységben található mintavételi pontok

Kód	Név	Mintavétel időpontja	Koordináták		Tszfm (m)	Terület (ha)
			ÉSZ	KH		
26	Mija	2012.08.16	45°22'32,2"	023°31'33,5"	1988	0,75
27	Carja	2012.08.17	45°21'49,7"	023°31'51,1"	2129	0,26
28	Verde	2012.08.17	45°21'36,5"	023°32'18,7"	2030	0,53
29	Zanoaga Stanei	2012.08.15	45°21'4,6"	023°33'1,2"	1909	0,55
30	Mandra	2012.08.15	45°20'31,9"	023°32'51,1"	2140	1,03
31	Rosiile	2012.08.15	45°20'41,2"	023°33'15,8"	1978	3,97
32	Zanoaga Mare	2012.08.14	45°21'15,2"	023°35'55,3"	2018	0,82
33	Calcescu	2012.08.14	45°21'1,5"	023°36'44,0"	1934	3,09
34	Carbunele	2012.08.13	45°21'29,4"	023°38'18,6"	2054	0,07

2. táblázat – A Páreng-hegység mintavételi pontjainak mintavétel időpontja, geokoordinátái, tengerszint feletti magassága és területe.



6. ábra – A Fogarasi havasokban található mintavételi pontok

Kód	Név	Mintavétel időpontja	Koordináták		Tszfm (m)	Terület (ha)
			ÉSZ	KH		
35	Avrig	2012.08.07	45°34'42,9"	024°28'54,3"	2007	1,50
36	Caltun	2012.08.11	45°34'54,3"	024°34'21,8"	2135	0,74
37	Doamnei	2012.08.09	45°36'18,6"	024°36'0,7"	1890	0,43
38	Balea	2012.08.08	45°36'12,2"	024°36'59,9"	2038	4,92
39	Capra	2012.08.10	45°36'2,7"	024°37'38,2"	2249	1,84
40	Valea Rea	2013.07.13	45°35'59,6"	024°44'37,6"	2160	0,53

3. táblázat – A Fogarasi-havasok mintavételi pontjainak mintavétel időpontja, geokoordinátái, tengerszint feletti magassága és területe.

3. Mintavételi módszer és a minták laboratóriumi feldolgozása

A mintavétel minden tó esetében a partmenti vegetáció felvételezéséből, a víz mélységének és kémiai tulajdonságainak helyszíni meghatározásából, vízminta vételéből és üledékgyűjtésből állt.

3.1. Lokális környezeti változók felvételezése

Lokális környezeti változók közé soroltuk a tengerszint feletti magasságot, a tavak mélységét, a partszegély vegetáció borítottságát, a tavak területét és vízgyűjtő területük nagyságát.

A tengerszint feletti magasság meghatározása Garmin Dakota 20 típusú GPS készülékkel történt. Mélység mérésre a hascsónakkal (7. ábra) folytatott folyamatos felvételezést követően a tavak legmélyebb pontján, ultrahangos mélységmérővel (8. ábra) került sor. A partmenti vegetációt három kategóriába (sziklás, füves, törpefenyves) soroltuk be, amelyekbe a vegetáció százalékos borítottság értékeket vettük fel. A vizsgált 40 tó területét Google Earth és Shapes (<http://www.earthpoint.us/Shapes.aspx>) programok segítségével becsültük meg. A vízgyűjtő területek lehatárolása és azok nagyságának kiszámítása QGIS térinformatikai program, azon belül SAGA GIS alkalmazás segítségével történt.



7. ábra – Mintavétel hascsónakból (belly boat) (fotó: Bereczki Csaba).



8. ábra – Plastimo Echotest II Ultrahangos mélységmérő

3.2. Vízminták gyűjtése és vízkémiai paraméterek meghatározása

A vezetőképesség, hőmérséklet és pH helyszíni meghatározása kézi vízminőség mérő készülékkel (WQC-24) történt a vízfelszíntől számított 1 m-es rétegben (9. ábra). A helyszínen mért paraméterek közül a pH és vezetőképesség mérést laboratóriumban is elvégeztük. A laboratóriumi műszerekkel végzett mérések a helyszíni mérőműszer méréshatárain belüli értékeket mutattak, így az adatelemzéshez a terepen mért adatokat használtuk fel.



9. ábra – WQC-24 kézi vízminőségmérő (fotó: www.analyticon.com)

További vízkémiai paraméterek meghatározásához műanyag palackba vettünk vízmintát, melyet laboratóriumba szállítottunk a további elemzések elvégzéséhez. A vizsgált paraméterek, meghatározásuk módszere és az alkalmazott műszer vagy eljárás típusa a 4. táblázatban található.

vizsgált paraméter	meghatározás módszere	alkalmazott műszer/eljárás
Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}	ionkromatográfia	Metrom 761 Compact IC, 8313 Compact autosampler
NH_4^+	fotometria	Hach DR/2000 direct reading spectrophotometer
CO_3^{2-} , HCO_3^-	titrimetria	ISO (MSZ 448/11-86) szabvány
Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+	mikrohullámú plazma atom-emissziós spektrométerrel	Agilent MP-AES 4100

4. táblázat – A laboratóriumban vizsgált vízkémiai paraméterek, meghatározásuk módszere és az alkalmazott műszer vagy eljárás típusa.

3.3. Üledékgyűjtés és üledékkémiai paraméterek meghatározása

Az üledékgyűjtés az üledékgyűjtő medence legmélyebb vagy középső részéről történik. Ez a gyakorlat, azon a megfigyelésen alapul, hogy a maradványok a különböző élőhelyekről passzív transzporttal kerülnek a nyílt vízbe ahol elkeveredve a nyílt vízi fajokkal együtt ülepednek le (Frey 1988b, Cohen 2003), így az üledékgyűjtő medence legmélyebb pontjáról származó minta tükrözi a tó teljes fajösszetételét.

A felszíni üledék-mintavételét gravitációs mintavevővel végeztük, amely egy visszacsapó szelepes 0,5 m-es plexi cső, vágóéllal ellátva (7. ábra). A fúrás során kapott mag legfelső 2 cm-ét használtuk fel a vizsgálatokhoz (10. ábra) Ezekből 1-1 cm³-es a kémiai paraméterek és a diatóma, és 2 cm³-es részmintákat az ágascsapú rák maradványok meghatározásához.



10. ábra – Üledékoszlop legfelső 2 cm-ének mintavétele (fotó: Hermann Zoltán)

Az üledék mintákat kémiai elemzése céljából laboratóriumba szállítottuk. A szervesanyag-tartalom (továbbiakban LOI%) meghatározása hamvasztásos módszerrel „Kalória” Hőtechnikai GMK KMM5/1200 típusú kemencében történt. A visszamaradt hamu feltárását (50 mg minta + 1 cm³ 38 %-os HF + 1cm³ 37 %-os HCl → 2h 105°C → 8 cm³ 4 %-os bórsav) követően, mikrohullámú plazma atomemissziós spektrométerrel (Agilent MP-AES 4100) vizsgáltuk a mintákat. Az alábbi elemek, oxid formában történő meghatározására került sor: SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, K₂O, Na₂O, BaO, MnO₂, SrO, TiO₂.

3.4. Kovaalga maradványok kinyerése az üledékből

A minták előkészítése az algológiában általánosan alkalmazott eljárással történt (Battarbee 1986). Az elővizsgálatok során kiderült, hogy a minták sósav hatására nem mutatnak pezsgést, vagyis nem karbonátosak. Így, csak forró hidrogén-peroxidos kezelést alkalmaztunk. A főzőpohárba helyezett mintákhoz 30%-os H_2O_2 -t adtunk, majd 3-4 órán keresztül lassú forrásban, egyenletes hőmérsékletet biztosító főzőlapon (hot-plate) tartottuk őket. A főzés során a minták szerves anyaga elroncsolódott, a minták kifehéredtek. Hagytuk, hogy egy napig ülepedjenek, majd dekantáltuk őket. Ezután ioncserélt vízzel háromszor kimostuk, majd az így nyert tiszta mintákból fedőlemezre és fém lapocskára cseppentettünk. A fedőlemezre cseppentett anyagot a szárítást követően műgyantába ágyaztuk (Zrax (R.I=1.7) vagy Pleurax (R.I=1.73)). A határozást LEICA DM LB2 digitális kamerával felszerelt fénymikroszkópon végeztük (100 X HCX PLAN APO, digitális kamera Fujifilm Digital Camera FinePix S2 Pro, majd VSI-3 OM(H)). Mintánként minimum 400 kovavázak faji szinten határoztunk meg, és egyidejűleg feljegyeztük a ciszták számát is. A ciszták és diatómák egymásra vonatkoztatott mennyisége adja az ún. C:D arányt, amely a tó produktivitásának jó, az ülepedési rátától független mutatója (Smol 1985). Mivel egy kovaváz a kovapáncél fele, vagyis egy kovaalgához két valva tartozik, ezért a C:D arány számítása úgy történik, hogy a ciszták számát a kovavázak felével arányosítjuk. $C:D = C/(C+D/2)$, ahol C a ciszták D pedig a diatóma vázak száma. A ritka, vagy nehezen határozható taxonoknál nemzetségszintű összevonásokat végeztünk.

A pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálathoz a tisztított vázakat tartalmazó légszáraz mintákat 120 másodpercig 16 mA erősség mellett arany-palládium réteggel vontuk be (XC7620 Mini Sputter Coater). A preparátumokat Hitachi S-2600N elektronmikroszkóppal (20 kV feszültség és 5-8 mm távolság mellett) vizsgáltuk. A kovaalgák határozásához a következő könyveket használtuk: Krammer és Lange-Bertalot 1986-1991, Lange-Bertalot és Krammer 1989, Lange-Bertalot és Metzeltin 1996, Lange-Bertalot 2001. A kiegészítő vizsgálatok során az apró, nehezen határozható fajokról szkennning elektronmikroszkópos felvételeket készítettünk. A kovaalga taxonok nomenklatúrájának egységesítéséhez az Algaebase adatbázist használtuk (Guiry & Guiry 2015). A diatómák határozásában Buczkó Krisztina volt segítségemre.

3.5. Ágascápú rák maradványok kinyerése az üledékből

A különböző típusú üledékek általában különböző feltárási módszereket igényelnek, mielőtt az ágascápú rák maradványok azonosíthatóak lesznek. A mintavétel során begyűjtött részminták feldolgozásának legáltalánosabb módja a meleg 10%-os kálium-hidroxidos kezelés (Szeroczyńska & Sarmaja-Korjonen 2007), amelyet mi is alkalmaztunk.

Az üledékből vett 2 cm³-es részmintákat 150 cm³-nyi, 80°C-os, 10%-os kálium-hidroxid oldatban 30 percig melegítettük. Ezt követően a mintát tartalmazó oldatot 36 µm lyukbőségű acélszítán hideg csapvízzel szűrtük át, majd desztillált vízzel átmostuk 10 ml-es műanyag kémcsövekbe. A szita 36 µm-es lyukbősége biztosítja, hogy a legkisebb maradványok (pl.: *Daphnia* sp. végkarmok) is megmaradjanak a mintában, ugyanakkor az üledék apró szemcséi, amelyek zavarják a mikroszkóvizálást távozzanak a vízzel együtt. A szűrést követően egy hétig hagytuk ülepedni az anyagot a kémcsövekben, majd szívópalackkal 4 ml-re csökkentettük a folyadék mennyiségét. Végül 2-3 csepp etanol és néhány csepp glicerinszafarin oldatkeverék hozzáadása után desztillált vízzel 5 ml-re egészítettük ki a mintát. A szafraninos festésre az ágascápú rák maradványok mikroszkópban való jobb láthatósága miatt van szükség.

A minták feltárása után következik a mikroszkópos feldolgozás, amelyet CETI Topic-T típusú binokuláris mikroszkóp segítségével 10x-es és 20x-os nagyítás mellett végeztünk el. A maradványok azonosításához a Krystina Szeroczyńska és Kaarina Sarmaja-Korjonen (2007) féle Atlas of Subfossil Cladocera from Central and Northern Europe határozó kézikönyvet használtuk.

Egy mintából legalább 300 egyedet számoltunk le, mivel ez az ajánlott minimális mennyiség (Szeroczyńska & Sarmaja-Korjonen 2007). Nagyobb fajoknál gyakran előfordul, hogy a héj két fél héjdarabra esik szét. Így a héjak számlálásánál egy egész héjat vagy két felet számoltunk egy egyedhez. Héjtöredéket pedig csak akkor vettünk figyelembe, ha egyértelmű határozó bélyeg állt rendelkezésre a beazonosításához. A mennyiségi becslés során feljegyeztük a különböző maradványok számát, majd a legtömegesebb testrészből becsültük az adott faj egyedszámát és vonatkoztattunk a bemért térfogatra (Goulden 1969).

4. Statisztikai értékelés

Statisztikai vizsgálatainkhoz szabadon hozzáférhető szoftverkörnyezetet, az R programozási nyelvet vettünk igénybe (R Development Core Team 2010). A célkitűzéseinknél feltett kérdéseinkre, azaz hogy a Déli-Kárpátok magashegyi tavaiban található kovaalga és ágascsapú rák közösségek eloszlásáért milyen környezeti paraméterek lehetnek felelősek és az egyes hegység között mutatkozik-e számottevő különbség a kovaalga és ágascsapú rák közösségeket illetően, kötött ordinációs elemzések segítségével kerestük a választ. Az elsődleges adatfeltáráshoz főkomponens analízist (PCA) végeztünk a vízkémiai, üledékkémiai és a lokális változók adatain. A változók típusa alapján transzformáltuk az adatokat: a vízkémiai adatsorok esetében a pH értéket koncentrációra alakítottuk, majd a koncentráció adatokat standardizáltuk. Az üledékkémiai komponensek és a lokális változók borítottsági értékeinek esetében az adatokon arcus sinus-négyzetgyök transzformációt, míg az egyéb lokális változók esetében 10-es alapú logaritmikus transzformációt ($\log_{10}(x+1)$) alkalmaztunk. A változóink között feltételezett lineáris kapcsolat miatt az elemzési technikák közül a redundancia analízist (RDA) választottuk. A taxonok abundancia adatait összetett transzformációknak vetettük alá. Először az abundancia adatokon Hellinger-féle transzformációt végeztünk, majd tovább alakítottuk arcus-sinus transzformációval és így vittük be az RDA modellekbe. A környezeti változók esetében a mérési skálák függvényében végeztünk transzformációt, annak érdekében, hogy növeljük a normalitásukat és csökkentjük a különböző csoportok mögött meghúzódó sokaságok szórásainak egyenlőtlenségét a modelleken belül (Függelék 6. táblázat). A lokális (7), a vízkémiai (12) és az üledékkémiai (12) változók hatását csoportokon belül „forward selection” technikával előzetesen teszteltük egyesével, így csak a szignifikáns ($\alpha=0,05$) hatást mutató változókkal dolgoztunk tovább. Azon magyarázó változókat választottuk be az RDA modellekbe, amelyek a random Monte Carlo permutációs teszt (999 permutáció) alapján szignifikáns ($\alpha=0,05$) hatást gyakoroltak a fajegyüttesekre. Az egyes tengelyek szignifikáns magyarázó erejét szintén random Monte Carlo permutációs teszt (999 permutáció) segítségével állapítottuk meg. A PCA és RDA ábrákon a hegységeket jelentő csoportok centroidjai, azaz peremprofiljai körüli szóródási mutatószámait körrel fedtük le. Jelen esetben tehát a körök a centroid standard hibájához tartozó 95% konfidencia köröket jelentik. Mind a PCA és RDA ábrák estében az abiotikus változókhoz nyíl mutat az origóból. Az RDA elemzések esetében a diagram könnyebb áttekinthetősége miatt az ábrára nem rajzoltuk fel a nyilakat, de a fajok rövidítései a nyilak végpontját jelölik.

EREDMÉNYEK

A célkitűzésben szereplő tavak mindegyikénél felvételeztük a lokális változókat, mértük a vízkémiai és az üledékkémiai paramétereket, vettünk üledékmintát, amiből elkészült a kovaalga és ágascsápú rák elemzés. A dolgozat alapját jelentő öt alap adatsor (1= lokális változók, 2= vízkémia, 3= üledékkémia, 4= kovaalga, 5= ágascsápú rák) tavanként rendezve a Függelékben található. A tavak leírásánál szerepelnek olyan kovaalga fajok is, amelyek nincsenek a táblázatban, mert túl ritkák, ugyanakkor ritkaságuk, vagy jellemző formájuk, vagy indikátor értékük miatt megemlíti őket.

1. A tavak jellemzése hegységenként

1.1. A Retyezát-hegység tavai

1.1.1. Stevia

A hegység északi oldalán, 2060 m-es tengerszintfeletti magasságon elterülő viszonylag mély (10,6 m) tó. Nehéz megközelíthetősége miatt az antropogén hatás elhanyagolható. A tó partját 80%-ban sziklamező borítja, a vegetációval borított felület aránya pedig 20 % körüli. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. Egyedül szervesanyag tartalma az, ami említésre méltó, ugyanis a 40 tó közül itt mértük a legalacsonyabb értéket (5,14%). A 38 kovaalga faj közül a gyengén kovásodott, vékony, iszapfelszíneken gyakori *Psammothidium scoticum* dominált (38%), de a nyílt vízre jellemző, planktonikus *Aulacoseira alpigena* is több mint 20%-át adta a diatóma közösségnek. A nagytermetű *Pinnularia microstauron* var. *nonfasciculata* jelenléte uralja a mikroszkópi képet. Összességében apró iszaplakó *Psammothidium* fajok (*P. subatomoides*, *P. curtissiumum*, *P. kuelbsii*) és nagy bentonikus formák (*Surirella* sp.) jellemzőek. Ágascsápú rák faunáját illetően, mindössze egyetlen faj maradványait találtuk meg az üledékben, az igen ellenálló és jól alkalmazkodó *Chydorus sphaericus*-t.

1.1.2. Stanisoara

Szintén a hegység északi oldalán a Steviával szomszédos völgyben, attól 70 m-rel alacsonyabb tengerszint feletti magasságon található. A völgy, amelyben fekszik széles és nyitott, végében a tó 0,45 m-es mélységével 0,76 ha-on terül el. Partját 60 %-ban füves 20%-ban törpefenyves borítja. Könnyen megközelíthető, kedvelt turista célpont. Víz és üledékkémiai szempontból átlagos értékekkel rendelkezik. Mindössze vezetőképessége (9,18 $\mu\text{S cm}^{-1}$) érdemel külön említést, ami a hegység átlagához (15,94 $\pm$ 11,27 $\mu\text{S cm}^{-1}$) képest

alacsony. Diatómáit tekintve a planktonikus/tychoplanktonikus *Aulacoseira* nemzetség fajai jellemzőek a tóra (*A. nivalis* 24%, *A. alpigena* 11%, *A. pfaffiana* 4%), melyek a kovaalga közösség közel 40%-át adják. Vélhetően a nyílt völgyben a szél hatására tudnak a sekély vízben a vízoszlopban maradni a planktonikus formák. A másik jellemző csoport az iszaplakó *Psammothidium* fajok (*P. scotica* 21%, *P. subatomus* 10%). A tóban található 31 kovaalga taxonnal a fajszegény, alacsony diverzitású tavak közé tartozik, ciszták pedig egyáltalán nem voltak a mintában. Ágascsápú rák fauna szempontjából átlagos, három faj maradványait találtuk meg: *Alona affinis* 65%, *Chydorus sphaericus* 30% és *Daphnia longispina* 4%.

1.1.3. Pietrele

A hegység északi oldalán 1995 m magasan fekszik a Pietrele völgyben, területe 0,38 ha mélysége pedig alig haladja meg a fél métert (0,55 m). Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. A tó körül 50%-ban füves, 20%-ban pedig törpefenyves vegetáció található és mellette halad el az egyik legforgalmasabb turistaút, amely a Bucura nyereghez vezet. Kovaalga közösségét tekintve az iszapfelszíneket kedvelő, monorafid *Psammothidium* nemzetség fajainak (*P. scotica* 32%, *P. curtissimum* 15%, *P. subatomus* 4%, *P. altaicum* 2%) dominanciája mellett, szintén a csupasz iszap és köves felszíneket kedvelő, az azokat először kolonizáló fragilaroid fajokat találtuk meg nagyobb arányban (*Staurosira venter* 6,5%, *Stauroforma exiguiiformis* 6,2%). Ebben a tóban is jelentős (12%) az *Aulacoseira alpigena* részesedése, ami a Retyezát egyik legjellemzőbb kovaalgája. A rendelkezésre álló mintából 35 fajt különítettünk el, és csupán egyetlen Chrysophyta cisztát. Az üledékben a hegységre leginkább jellemző két kozmopolita rák faj maradványai fordultak elő, mindössze 2%-ban *Alona affinis* és 98%-ban *Chydorus sphaericus*.

1.1.4. Pietrelicelele 1.

A hegység északi oldalán 1950 m magasan fekszik a Pietrele völgyben, területe 0,08 ha mélysége pedig 2,2 méter. A tavat 70 %-ban törpefenyves veszi körül. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. Diatóma flóráját tekintve ez a tó a leginkább fajszegény a Retyezát tavai közül, csupán 27 taxont különböztettünk meg. A két meghatározó nemzetség ebben a tóban is az *Aulacosiera* és a *Psammothidium*. Ugyanakkor ebben a tóban nem az *A. alpigena*, hanem az erősebben kovásodott *A. nivalis* a meghatározó (*A. nivalis* 29%, *A. alipena* 5%). Az *Aulacoseira granulata* ritka a hegyi tavakban, gyakran magas trofitású vizek lakója. A *Microcostatus krasskei* ritka, látványos alga aerofita szervezet, főleg nedves sziklafalak és a fröccszóna lakója (1%) (24. ábra). Az enyhén savanyú vizekre

jellemző *Eunotia* fajok szintén jelen voltak a mintákban. A ciszták és kovaalgák aránya 33%, vagyis száz kovaalgára mintegy 50 ciszta jut. Az ágascsapú rákokat tekintve az *Alona affinis* (39%) és *Chydorus sphaericus* (56%) hasonló arányban található meg a mintában, ezeken felül még 4 %-ban a szervesanyagban gazdagabb vizeket kedvelő *Daphnia pulex*-et is találtunk.

1.1.5. Pietrelicelele 2.

A hegység északi oldalán 2007 m magasan fekszik a Pietrele völgyben, területe 0,22 ha mélysége pedig 2,2 méter. A tavat 60 %-ban füves vegetáció veszi körül, itt a törpefenyves mindössze 20%-ban van jelen. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. A Pietrelicelele 3-nál valamivel magasabban található, a két tavat egy kis ér köti össze. Kovaalgáinál az *Aulacoseira* nemzetség fajai az egyedszám több mint felét adják. A leggyakoribb *A. alpigena* (19,5%) mellett a széles korong alakú, nagyobb testű *A. pfaffiana* (16%) is jelentős. A szintén abundáns, iszapon élő *Psammothidium*-ok (34%) és *Staurosira venter* (13%) mellett, ebben a tóban az enyhén áramló vizeket kedvelő *Diatoma mesodon* ugyan csak jelen van (2%). Néhány epifitikus *Encyonema* fajt is aláltunk a tóban, ami magasabb rendű növényzet jelenétére utal. Ciszta pedig alig volt (3 példány; C/D arány 0,01) a mintákban. A benne található ágascsapú rák közösség összetételében hasonló a Pietrelicelele 3 összetételéhez, azonban arányaiban eltér attól. *Alona affinis* 85%-ban, a *Chydorus sphaericus* 14% található meg a mintában, ezeken felül még 1%-ban *Alona rustica*-t is találtunk.

1.1.6. Pietrelicelele 3.

A hegység északi oldalán 1989 m magasan fekszik a Pietrele völgyben, területe 0,09 ha mélysége pedig 1,8 méter. A tavat egyenlő arányban veszi körül szikla, törpefenyves és füves vegetáció. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. A tó viszonylag sekély 1 m-es mélységét közepén egy 1,8 méter mélységű vályú töri meg, amelyet a felette elhelyezkedő Pietrelicelele-2-ből kifolyó ér alakított ki. Egyetlen kovaalga faj, a *Psammothidium subatomoides* adja az egyedszám több mint 50%-át, a nemzetség maga, a többi *Psammothidium* fajjal együtt a kovaalgák 70%-át adja. Emellett az *Aulacoseira* nemzetség kisebb termetű fajai (*A. alpigena* 13%, *A. nivalis* 3%) járulnak hozzá még jelentősen a diatóma közösséghez. Az áramló vizeket kedvelő *Diatoma mesodon* számára a tavon végigfutó ér biztosítja a vízmozgást. Találtunk cisztákat is az üledékben, de arányuk alárendelt (21 példányt jegyeztünk fel a 400 kovaalga határozása során). A Pietrelicelele 1-hez

hasonlóan az ágascsapú rákoknál ugyanolyan arányban találtunk *Alona affinis* (53%) és *Chydorus sphaericus* (41%) maradványokat, viszont a *Daphnia pulex* helyett 6 %-ban *Alona rustica*-t fordult elő.

1.1.7. Taul dintre Brazi

Legalacsonyabban fekvő tavunk, mely a hegység északi oldalán, 1740 m-en található. Területe 0,21 ha, mélysége pedig mindössze 0,9 m. A tavat 100%-ban fenyves veszi körül, ez az egyetlen tó a vizsgáltak közül, amely a fahatár alatt helyezkedik el. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. Egyedül pH értékét érdemes kiemelni, ugyanis a vizsgált 40 tó közül ebben a tóban mértük a legalacsonyabb (6,33) értéket. A Brazi tó diatóma flórája jelentősen eltér a többi északi oldali tótól. A két vezérfaj, a *Staurosira venter* (32%) és a *Stauroforma exiguiformis* (20%) olyan apró termetű fragilaroid fajok, amelyek rövidebb, hosszabb láncokká tudnak kapcsolódni. A vizsgált tavak közül csak itt volt jelen nagyobb mennyiségben a lápokban gyakran előforduló *Brachysira brébissonii*. A nagytermetű *Pinnularia microstauron* is gyakori lápi faj. *Tabellaria fenestrata* is főleg ebben a tóban volt jelen. A ciszták száma alacsony, mindössze 15 db-ot jegyeztünk fel. A benne található ágascsapú rákokat illetően a *Chydorus sphaericus* 69%-át, az *Alona affinis* 30 %-át, ezeken felül az *Alona quadrangularis* 0,3%-át adja a közösségnek.

1.1.8. Gales

A hegység északi oldalán 1990 m-es tengerszint feletti magasságban, 3,69 hektárnyi területen elterülő 15,5 m mélységű tó. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. A tavat 80%-ban füves vegetáció veszi körül, kedvelt turistacélpontnak számít. Fajgazdag, diverz a kovaalga közössége. 50 taxont különítettünk el benne és a Chrysophyta ciszták aránya is magas (C/D arány 54; 250 db cisztát találtunk a 422 db diatóma határozás során). Az *Aulacoseira alpigena* (21%) dominál ugyan, de nem tekinthető egyeduralkodónak, továbbá a *Psammothidium scotica* (13%) mellett a mély tavakra jellemző *Fragilaria gracilis* 10%-ot ér el. 3-5%-kal járulnak hozzá a relatív gyakorisági értékekhez az *Aulacoseira pfaffiana*, *A. ambigua*, *Karayevia oblongella*, *Staurosira venter*, egy *Surirella* faj, a *Pinnularia microstauron* var. *nonfasciculata*, valamint az *Achnanthydium minutissimum*. Néhány áramlásokkedvelő faj, a *Meridion circulare* és a *Diatoma mesodon* is megtalálható a tóban. Ágascsapú rák közösségében uralkodó faj a *Daphnia longispina* 82%-kal, míg a *Chydorus sphaericus* (10%) és *Alona affinis* (7%) nagyjából egyforma arányban van jelen. Az *Alona rustica* 0,3%-ban itt is jelen van.

1.1.9. Gemenele

A Gemenele Tudományos Rezervátum területén, a hegység észak-keleti részén található (11. ábra). A terület szigorúan védett, így antropogén hatások kevésbé befolyásolják a hegység többi tavához képest. A tó 1920 m-es tengerszint feletti magasságon található, területe 2,48 ha, mélysége pedig 6,2 m. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző értékeket mutat. A tavat 80%-ban törpefenyves veszi körül. A tóban 60 kovaalga fajt különítettük el, a ciszták aránya alacsony volt (C/D arány 0,16). A lapos, korongszerű *Aulacoseira pfaffiana* dominál (30%), de két másik *Aulacoseira* faj (*A. nivalis* és *A. alpigna*) is több mint 10-10%-át adja az összegyedszámnak. A *Psammothidium scotica* is több mint 10%-kal részesedik. Ez a négy taxon alkotja a közösség több mint 60%-át. A gyakorisági sorrendben következő *Pinnularia microstaruron* var. *nonfasciculata* és *Psammothidium helvetica* alig 3-3%-kal járul hozzá a kovaalga közösség egyedszámához. A *Neidium* fajok megléte pedig egyedi arculatot ad a tónak. Azonos arányban uralkodó fajok az ágascsapú rák közösségben az *Alona affinis* (38%) és a *Chydorus sphaericus* (39%). Mindezeket felül 18%-ban *Daphnia longispina* és 5%-ban *Alona quadrangularis* is található a mintában.



11. ábra – Gemenele tó a Gemenele tudományos Rezervátum területén (fotó: Császár Barbara)

1.1.10. Stirbu

Ugyancsak a Gemenele Tudományos Rezervátum területén található. Tengerszint feletti magassága 2088 m, területe 1,05 ha, mélysége pedig 9 m. Partjait mindössze 15%-ban borítja vegetáció, a fennmaradó 85% kopár szikla törmelék. Víz- és üledékkémia szempontjából a hegységre jellemző átlagos értékek mellett, a 40 tó közül a legmagasabb nátrium-ion ($1,38 \text{ mg l}^{-1}$) tartalmával tűnik ki. A kovavázak szervezetek szempontjából ennek a tónak az a különlegessége, hogy bár fajösszetételében nem sokban tér el a Retyezátban eddig ismertetett tavakétól, nem jellemző, hogy egyetlen faj, az *A. alpigena* 70%-os dominanciát érjen el, és emellett a három leggyakoribb faj a *Psammothidium curtissimum*, *P. subatomus* és a *Staurosira venter* legyen. A tóban 37 kovaalga faj maradványait találtuk meg és a ciszták aránya is alacsony ($C/D=0,10$). Az ágascsapú rákokat illetően mindössze két faj maradványait sikerült kinyernünk a mintákból. A *Chydorus sphaericus* 82%-os jelenlétével az uralkodófaj, mellette pedig 18%-ban a *Daphnia longispina* található.

1.1.11. Caprelor

A kutatásban szereplő 40 tó közül a Retyezát legmagasabban (2135 m) fekvő tava, szintén a Gemenele Tudományos Rezervátum területén található. Vezetőképessége viszonylag alacsony ($14 \mu\text{S cm}^{-1}$), ezt leszámítva víz és üledékkémiai szempontból átlagos. A tavat 70%-ban füves vegetáció veszi körül, a fennmaradó 30%-on sziklamező található. Kovaalga flórájánál az egyedek 21% a *Humidophila schmassmannii*-hoz tartozik. Ez a karakteres boreo-alpin kovaalga kiemelt jelentőséggel bír a paleolimnológiai vizsgálatokban, tömeges megjelenése gyakran egybeesik az interglaciálisok kezdetével, vagyis a hőmérséklet emelkedésével (Buczkó et al. 2015). Ugyanakkor az egész *Humidophila* nemzetségre jellemző, hogy jól bírják a kiszáradást, nem igénylik a folyamatos vízborítást, aerofil szervezetek. A *Staurosira venter* dominál (27%) és a harmadik leggyakoribb faj a *Stauroforma exiguiiformis*, mindeketű pioniér faj. Ciszta alig van a tóban, 40 kovaalga faj alkotja a közösséget. Ágascsapú rák faunáját 64%-ban *Alona affinis*, 34%-ban *Chydorus sphaericus* és 2%-ban *Daphnia longispina* alkotja.

1.1.12. Negru

A Retyezát Nemzeti Park második legmélyebb tava 27,7 m-rel a Negru. Tengerszint feletti magassága 2036 m, területe 4,32 ha. Partját 50%-ban borítja törpefenyves és füves vegetáció. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. Kovaalgák közösségét 71 taxon alkotja, ezt a vizsgált 40 tó közül csak a Calcescu (73 taxon) múlja felül.

Mély tó lévén (27,7 m) jelentős arányban vannak benne planktonikus formák, a két legabundánsabb faj a túszerű, gyengén kovásodott *Fragilaria gracilis* (22%), és a robosztus *Aulacoseira valida* (11%). A C/D arány magas (0,59), ami magas vízszintre utal. Az *Encyonopsis* nemzetség 3 fajt is megtaláltuk a tóban, amelyek nem jellemzőek az általunk vizsgált tavak flórájára. Ebben a tóban fordul elő a *Humidophila fukushimae* is, aminek ez a világon a harmadik ismert élőhelye (Kövért et al, 2015). Számos ritka faj (*Stauroneis krigerii*, *Microcostatus hustedtii*, *Pinnularia sinistra*) él a tóban. Az üledékből 5 ágascsapú rák faj maradványait sikerült azonosítani. Uralkodó fajai az *Alona affinis* (30%), *Chydorus sphaericus* (34%) és a *Daphnia longispina* (33%) hasonló arányban fordultak elő. Szórványosan megtalálható volt még *Alona rustica* (2 %) és *Daphnia pulex* (1%) is. A *Daphnia longispina* és *pulex* együttes jelenléte csak ebben az egy tóban volt kimutatható.

1.1.13. Lezilor

A Gemenele Tudományos Rezervátum területén helyezkedik el 2092 m-es tengerszint feletti magasságban. Területe 0,14 ha, mélysége pedig 2,1 m. Partjait többnyire kopár sziklák borítják, de elvétve törpefenyves és füves vegetáció is előfordul. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. A tóban 50 kovaalga fajt találtunk, leggyakoribbak az iszapfelszínen élő *Psammothidium* taxonok voltak (*P. scotica*-34%, *P. curtissimum*-11%). Az *Aulacoseira ambigua* és *alpigena* részesedése 8 ill. 7 %-os. Összesen 4 cisztát találtunk a mintában. Ágascsapú rák fauna szempontjából pedig mindössze egy fajt sikerült megtalálni az üledékében, a *Chydorus sphaericus*-t.

1.1.14. Zanoaga

A hegység déli oldalán található tó, tengerszint feletti magassága 1998 m. Nehéz megközelíthetősége ellenére kedvelt turista célpont. A Retyezát Nemzeti Park legmélyebb tava 30,5 m mélységű. Területe 6,63 ha, partjait 80%-ban füves vegetáció borítja. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. Kovaalgák szempontjából elsősorban planktonikus formák uralják a mikroszkópi képet, *Fragilaria gracilis* (31%), *Aulacoseira valida* (14%) *A. alpigena* (6%) *A. ambigua* (5%). Florisztikai érdekesség a *Chamaepinnularia bergei* előfordulása. Ebben a tóban legmagasabb a C/D arány 0,75, ami azt jelenti, hogy mintánként több a ciszta, mint a kovaalga héj. Mély, oligotróf tóra jellemző diatómaközösség jellemzi a tavat, de igen magas arányban vannak bentonikus formák és néhány perifitikus faj is. Ágascsapú rák faunája a hegység többi tavához képest gazdag, nagymennyiségű maradványt sikerült kinyerni az üledékéből. Az öt faj maradványai

közül meghatározónak a *Daphnia longispina* (70%) és az *Alona affinis* (21%) bizonyult. *Alona quadrangularis* 6%-ban, *Chydorus sphaericus* 2%-ban fordult elő és 1%-ban *Alona rustica*-t is találtunk.

1.1.15. Bucura

A Retyezát-hegység legnagyobb és leghíresebb tava a 8,53 ha területű Bucura tó, amely 16,5 m-es mélységű és 2040 m-es tengerszint feletti magasságon található (12. ábra). A hegység legkedveltebb turista célpontja, így nyaranta sátrak százai övezik partját. Ennek ellenére víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. Partját egyenlő arányban borítja kopár szikla és füves vegetáció. A tó kovaalga flórájához 5 planktonikus *Aulacoseira* faj, hasonló arányban járul hozzá (*A. pfaffiana* 14%, *A. perglabra* 11%, *A. alpigena* 8%, *A. nivalis* 7%, *A. valida* 4%). Több mint 5%-ot ér el az *Encyonema gaeumannii*, egy jellegzetes, perifitikus, kocsonyacsőben élő faj. Az üledékből 55 kovaalga fajt sikerült azonosítani, a C/D arány pedig 0,67. Üledékében az ágascsapú rák maradványok nagy mennyiségben találhatók meg, 40%-át *Daphnia longispina*, 37%-át *Alona affinis* és 16%-át *Chydorus sphaericus* adja. Ugyan kevésbé abundáns, de jelenlévő fajok pedig az *Alona quadrangularis* (7%), *Alona rustica* (0,2%) és az *Alona rectangula* (0,1%).

1.1.16. Florica

A helyiek csak „Lánynevű tavak”-nak nevezik a Florica, Viorica, Ana és Lia tavakat, amelyek sora 2085 m-es tengerszint feletti magasságon kezdődik a Floricával és 1910 m-en fejeződik be a Liával (12. ábra). A négy tó egymásba folyva alkot láncot és végül a Bucurából lefolyó víztömeghez csatlakozva folyik le a Poiana Pelegii völgyébe. A Florica területe 0,51 ha, mélysége pedig 1,4 m. Partját egyenlő arányban borítja kopár szikla és füves vegetáció. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. Kovaalga közösségében a bentonikus *Psammothidium scotica* (63%) az egyeduralkodó, továbbá más bentonikus fajok is abundánsak (*P. helvetica*, *Stauroforma exiguiiformis*). A planktonikus *Aulacoseira*-k aránya pedig éppen csak eléri a 15%-ot. Az üledékében 13 db cisztát sikerült azonosítani. Ágascsapú rák faunáját illetően, mindössze két faj maradványait találtuk meg, aminek 86%-a *Alona affinis* és 14%-a *Chydorus sphaericus*.

1.1.17. Viorica

Közvetlenül a Florica alatt 2063 m-es tengerszint feletti magasságon helyezkedik el (12. ábra). Partját egyenlő arányban borítja kopár szikla és füves vegetáció. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. Az itt található 53 kovaalga faj

közül dominál az *Aulacoseira alpigena* (39%), de az iszaplakó *Staurosira venter* (8%) és *Psammothidium curtissimum* (7%) is jelentős. A *Genkalia digitulus* 4%-kal egyedi arculatot ad a tónak, ezen kívül megtalálható még a *Diatoma mesodon* (1%) és a *Diatoma hyemale* is. Ágascsapú rák közösségének 37%-a *Alona affinis*, 27%-a *Alona quadrangularis*, 24%-a *Chydorus sphaericus* és 10%-a *Daphnia longispina*. Szintén jelen van az üledékben az *Alona rustica* (1%) és az *Alona rectangula* (0,1%) is.

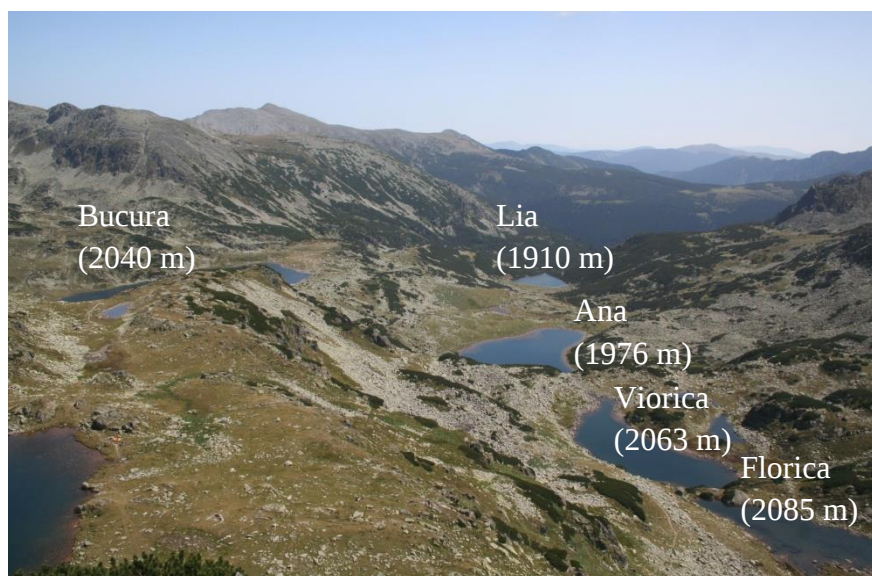
1.1.18. Ana

A „Lánynevű tavak” harmadik és egyben legnagyobb (3,49 ha) kiterjedésű tava az Ana, 1976 m tengerszint feletti magasságban található (12. ábra). Partját egyenlő arányban borítja kopár szikla és törpefenyves és füves vegetáció. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. A 36 kovalga taxonjával inkább a fajszegevényebb tavak közé tartozik, és az sem jellemző a többi tóra, hogy egyetlen faj adja a diatómaközösség több mint felét, mint itt, ahol az *Aulacoseira alpigena* 53%-kal uralja a képet. Ennek megfelelően a bentonikus és perifitikus formák szerepe alárendelt. Florisztikailag érdekes a két *Nupela* faj jelenléte (*N. vitiosa* 3% és a *N. lapidosa* <1%), ezek ritka, oligotróf fajok, paleolimnológiai vizsgálatokban is elvétve fordulnak csak elő, tehát inkább biogeográfiai szempontból érdekesek. A Retyezát 3 tavának nagyfelbontású diatóma vizsgálata szerint jelenlétük szórványos volt a késő-glaciális és a Holocén során (Buczkó et al. 2013). Ágascsapú rák közössége a Bucuráéhoz nagyon hasonló leszámítva, hogy nincs benne *Alona rectangula*, a fajok és azok egymáshoz viszonyított aránya szinte megegyezik. A közösség 32%-át *Daphnia longispina*, 33%-át *Alona affinis* és 24%-át *Chydorus sphaericus* adja. Kevésbé abundáns fajok az *Alona quadrangularis* (6,5%) és az *Alona rustica* (1,1%) voltak.

1.1.19. Lia

A „Lánynevű tavak” sorát zárja az 1910 m-en fekvő, 1,26 ha kiterjedésű, 4 m-es mélységű tó (12. ábra). Partját többnyire törpefenyves és füves vegetáció borítja. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. Kovalga flóráját tekintve az Anához nagyon hasonló a Lia diatóma összetétele, mind fajszaát (40) mind dominanciaviszonyait tekintve 47%-kal uralkodik az *Aulacoseira alpigena* és a második leggyakoribb az *A. pfaffiana* (7%). A *Psammothidium*-ok (*P. scotica* 7%, *P. subatomus* 4%) mellett a *Karayevia oblongella* is több, mint 4%-os részesedéssel vesz részt a közösség kialakításában. Ez egy nagyon jellegzetes faj, ugyanakkor ökológiájáról keveset tudunk, kiemelik, hogy a brit szigeteken mozaikos a jelenléte, olykor abundáns, leginkább

forrásokhoz, felső tavakhoz (headwater) kötik az elterjedését. (<http://craticula.ncl.ac.uk/EADiatomKey/html/taxon13010490.html>). Több perifitikus fajt is találtunk (*Eunotia*, *Pinnularia*, *Encyonema* nemzetségek képviselőit) a tóban, a C/D arány pedig 0,15. A hegység többi tavához képest rendkívül gazdag üledéke ágascsapú rák maradványokban. Nagy mennyiségben található a tóban *Alona affinis* (49%), *Alona quadrangularis* (35%), *Alona rustica* (6%), *Alona rectangula* (2%), és kisebb mennyiségben *Daphnia longispina* (1%) is előfordul. A vizsgált 40 közül a Lia tartalmaz a legnagyobb mennyiségben *Alona rustica* maradványokat.



12. ábra – A „Lány nevű tavak” füzére a Retezátban (Lia, Ana, Viorica, Florica) (fotó: Korponai János)

1.1.20. Slaveiu

A hegység déli oldalán található, nehezen megközelíthető tó. Tengerszint feletti magassága 1930 m, területe pedig 3,39 ha. Viszonylag mély tónak számít 10, 6 m-es mélységével. Partját többnyire törpefenyves (80%) borítja. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. Kovaalga közösségét 58 taxon alkotja, különleges diatóma flórával rendelkező tó. A vizsgált tavak közül egyedül ebben dominált a *Pinnularia microstauron* var. *nonfasciculata* (25%), egy viszonylag nagy testű, savanyú, oligotróf vizeket kedvelő kovaalga. Egyedül ebben a tóban találtuk a *Brachysira acroborealis*-t (1%). Ugyancsak ennek a tónak a különlegessége az *Aulacoseira laevis* megléte, amely az északi féltekén kifejezetten ritka faj. Ebben a tóban több olyan kovaalga él, amelyek faji hovatartozásnak tisztázása még várat magára. Ugyancsak különleges, szép a tó Chrysophyta flórája, a C/D arány 0,41, ami összhangban van a tó mélységével. Ágascsapú rák közösségében két faj

bizonyult leginkább meghatározónak, a *Daphnia longispina* (54%) és az *Alona affinis* (30%). Továbbá jelentős mennyiségben előfordult az üledékben a *Chydorus sphaericus* (11%) és az *Alona quadrangularis* (5%). Végül elvétele ugyan, de *Alona rustica* (0,3%) maradványokat is találtunk.

1.1.21. Turcelu

A hegység déli oldalán, 2020 m-es tengerszint feletti magasságon található, kisméretű (0,2 ha) sekély (0,4 m) lápos tavacska (13. ábra). Partját többnyire törpefenyves és füves vegetáció borítja. Víz- és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. A kovaalgáknál talált 42 faj között ebben a tóban úgy oszlanak meg a dominanciaviszonyok, hogy a két eltérő életformával bíró, egyébként a Retyezát egészére nézve legjellemzőbb diatómák, az *Aulacoseira alpigena* (28%) ill. a *Psammothidium subatomoides* (27%) közel azonos arányban vannak jelen. Csak ebben a tóban találtuk meg a *Kobayasiella parasubtilissimát*, ami főleg savanyú vizek lakója, igaz, ebben a tóban relatív gyakorisága nem érte el az 1%-t. A ciszták száma is alacsony, a C/D arány 4. Ágascsapú rák közösségénél, a hegység többi tavához képest különlegesenek számít az üledékből *Alona rustica* (41%) magas aránya a közösségben. Ezen kívül *Chydorus sphaericus* (58%), elvétele *Alona affinis* (1%) és *Alona quadrangularis* (0,3%) maradványok kerültek elő.



13. ábra – A sekély és tőzegmohás Turcelu tó a Retyezát-hegységben. (fotó: Hermann Zoltán)

1.1.22. Peleguta

A főgerinc déli oldalán található 5,6 m mélységű tó, 2097 m-es tengerszint feletti magasságban helyezkedik el. Területe 0,86 ha, partját pedig túlnyomó részt sziklás törmelék (75%) borítja. A mellette található völgyben intenzív juh legeltetés nyomai láthatók. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. Kovaalga közössége egyike a legfajgazdagabb tavaknak a Retyezátban, 70 taxont különböztettünk meg. Egyedisége a tónak, hogy sok fragilaroid diatóma van benne, ráadásul ezek láncba szerveződve népesítették be a tó alját. Az üledékfelszín bolygatottsága lehet ennek háttérében – esetleges eróziós esemény. Nincs egyetlen domináns faj, 6-7 faj (közülük 3 fajra nem pontosan meghatározott fragilaroid faj) adja az egyedszám több mint felét (*Psammothidium curtissimum*, *P. scotica*, *Karayevia carissima*). A Retyezát többi tavával összehasonlítva sok benne a *Staurosirella pinnata*. Néhány ritka, máshol nem talált faj is van a mintákban (*Geissleria*, *Sellaphora hentiensis*, *Amphora indisticta*). A C/D arány 0,30. Üledékéből négy ágascsapú rák faj maradványait sikerült meghatározni, az *Alona affinis* (31%), *Chydorus sphaericus* (34%), *Alona quadrangularis* (22%) és *Daphnia longispina* (14%) melyek megközelítőleg hasonló arányban kerültek elő.

1.1.23. Peleaga

Szintén a hegygerinc déli oldalán, a Pelegutától nem messze található 2122 m-es tengerszint feletti magasságon. Területe 2,05 ha, mélysége pedig 4,1 m. Partját többnyire füves vegetáció (70%) borítja. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. Az üledékből 52 kovaalga taxon jelenléte mutatható ki, a C/D arány pedig 15. Az *Aulacoseira alpigena* (22%), a *Staurosira venter* (20%), *Stauroforma exiguiiformis* (8%) és a *Psammothidium curtissimum* (5%) fordul elő a legnagyobb gyakorisággal. A *Humidophila fukushimae* ugyan csak 2 példányban, de előfordult a mintában. A *Navicula rhynchocephala* faj ezen a tavon kívül csak a Calescuban fordult elő. Az ágascsapú rák közösség felét az *Alona affinis* (52%) teszi ki. A fennmaradó 50%-on négy faj osztozik: *Alona quadrangularis* (19%), *Chydorus sphaericus* (15%), *Daphnia longispina* (12%) és *Alona rustica* (1%).

1.1.24. Papusii

A hegység déli gerincén, a Kis-Retyezátban található, 1855 m-es tengerszint feletti magasságban a Papusii (14. ábra). Kis területű (0,07 ha), sekély tavacska (0,7 m) közel a hegygerinchez, amelyet teljes egészében füves vegetáció vesz körül. A tavacska részét képezi a juh legeltetés során használt tereleési útvonalnak, amely során itatóként funkcionál. Vize

szemmel láthatóan eutróf, gazdag fauna (gőtéek, békák, kis rákok) jellemzi. A többi tisztavízű oligotróf tengerszemre már semmilyen tekintetben nem hasonlít. Vízkémiai szempontból teljesen eltér a hegység többi tavától. Vezetőképessége ($90 \mu\text{S cm}^{-1}$) és klorid-ion ($2,98 \text{ mg l}^{-1}$) tartalma a negyven tó közül a második legmagasabb. A kálium- ($17,84 \text{ mg l}^{-1}$) és ammónium-ion ($2,2 \text{ mg l}^{-1}$) tartalma pedig a legmagasabb mindközül. Mindezek a legeltetés mellékhatásaként értelmezhető jelek A Kis-Retyezát alapkőzetének, meszes lerakódásainak köszönhetően hidrogén-karbonát-ion ($51,71 \text{ mg l}^{-1}$) tartalma szintén magas. Diatómák szempontjából csak 22 fajt találtunk, és ezek közül is egyetlen, a *Sellaphora cf. seminulum* 80%-os dominanciával uralta a közösséget. Ágascsápú rák közössége olyan fajokból tevődik össze, melyek megtalálhatóak ugyan más tavakban is, de nem ilyen arányban. Három faj, a *Chydorus sphaericus* 42%-át, az *Alona rectangula* 31%-át, és a kifejezetten kis tavak lakója, a *Daphnia pulex* 27%-át alkotja a közösségnek.



14. ábra – Birkaitatás és mintavétel a Papusii tó partján és vizében (fotó: Urák István)

1.1.25. Buta

Szintén a hegység déli gerincén, a Kis-Retyezátban található 1760 m-es tengerszint feletti magasságban. Területe 0,28 ha, mélysége 4,5 m, partját teljes egészében törpefenyves és füves vegetáció alkotja. Vízkémiai szempontból magas a vezetőképessége ($67,7 \mu\text{S cm}^{-1}$). Üledékkémiai szempontból viszont a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. A Kis-Retyezát két tava kovaalga közössége szempontjából nagyon eltér a többi tótól. A fragilaroid fajok 90%-os dominanciájával a Buta teljesen más mikroszkópi képet mutat, mint a Retyezát többi tava. A *Hannea arcus*, *Meridion circulare* és a *Diatoma mesodon* jelenléte átfolyó vízzel

utal. *Nitzschia dissipata* is jellemző, folyóvízi forma, magasabb trofitású vizekben közönséges. A *Navicula detenta* ritka, de jellemző faj, ugyancsak máshol nem talált faj a *Navicula tridentula* is. Ciszta nem volt a tóban. Az ágascsápú rákokat illetően, az egyetlen tó a vizsgáltak közül, amelyben az ágascsápú rák közösség uralkodó faja 72%-os részaránnyal az *Alona quadrangularis*. Ezen felül *Alona affinis* 22%-ban, *Daphnia longispina* 4%-ban és *Alona rustica* 1%-ban található meg az üledékben.

1.2. A Páreng-hegység tavai

1.2.1. Mija

A Páreng északi oldalán található 1988 m-es tengerszint feletti magasságon. Területe 0,75 ha, mélysége 4,5 m. Partját 90%-ban kopár sziklás törmelék alkotja. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. Kovaalga közösségét 25 taxon alkotja. Az iszaplakó *Psammothidium scotica* (51%) a leggyakoribb faj, továbbá az *Aulacoseira alpigena* (12%) és *Staurosira venter* (8%) tekinthető még abundánsnak. A C/D arány 0,35. Ágascsápú rák faunájában mindössze négy faj található. Az *Alona affinis* 63%-át, a *Chydorus sphaericus* 27%-át, és a *Daphnia longispina* pedig 9%-át alkotja a közösségnek. A negyven tó közül ebben az egy tóban találtunk *Euricercus lamellatus*-t (0,3%).

1.2.2. Carja

A Páreng északi oldalán található 2129 m-es tengerszint feletti magasságon. Területe 0,26 ha, mélysége 2,5 m. Partját 90%-ban kopár sziklás törmelék alkotja. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. Kovaalga flórájában domináns faj *Staurosira venter* (22%) és jellemző még egy faji szinten nem meghatározott, nagyméretű *Nitzschia* faj (11%), továbbá a *Genkalia digitulus* 6%-os részesedése. Említést érdemel még a *Humidophila schmassmannii*, a *Stauroneis krigerii* és a *Genkalia boreoalpina* 2-5% jelenléte. A C/D arány 0,28. Ágascsápú rák faunájában mindössze három faj található meg. Az *Alona affinis* 80%-át, a *Chydorus sphaericus* 16%-át, és a *Daphnia longispina* pedig 4%-át alkotja a közösségnek.

1.2.3. Verde

A hegység északi oldalán található 2030 m-es tengerszint feletti magasságon. Területe 0,53 ha, mélysége 7,4 m. Partját 60%-ban kopár sziklás törmelék, 40%-át pedig törpefenyves és füves vegetáció alkotja. A tó egy viszonylag zárt, keskeny völgyben fekszik (15. ábra). Hőmérséklete rendkívül alacsony, 5,8 °C volt a mintavétel időpontjában. A hozzá hasonló

tavaknál ugyanolyan időjárási körülmények között 6-8 °C-kal magasabb hőmérsékletet mértünk. Üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. Vezetőképessége 49,1 $\mu\text{S cm}^{-1}$, ami meghaladja a hegység többi tavánál mért átlagos értékeket. A tóban 28 kovaalga fajt különítettünk el. A dominanciaviszonyok tekintetében az arktikus tavak pionír kovaalgája a *Staurosira venter* (77%) az egyeduralkodó, és csupán 3 olyan taxon fordult elő, amely több mint 3%-ot ért el (*Fragilaria robusta*, *Staurosirella pinnata* var. *lancettula*, a *Fragilaria binodis*), amelyek szintén az arktikus tavakra jellemzőek. Az üledékből mindössze egyetlen ágascsapú rák faj maradványait találtuk meg, a *Chydorus sphaericus*-t, amely az ágascsapú rák fajok közül a leginkább tág tűrésűnek mondható.



15. ábra – A Verde tó zárt, szűk völgyben fekszik (fotó: Bereczki Csaba)

1.2.4. Zanoaga Stanei

Szintén a hegység északi oldalán található 1909 m-es tengerszint feletti magasságon. Kisméretű, sekély tó, amelynek területe 0,55 ha, mélysége mindössze 1,9 m. Partját 70%-ban füves vegetáció borítja, vízében szemmel látható a gazdag makrofita vegetáció. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. Kovaalgák tekintetében a fragilaroid fajok a meghatározóak – láncokká szerveződve, ezért a faj szintű határozásuk további vizsgálatokat igényelnek (oldalnézetben nem lehet felismerni a faji bélyegeket). Kovaalga flórájának jellemző faja a *Pseudostaurosira pseudoconstruens*, amely a Retyezátból teljesen hiányzik. Ezen kívül sok, fajra pontosan nem meghatározott diatómát jegyeztünk fel. A tóból 45 kovaalga formát különítettük el, és csupán 12 cisztát (vagyis a C/D

arány 0,04). A benne található ágascsapú rák közösség fajok szempontjából nem túl változatos, azonban ez a kevés faj tömeges fordul elő a mintában. A fauna meghatározó elemei az *Alona affinis* (54%) és *Alona quadrangularis* (44%), mellettük *Chydorus sphaericus* (1,5%) és *Daphnia longispina* (0,25%) maradványok kerültek elő az üledékből.

1.2.5. Mandra

Szintén a hegység északi oldalán található, 2140 m-es tengerszint feletti magasságon fekszik. Területe 1,03 ha, közepesen mély 7,9 m-es tó. Partját 90%-ban kopár sziklás törmelék borítja. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. Üledékének szervesanyag tartalma (LOI%) nagyon alacsony (6,9%). A szilíciumvázak szervezetek vizsgálata során feltűnő volt a Chrysophyta ciszták sokfélesége, díszitettsége. A C/D arány 0.53, ami a tó mélységével arányos. A 49 kovaalga faj közül a *Hunidophila schmassmannii* 22%-os részesedésével a legabundánsabb, és a vizsgált tavak közül csak ebben az egy tóban domináns. A *Staurosira venter* 17%, és a *Psammothidium scotica* 12% is jelentős. A vezérfajok részben aerofita (*Humidophila*), részben pedig iszaplakók. Mindössze két ágascsapú rák faj maradványait találtuk az üledékben, viszont ezeket tömegesen. A *Chydorus sphaericus* 91%-át tesz ki a közösségnek, a *Daphnia longispina* pedig 9%-ot.

1.2.6. Rosiile

A hegység legnagyobb (3,97 ha) és legmélyebb (17,2 m) tava 1978 m tengerszint feletti magasságon terül el. A helyszínen mért pH értéke 8,54, ami viszonylag magas a hegység többi tavához képest. Szervesanyag tartalma (LOI%) szintén magas (22,97%). Partját 90%-ban kopár sziklás törmelék borítja. A tó kovaalgái alapján egyedi arculatú, csak itt dominál a *Pinnularia microstauron* (15%). Kísérőfajként az *Eolimna minima* (10%) és a *Sellaphora pupula* (9%) él, amelyek szintén nem gyakori és/vagy tömeges fajok ebben a vizsgálatban. A negyedik legabundánsabb az *Aulacoseira valida* (7%), de sem az őt követő *Boreozonacola hustedtii* (6%), sem az *Amphora lybica* (6%) nem ér el ilyen tömegességet más tavakban. A 46 faj nem számít ugyan soknak, de a fajösszetétel mégis egyedi. A C/D arány magas (0,63). Ágascsapú rák közösségének 67%-át *Daphnia pulex* alkotja. Ezen kívül 29%-ban a *Chydorus sphaericus*, 4%-ban *Alona affinis*, 0,3%-ban pedig *Alona quadrangularis* van jelen.

1.2.7. Zanoaga Mare

A hegység északi oldalán 2018 m-es tengerszint feletti magasságon található sekély (1 m), kis területű (0,82 ha) tavacska. Sziklás törmelék (60%) és a füves vegetáció (40%) veszi

körül. Vízében szemmel látható a gazdag makrofita vegetáció borítottság. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutat. A sekély tóban Chrysophyta cisztát nem találunk. A 30 kovaalga taxon közül meghatározó, uralkodó faj a *Pseudostaurosira pseudoconstruens* (68%), ami egy fragilaroid diatóma, amely teljesen hiányzik a Retyezátból. További gyakori fajok *Pseudostaurosira brevistriata* és más fragilaroidok. Említést érdemel viszont, hogy csak ebben a tóban találtunk több olyan nagytestű *Navicula* fajt (*N. radiosa*, *N. lanceolata*) amelyek aktív mozgásra képesek és jól ismertek, mint iszaplakó, magasabb trofítású vizekben élő algák. Üledéke ágascsapú rák maradványokban tekintetében rendkívül gazdag. A közösség több mint felét *Alona affinis* (53%), további 39%-ot az *Alona quadrangularis* ad. Mindezekon felül 7% *Chydorus sphaericus* és 1% *Daphnia longispina* maradványokat találtunk a mintában. A hegységben mindössze két tóra jellemző *Graptoleberis testudinaria* maradványokat (0,3%) is találtunk.

1.2.8. Calcescu

A hegység északi oldalán, 1934 m-es tengerszint feletti magasságon elhelyezkedő tó. A hegység többi tavához képest nagy területű (3,09 ha) és mélységű (9,3 m) tengerszem. Partjain egyenlő arányban osztozik a sziklás törmelék, törpefenyves és füves vegetáció. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutatja. Kovaalgák szempontjából a legfajgazdagabb a vizsgált tavak közül, ugyanakkor a benne talált 73 fajból több olyan, amit egyelőre nem sikerült meghatározni. Ilyen a domináns faj is (egy fragilaroid diatóma). A *Geissleria*, *Neidium*, *Nupela* fajok határozása is csak nemzetségszinten történt meg, mivel nem állnak rendelkezésre megfelelő határozók. A tó kovaalgáiról Oltean (1963) közölt listát, amelyben 48 fajt különített el. Önmagában e tó florisztikai feldolgozása is számos új eredményt hozhat, ami túlmutat jelen dolgozat keretein. A C/D arány 0,26. Ágascsapú rák faunájában szintén megtalálható a *Graptoleberis testudinaria* (1,3%). Közössége ezen kívül még öt ágascsapú rák fajt foglal magába, uralkodó faja 65%-kal a *Daphnia longispina*, ezt követi 20%-kal az *Alona affinis*, 7% *Chydorus sphaericus*, 6% *Alona quadrangularis* és 1% *Alona rustica*.

1.2.9. Carbunele

A hegységben vizsgált tavak közül a legkisebb, 0,7 ha-os területével. Közelében húzódik a Transalpina (DN67c) út, 2054 m-es tengerszint feletti magasságon a hegység északi oldalán. Mélysége 1,5 m, vize zavaros, láthatóan eutróf. Kizárólag füves vegetáció veszi körül. Csakúgy, mint a Retyezátban található Papusiit, a Carbunelét is juhok itatására használják.

Közvetlen környezetében karám és pásztorkunyhó is található (16. ábra). A nátrium- ($0,17 \text{ mg l}^{-1}$) és kalcium-ion ($0,44 \text{ mg l}^{-1}$) tartalma a hegység többi tavához képest alacsony. Kálium- ($1,72 \text{ mg l}^{-1}$) és ammónium-ion ($1,71 \text{ mg l}^{-1}$) tartalma pedig magas. Kovaalga flórája alapvetően tér el a vizsgálat sor többi tavától. Mindössze 20 faj alkotja, a domináns szervezet a *Tabellaria flocculosa* (52%). Továbbá a *Psammothidium* nemzetség fajtái (*P. helveticum*, *P. scoticum*, *P. subatomoides*) fordulnak elő nagyobb abundanciával. Sekélysége és magas trofitása ellenére a C/D arány 0,28. Az üledék ágascsapú rák maradványok mennyiségét illetően a leggazdagabb a vizsgált negyven tó közül, viszont mindössze három faj fordul elő benne. Az *Alona rectangula* a vizsgált tavak közül ebben volt a legtömegesebb, továbbá a közösség 17%-át alkotja. A *Chydorus sphaericus* uralkodó fajként 81%-át teszi ki a közösségnek, és emellett a két faj mellett 2%-ban *Daphnia longispina*-t is találtuk.



16. ábra – A Carbunele tavat füves hegyi rét veszi körül, partján pásztorkunyhó látható
(fotó: Harangi Sándor)

1.3. A Fogarasi-havasok tavai

1.3.1. Avrig

A hegység legnyugatibb tava, amely a gerinc északi oldalán 2007 m-es tengerszint feletti magasságában helyezkedik el. Területe 1,5 ha, mélysége pedig 3,3 m. Partját 60%-ban sziklás közettörmelék és 40%-ban füves vegetáció borítja. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutatja. Kovaalgái közül a *Staurosirella pinnata* dominál (57%). Említést érdemel még az inkább mély tavakra jellemző *Cyclotella stelligera* (3%), az *Achnanthydium minutissimum* (6%), valamint az *Encyonopsis* és a *Nitzschia* fajok

jelenléte. Cisztákat nem találtunk a tóban. Ágascsapú rák faunája igen szegényes, az üledékben maradványokat alig találtunk. A közösség összetételében leginkább meghatározó faj a *Chydorus sphaericus* 84%-kal. *Alona affinis* és *Alona quadrangularis* egyaránt 2-2%-kal, míg *Daphnia pulex* 12%-kal volt jelen az üledékben.

1.3.2. Caltun

A hegység gerincének déli oldalán található 2135 m-es tengerszint feletti magasságon. Mélysége 13 m, amellyel a Fogarasi-havasokban vizsgált tavak közül a legmélyebb, területe pedig 0,74 ha. Partjait 75%-ban borítja sziklás törmelék, a fennmaradó 25%-ot pedig füves vegetáció teszi ki. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutatja. Kovaalga flóráját és dominanciaviszonyait tekintve uralkodik az *Aulacoseira alpigena* (71%). Kísérőfajok a *Psammothidium scotica* 5% és kisebb arányban más *Psammothidium* és *Aulacoseira* fajok. Fajszegény (24 faj) és a ciszták száma is alacsony (C/D arány 0,06), de magasabb, mint a Fogaras más tavaiban. A meglévő fajok mindegyike inkább a Retyezátra jellemző. Ágascsapú rák maradványokat értékelhető mennyiségben nem találtunk az üledékében. A feldolgozott 2 cm³-nyi mintából mindösszesen 1 db *Alona quadrangularis* és 3 db *Alona rustica* maradvány került elő.

1.3.3. Doamnei

A hegység gerincének északi oldalán, közel a Transzfogaras (DN7c) úthoz fekvő tó. Könnyű megközelíthetősége miatt kedvelt turista célpont. Tengerszint feletti magassága 1890 m, területe 0,43 ha, mélysége pedig mindössze 1,0 m. Körülötte kizárólag füves vegetáció található, emiatt környezetében láthatóan zajlik legeltetés. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutatja. A 40 vizsgált tó közül csak itt dominál az *Encyonema minuta*. Szubdomináns a *Staurosirella pinnata* az *Achnanthidium minutissimum*, és több *Nitzschia* faj is megtalálható a mintákban. Az alacsony fajsza (32), az ciszták teljes hiánya a *Nitzschia* fajok jelenléte arra utal, hogy ez a tó inkább mesotróf. Ágascsapú rák maradványokat értékelhető mennyiségben nem találtunk az üledékében. A feldolgozott 2 cm³-nyi mintából mindösszesen 1 db *Alona quadrangularis*, 1db *Chydorus sphaericus* és 1 db *Daphnia longispina* maradvány került elő.

1.3.4. Balea

A Fogarasi-havasok legismertebb tava, a hegység gerincének északi oldalán helyezkedik el 2040 m-es tengerszint feletti magasságon, közvetlenül a Transzfogaras út mellett (17. ábra).

Területe 4,92 ha, amellyel a hegység legnagyobb tava. Mélysége 10,6 m, átlagosnak mondható. Partján számos étterem is épült, emiatt és az idelátogató turistaáradat miatt antropogén terheltsége jelentős. Vezetőképessége $98,6 \mu\text{S cm}^{-1}$, ami a vizsgált negyven tó közül a legmagasabb. Üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutatja, kiugró értékek nélkül. Kovaalgáira a planktonikus formák jellemzőek, a *Fragilaria gracilis*, *Cyclotella stelligera* és az *Asterionella formosa* is nyílt vízben, lebegő életmódot folytató fajok. E három faj adja a teljes kovaközösség felét. Összesen 50 taxont különböztettünk meg, ezzel a Fogarasi-havasok legfajgazdagabb tava. Mivel a Balea tó nem tartozik a legmélyebbek közé ezért a magas planktonikus arány a vízben hozzáférhető magasabb tápanyagtartalommal hozható összefüggésbe. Erre utal az alacsony ciszta/diatóma arány ($>0,01$) is. Ágascsápú rák fauna szempontjából átlagos, 47-47%-kal egyenlő arányban található benne *Chydorus sphaericus* és *Daphnia longispina*, valamint 5%-ban *Alona quadrangularis* is előfordul benne.



17. ábra – A Transzfogaras út mellett elhelyezkedő Balea tó (fotó: Hermann Zoltán)

1.3.5. Capra

A hegység gerincének északi oldalán, közel a Transzfogaras úthoz helyezkedik el. A vizsgált negyven tó közül a Capra található a legnagyobb tengerszint feletti magasságon, 2249 m-en. Területe 1,84 ha, mélysége pedig 8,2 m. Partját 60%-ban füves vegetáció, 40%-ban sziklák borítják, partját szívesen használják a hegymászók sátorozó helyként. Víz és

üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutatja. A tó kovaalga együttese szinte kizárólagosan apró fragilaroid fajokból áll (*Staurosirella pinnata*, *Fragilaria parasitoides*, *Staurosira construens*) emellett csak néhány szintén apró termetű fragilaroid fajt találtunk több mint 1%-ban (*Psammothidium curtissimum*, *Achnanthidium minutissimum*). A kovaalga flóra tipikus magashegyi, arktikus-boreális fajokból áll, 39 taxont számlál. A ciszta/diatóma arány kicsi 0,5% alatti. Ágascsápú rák fauna szempontjából átlagos, 0,3 % *Alona affinis*, 1% *Alona quadrangularis*, 85% *Chydorus sphaericus* és 14 % *Daphnia longispina* alkotja közösségét.

1.3.6. Valea Rea

Az általunk vizsgált tavak közül a legkeletibb fekvésű (18. ábra). A gerinc déli oldalán helyezkedik el 2160 m-es tengerszint feletti magasságban. Területe 0,53 ha, mélysége pedig 1,4 m. Partját 40%-ban sziklás törmelék és 60%-ban füves vegetáció borítja. Víz és üledékkémiai szempontból a hegységre jellemző átlagos értékeket mutatja. Kovaalgái közül a *Staurosirella pinnata* a domináns (54). Ez a faj jellemző a fenekéig átvilágított sekély, magashegyi tavakra. Az *Achnanthidium minutissimum* (12%) és az *Encyonema* fajok (8%) azt jelzik, hogy a tó fenekét részben legalább növényzet fedi. Ágascsápú rák maradványokat értékelhető mennyiségben nem találtunk az üledékében. A feldolgozott 2 cm³-nyi mintából mindössze egyetlen *Alona quadrangularis* maradvány került elő.



18. ábra – Valea Rea az általunk vizsgált legkeletibb fekvésű tó. (fotó: Hermann Zoltán)

2. Az abiotikus változók elemzésének eredményei

2.1. A lokális környezeti változók elemzésének eredményei

2.1.1. Tengerszint feletti magasság

Igyekeztünk a lehető legalacsonyabban fekvő tavaktól a legmagasabban fekvőkig eljutni, ezzel a lehető legszélesebb tengerszint feletti magasság spektrumot lefedni. Így az általunk vizsgált tavak összesen 509 m-es magasság különbséget ölelnek fel. A három hegységben a vizsgált tavak összesen 509 m-es magasság különbséget ölelnek fel. A három hegységben a vizsgált tavak átlagos tengerszint feletti magassága 2015 ± 98 m. Legalacsonyabb átlagos tengerszint feletti magassággal a Retyezát (1998 ± 94 m) tavai rendelkeznek, ezt követi a Páreng (2020 ± 79 m) és a legmagasabban a Fogaras (2080 ± 127 m) tavai találhatók. Az összes tó közül legalacsonyabban a Retyezát északi oldalán, a Taul dintre Brazi 1740 m-en fekszik. A vizsgált tavak közül ez az egyetlen, amely még a fahatár alatt található. Az általunk elért legmagasabban fekvő tó pedig a Fogaras déli oldalán 2249 m-es magasságban a Capra nevű tengerszem.

2.1.2. A tavak területe

A három hegység tavainak területe tág határok (0,03-10 ha) között változott. A legnagyobb tavak a Retyezátban ($1,68 \pm 2,21$ ha), ezt követően a Fogarasban ($1,66 \pm 1,69$ ha) vannak, míg a legkisebb átlagos területtel rendelkezők a Párengen ($1,23 \pm 1,35$) találhatók. Mindközül a legkisebb területtel 0,07 hektárral a Retyezátban a Papusii és a Párengen a Carbunele tavak, legnagyobbal pedig 8,53 hektárral a Retyezátban a Bucura rendelkezik.

2.1.3. Vízigyűjtő terület

A magashegyi tavaknak viszonylag kis vízigyűjtő területe van, kb. 1 és 800 ha között változik. Az általunk vizsgált tavak vízigyűjtő területe 0,9-162 ha között változik. A hegységeket külön-külön vizsgálva, az átlagukban jelentős különbség nem tapasztalható (Retyezát $50,63 \pm 40,22$ ha, Páreng $54,90 \pm 46,58$ ha, Fogaras $53,08 \pm 34,18$ ha). A legkisebb vízigyűjtője a Vioricának (0,7 ha), míg legnagyobb a Bucurának (162 ha) van. A vízigyűjtő hatását az area koefficiens (C_s arány, vízigyűjtő/tófelület) fejezi ki. Minél nagyobb ez az érték, annál nagyobb az allochton folyamatok jelentősége (tápanyagterhelés, üledékképződés). Az area koefficiens esetében 1 (Viorica) és 780 (Tau dintre Brazi) közötti értékeket kaptunk. Általánosságban elmondható, hogy minél alacsonyabb térszínen fekszenek a tavak, annál nagyobb a vízigyűjtőjük, és az area koefficiens.

2.1.4. Vízmélység

Vízmélység tekintetében a három hegység átlagos értéke $6,7 \pm 7,1$ m. Hegységenként külön vizsgálva az átlagos mélységet hasonló értékeket kaptunk (Retyezát $7,1 \pm 8,1$ m, Páreng $6,0 \pm 5,2$ m, Fogaras $6,3 \pm 5,1$ m). Legsekélyebbnek a Retyezát déli oldalán fekvő kis tavacska a Turcelu bizonyult $0,4$ m-rel. Medre vastagon növényi törmelékkel és mohával borított, ami időszakos jellegére utal. A legmélyebb tó a Zanoaga, szintén a Retyezát déli oldalán található, $30,5$ m-es mért mélységével az egész Déli-Kárpátok legmélyebb tengerszeme.

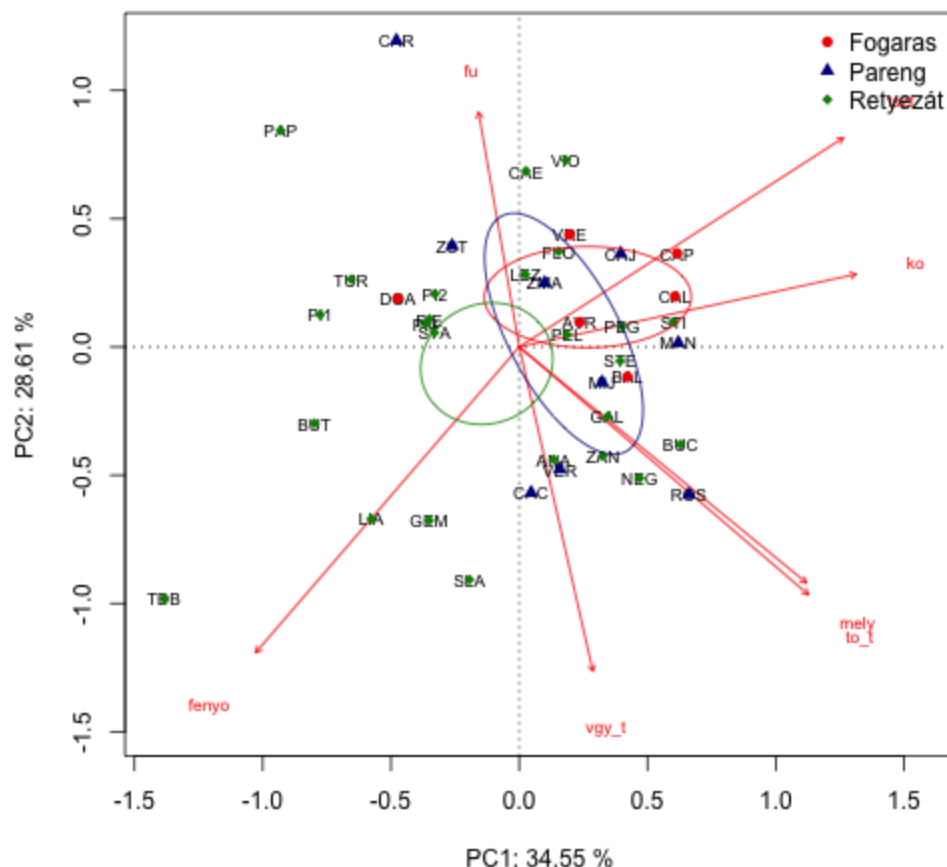
2.1.5. Növényzet borítottság a tavak körül

A partvonal növényzet-borítottsága a felmérések alapján a három hegység átlagát tekintve közel hasonló volt. A tavak partvonala átlagosan $42 \pm 28\%$ -ban sziklával, $43 \pm 28\%$ -ban gyeppel és $34 \pm 28\%$ -ban fenyővel borított. Hegységenként és az egyes paramétereket külön-külön értékelve más képet kapunk. A Páreng tavainak partvonalát inkább csupasz szikla felszín szegélyezi ($61 \pm 31\%$), de a Fogaras tavai esetében is a partvonal közel felét sziklás felszín szegélyezi ($42 \pm 24\%$). A Retyezát estében a tavak partvonalának közel egyharmada szikla ($34 \pm 24\%$). Gyep szegély szempontjából a Páreng és a Retyezát tavai esetében találunk nagyobb borítottságot ($45 \pm 25\%$ ill. $58 \pm 24\%$), míg a Fogaras tavait szegélyezi legkevésbé gyep ($29 \pm 32\%$). A Fogaras tavait nem szegélyezi törpe fenyves, míg a Retyezátban átlagosan a partszegély 38% -ában találunk fenyőt. A Páreng tavait csekély mértékben szegélyezi törpe fenyves ($17 \pm 16\%$).

2.2. A lokális környezeti változók összehasonlító elemzése főkomponens analízissel

A 19. ábra ismerteti a főkomponens analízis eredményét a lokális környezeti változókon. Az első két főtengety a teljes variancia több mint 63% -át magyarázta, ebből az első tengely 35% -ot, míg a második 29% -ot fedett le. Az első főtengety a legtöbb változóval (mélység, tengerszint feletti magasság, szikla borítás, tó területe) pozitívan, míg a partmenti törpefenyő borítás arányával, negatívan korrelált. Az előbbi mentén Taul dintre Brazi (TDB), az utóbbi esetében pedig a Zanoaga (ZAN), Bucura (BUC), Negru (NEG), Rosiile (ROS) tavak elválása figyelhető meg. A második főtengetellyel erős korrelációt a vízgyűjtő terület nagysága (negatív) és a partmenti füves borítottság aránya (pozitív) adott, amely mentén a Papusii (PAP) és Carbunele (CAR) tavak elválása figyelhető meg. Az első főtengety mentén a különböző hegységekben fekvő tavak lokális környezete kis mértékben elválik egymástól. A főtengety negatív tartományában többnyire a Retyezát tavainak mintái, míg a pozitív tartományban a Fogaras és a Páreng tavainak mintái helyezkednek el. Az ordinációs

diagramra felrajzoltuk az egyes hegységeket, mint *a priori* csoportokat jelölő ellipsziseket és teszteltük azok elválását. Egyik esetben sem kapunk statisztikailag szignifikáns ($\alpha=0,05$) elválást a különböző hegységekben fekvő tavak lokális környezetének tekintetében.



19. ábra – A vizsgált tavak lokális környezeti háttérváltozóira (piros nyilak) végzett főkomponens analízis ordinációs diagramja. A különböző színek és szimbólumok a különböző hegységekben fekvő tavakat jelentik. A tavak és a környezeti változók rövidítései a Függelék 7. táblázatban találhatóak meg.

2.3. A vízkémiai paraméterek elemzésének eredményei

2.3.1. Víz hőmérséklet

A tavak vizének hőmérséklete többnyire az időjárási viszonyokat tükrözte, így a négy év során, különböző körülmények között mért adatok átlagos értékeinek összehasonlítása értelmetlen lenne. Mindössze egy esetben tapasztaltunk az időjárási körülményektől független, szokatlanul alacsony víz hőmérsékletet. A Párengen található Verdénél 5,8 °C-ot mértünk, ami nem a zord időjárási körülményeknek, hanem inkább a domborzati viszonyoknak volt köszönhető. A tó egy szűk, árnyékos völgyben fekszik (15. ábra), ami

gátolja a 7,4 m-es mélységű víztömeg felmelegedését.

2.3.2. Vezetőképesség

Néhány kivételtől (Papusii, Carbunele) eltekintve, tiszta vizű oligotróf tavakat találtunk, alacsony vezetőképességgel. A három hegység átlagos vezetőképessége $22,37 \pm 19,01 \mu\text{S cm}^{-1}$. A hegységeket külön-külön értékelve a Fogaras tavainál ($50,1 \pm 27,74 \mu\text{S cm}^{-1}$) magasabb értékeket mértünk, mint a Retyezát ($15,94 \pm 11,27 \mu\text{S cm}^{-1}$) és a Páreng ($20,86 \pm 11,76 \mu\text{S cm}^{-1}$) tavainál. A helyszíni mérések eredményei alapján a legalacsonyabb érték $8,14 \mu\text{S cm}^{-1}$ volt, amit a Retyezátban a Pietrelicelele 1-ben mértünk. A legmagasabb értéket pedig a Fogarasban a Baleában mértük $98,6 \mu\text{S cm}^{-1}$ -t.

2.3.3. pH

A terepen mért pH értékek 6,3 és 8,8 között változtak. A három hegység átlagos pH értéke $7,61 \pm 0,55$. A Retyezát tavainak átlagos pH-ja $7,38 \pm 0,2$, a Páreng tavaié némileg magasabb, $7,76 \pm 0,31$, míg a Fogarasban az átlagérték $8,1 \pm 0,53$ volt. Legalacsonyabb pH-val a Retyezátban a Taul dintre Brazi rendelkezik. Legmagasabb pH értékkel a Fogarasban a Capra rendelkezik. A legtöbb tó vize semleges kémhatású volt, vagy enyhén lúgos.

2.3.4. Fő ionok

A három hegységre együttesen és külön-külön hegységekre lebontva a jellemző átlagos, szórás, minimum és maximum értékeket a 5. táblázatban tüntettük fel. A fő ionok eredményeinek esetében, az átlagolást a Papusii és Carbunele tavak eredményeinek figyelmen kívül hagyásával végeztük el. Nagyságrendekkel magasabb eredményeket mutatnak néhány paraméter tekintetében, mint ami a hegységre jellemző, így átlagos értéket jelentősen torzítaná.

Így a szulfát-, kalcium-, kálium-, magnézium-, foszfát-ionok esetében a legnagyobb átlagos értékekkel a Retyezát, azt követően a Fogaras és legalacsonyabb értékkel a Páreng rendelkezik. A Retyezátra jellemző, hogy átlagosan magasabb klorid-ion tartalmú tavai vannak, mint a másik két hegységnek. A nátrium-ion szempontjából a három hegység közül a Retyezátban a legmagasabb az átlagos érték, a Fogarasban a legalacsonyabb, a Páreng pedig a kettő közötti értéket képviseli. A nitrát-ionnál szintén a Retyezát tavai rendelkeznek átlagosan magasabb értékkel, viszont a második helyen itt a Páreng áll, és ezt követi a Fogaras. Végül az ammónium-ion az egyetlen, ahol a Páreng tavai tartalmazzák átlagosan a legnagyobb mennyiséget, ezt követi a Fogaras és legkevesebb a Retyezát tavaiban található.

Az átlagostól eltérő eredményeket tapasztaltunk a klorid-ion esetében. A Retyezátban található Papusiinál 2,98 mg l⁻¹-ot mértünk, ami jóval meghaladja a három hegységre jellemző átlagot. A kálium-ion esetében is mértünk kiugróan magas értékeket a Retyezátban a Papusiinál (17,84 mg l⁻¹) és a Párengen a Carbunelenél (1,72 mg l⁻¹). A hidrogén-karbonát-ionnál említésre méltó, az átlagosnál alacsonyabb értéket, a Fogarasban a Caltun (9,69 mg l⁻¹) esetében mértünk csak, amely nem csak a hegység átlagánál, de az összes vizsgált tó közül a legalacsonyabb értéknek számít. Az ammónium-ionnál a legjelentősebb az eltérés a mért átlagoktól a Retyezátban a Papusiinál (2,19 mg l⁻¹) és a Párengen a Carbunelenél (1,71 mg l⁻¹) mért értékek. Foszfát-ion esetében pedig a legjelentősebb az eltérés a mért átlagoktól a Retyezátban a Papusiinál (2,16 mg l⁻¹) és a Párengen a Carbunelenél (0,22 mg l⁻¹) mért értékek.

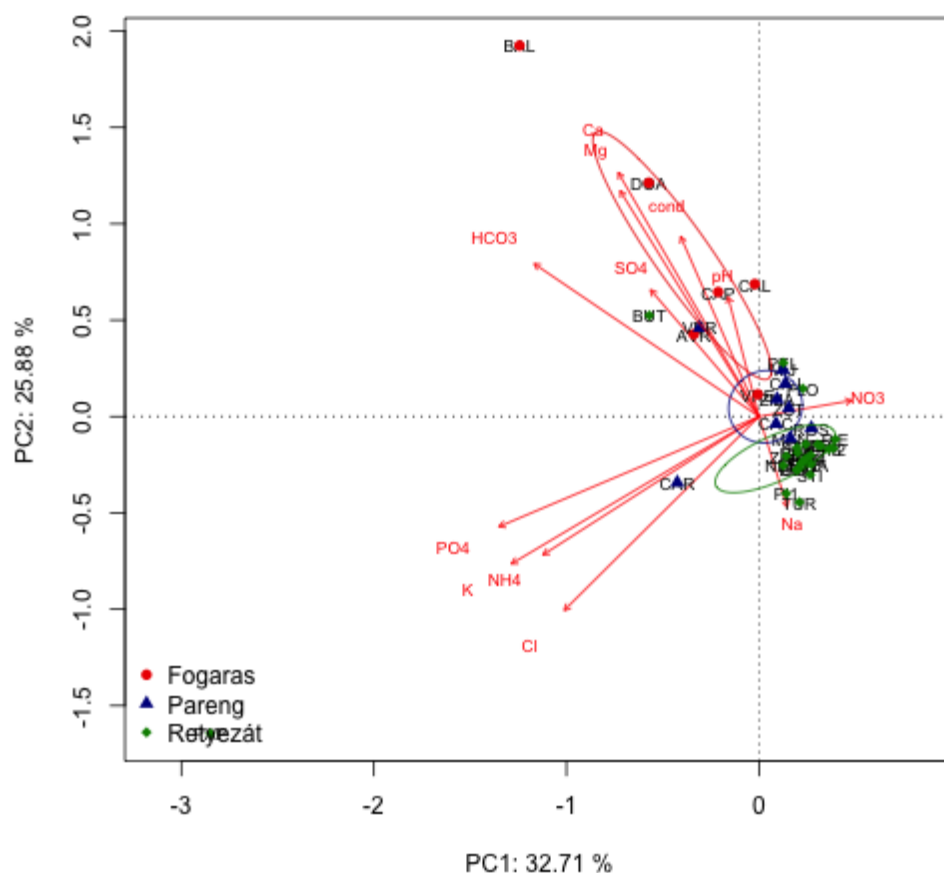
hegység	érték (mg l ⁻¹)	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺
Retyezát	átlag	0,48	2,20	16,46	1,43	0,21	0,12	0,88	0,70	0,07	0,0145
	szórás	0,24	0,71	7,41	2,20	0,12	0,15	0,26	0,45	0,10	0,0148
	min.	0,20	1,64	9,43	0,61	0,03	0,05	0,55	0,00	0,03	0,0000
	max.	2,98	5,18	51,71	11,73	17,84	0,80	1,38	1,62	2,16	2,1960
Páreng	átlag	0,28	3,59	16,56	2,67	0,28	0,34	0,65	0,48	0,09	0,0443
	szórás	0,22	2,59	4,38	1,83	0,15	0,21	0,31	0,50	0,04	0,0260
	min.	0,13	1,96	12,93	0,44	0,11	0,19	0,17	0,05	0,04	0,0100
	max.	0,77	9,72	25,85	6,79	1,72	0,84	1,33	1,46	0,22	1,7100
Fogaras	átlag	0,28	3,81	38,88	7,53	0,60	1,36	0,46	0,59	0,17	0,0388
	szórás	0,19	1,95	23,17	5,30	0,20	1,31	0,17	0,58	0,17	0,0244
	min.	0,09	2,04	9,70	2,16	0,35	0,16	0,25	0,02	0,03	0,0000
	max.	0,63	7,44	77,56	16,98	0,85	3,30	0,73	1,48	0,44	0,0760

5. táblázat – A vizsgált vízkémiai komponensek átlagos, szórás, minimum és maximum értékei külön-külön hegységekre lebontva.

2.4. A vízkémiai paraméterek összehasonlító elemzése főkomponens analízissel

A 20. ábra ismerteti a főkomponens analízis eredményét a vízkémiai változókon. Az első két főtengety a teljes variancia több mint 58%-át magyarázta, ebből az első tengely 33%-ot, míg a második 26 %-ot fedett le. Az első főtengety a PO₄²⁻, HCO₃⁺, NH₄⁺, Cl⁻, K⁺ változókkal negatívan korrelált, amely mentén a Papusii (PAP) és Carbunele (CAR) tavak ismét elválnak. Ezen felül az első tengely gyenge pozitív korrelációt mutatott a NO₃⁻ és a Na⁺ tartalommal. A második főtengetyvel erős korrelációt a vezetőképesség, a Ca²⁺ és Mg²⁺ (pozitív) és Cl⁻ (negatív) változókkal adott, amely mentén a Fogaras tavainak elválása figyelhető meg. A

második főtengely mentén a különböző hegységekben fekvő tavak vízkémiai változóinak mintái kis mértékben elválnak egymástól. A főtengely negatív tartományában a Retyezát tavainak mintái, míg a pozitív tartományban a Fogaras tavainak mintái helyezkednek el, a kettő között pedig a Páreng tavainak mintái láthatók. Az ordinációs diagramra felrajzoltuk az egyes hegységeket, mint *a priori* csoportokat jelölő ellipsziseket és teszteltük azok elválását. Egyik esetben sem kapunk statisztikailag szignifikáns ($\alpha=0,05$) elválást a különböző hegységekben fekvő tavak vízkémiai komponenseinek tekintetében.



20. ábra – A vizsgált tavak vízkémiai változóira (piros nyilak) végzett főkomponens analízis ordinációs diagramja. A különböző színek és szimbólumok a különböző hegységekben fekvő tavakat jelentik. A tavak és a vízkémiai változók rövidítései a Függelék 7. táblázatban találhatóak meg.

2.5. Az üledékkémiai paraméterek elemzésének eredményei

A három hegységre együttesen és külön-külön hegységekre lebontva a jellemző átlagos, szórás, minimum és maximum értékeket az 6. táblázatban tüntettük fel. A SiO_2 az egyetlen, ahol a három hegység közül legmagasabb átlagos értéket a Retyezát tavai érték el, ezt követi a Páreng, majd a Fogaras. Szintén a Retyezát rendelkezik a legmagasabb értékekkel az Al_2O_3 , BaO, K_2O , Na_2O , SrO és LOI esetében, ezt követi a Fogaras, majd a Páreng. Végül pedig fordított a sorrend a CaO, Fe_2O_3 , MgO, MnO_2 és TiO_2 esetében, ahol legnagyobb átlagos értékkel a Fogaras, ezt követően a Páreng és legkisebb értékekkel a Retyezát tavai rendelkeznek.

A hegységekre jellemző, átlagostól jelentősen eltérő, kiugró eredményt az üledékkémiai komponenseknél nem tapasztaltunk.

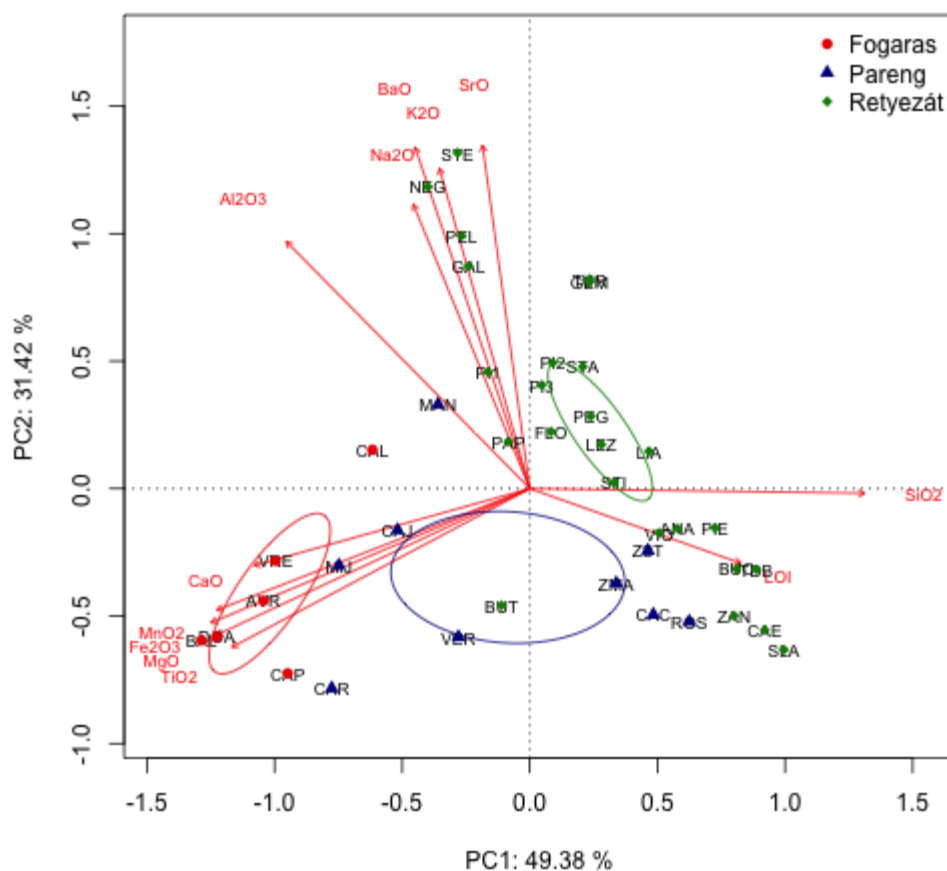
hegység	érték (%)	SiO_2	Al_2O_3	BaO	CaO	Fe_2O_3	K_2O	MgO	MnO_2	Na_2O	SrO	TiO_2	LOI
Retyezát	átlag	51,36	12,54	0,0463	0,97	2,82	1,87	1,08	0,0385	1,73	0,0244	0,43	17,92
	szórás	5,42	3,63	0,0246	0,34	0,94	0,76	0,37	0,0149	1,00	0,0126	0,23	8,71
	min.	41,43	6,63	0,0140	0,36	1,55	0,81	0,56	0,0171	0,29	0,0083	0,19	5,14
	max.	60,25	20,64	0,1022	1,65	5,11	4,44	1,96	0,0807	4,01	0,0529	1,18	41,34
Páreng	átlag	49,23	11,12	0,0247	2,02	4,83	1,33	2,43	0,0748	1,32	0,0140	0,72	15,00
	szórás	7,49	2,85	0,0102	1,10	2,26	0,55	1,52	0,0433	0,66	0,0062	0,46	5,48
	min.	39,51	7,28	0,0116	0,73	2,19	0,64	0,51	0,0290	0,58	0,0063	0,22	6,93
	max.	58,74	14,64	0,0408	3,70	8,82	2,63	4,62	0,1649	2,57	0,0263	1,66	23,47
Fogaras	átlag	33,75	12,13	0,0398	1,37	4,51	1,71	1,98	0,0658	1,54	0,0202	0,64	15,97
	szórás	1,47	4,02	0,0235	0,86	3,48	0,85	1,74	0,0593	0,94	0,0121	0,47	8,58
	min.	32,04	2,85	0,0102	0,34	0,94	0,55	0,37	0,0149	0,29	0,0062	0,19	5,14
	max.	35,97	20,64	0,1022	3,70	14,04	4,44	7,54	0,3331	4,01	0,0529	2,02	41,34

6. táblázat – A vizsgált üledékkémiai komponensek átlagos, szórás, minimum és maximum értékei külön-külön hegységekre lebontva.

2.6. Az üledékkémiai paraméterek összehasonlító elemzése főkomponens analízissel

A 21. ábra ismerteti a főkomponens analízis eredményét az üledékkémiai változókon. Az első két főtengety a teljes variancia több mint 80%-át magyarázta, ebből az első tengely 49%-ot, míg a második 31 %-ot fedett le. Az első főtengety mentén a különböző hegységekben fekvő tavak üledékkémiai változói jól elválnak egymástól. A főtengety negatív tartományában többnyire a Fogaras tavainak mintái, míg a pozitív tartományban a Retyezát tavainak mintái helyezkednek el. Az ordinációs diagramra felrajzoltuk az egyes hegységeket, mint *a priori*

csoportokat jelölő ellipsziseket és teszteltük azok elválását. A Retyezát és a Fogaras esetében statisztikailag szignifikáns ($\alpha=0,05$), a Páreng esetében pedig marginálisan szignifikáns elválást kapunk a különböző hegységekben fekvő tavak üledékkémiai komponenseinek tekintetében. Az első főtengely a legtöbb változóval (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , MnO_2 , TiO_2) negatívan korrelált, ami a Fogaras tavainak elválását okozta. A SiO_2 és szervesanyag (LOI) tartalommal viszont pozitív korreláció látható, mely mentén a Retyezát tavainak elválása figyelhető meg. A második főtengellyel erős korrelációt K_2O , Na_2O , BaO , SrO , Al_2O_3 (pozitív) mutatott.



21. ábra – A vizsgált tavak üledékkémiai háttérváltozóira (piros nyilak) végzett főkomponens analízis ordinációs diagramja. A különböző színek és szimbólumok a különböző hegységekben fekvő tavakat jelentik. A tavak és az üledékkémiai változók rövidítései a Függelék 7. táblázatban találhatóak meg.

3. A biotikus változók elemzésének eredményei

3.1. A hegységek kovaalga flórájának fajgazdagsága

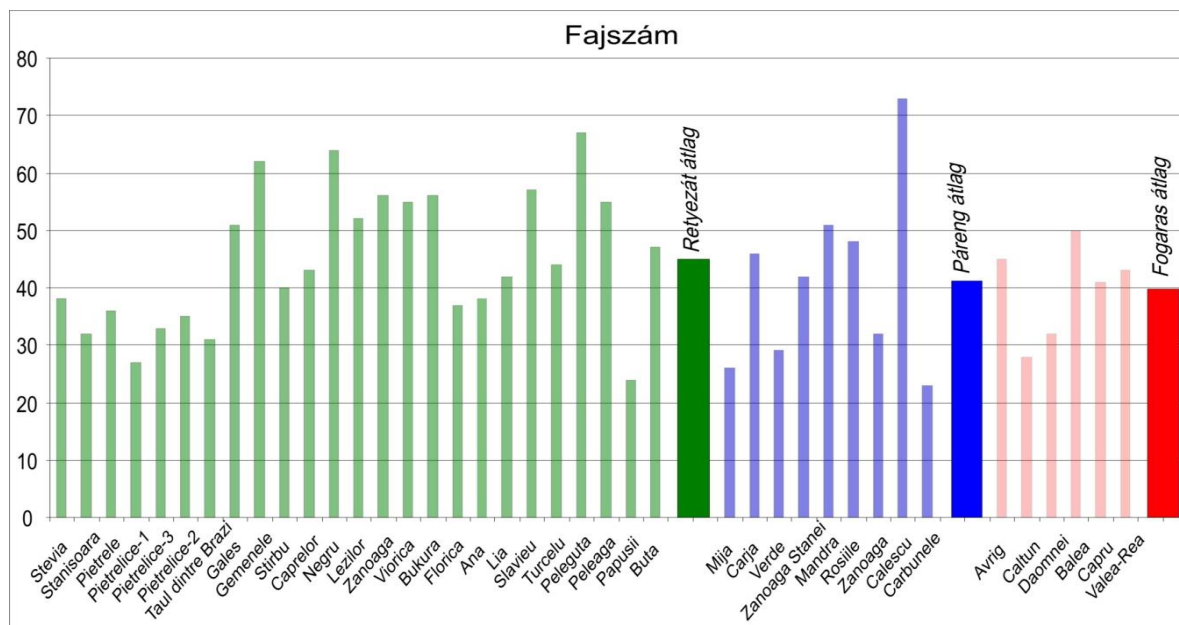
A három hegység 40 tavából összesen 20 172 kovavázas szervezetet számoltunk le, amelyből 16 973 db kovaalga maradvány és 3 199 db ciszta. Mindezekből összesen 300

kovaalga taxont sikerült elkülöníteni. Mindhárom hegységben változatos, diverz diatóma együtteseket találtunk. A mintánkénti átlagos fajszám a három hegységben közel azonos (40 körüli volt, Függelék 4, 7 táblázat, 22. ábra), de a minták szórása jelentősen eltért. A legkevesebb és legtöbb fajt tartalmazó mintákat két, egymáshoz közel eső tóból, a Párengen gyűjtöttük. A Carbunelében 23, míg a Calcescuban 73 fajt különítettünk el. A mintánkénti taxonszámok (vagyis, hogy mintánként legalább hány faj különíthető el) elég jól becsülhetők, ugyanakkor annak eldöntése, hogy a különböző tavakban és hegységekben a hasonló fajok valóban konspecifikusak-e alaposabb tanulmányozást igényel.

	Retyezát	Páreng	Fogaras
Átlagos fajszám	44,9	41,1	39,8
Szórás	11,9	15,7	8,3
Legkisebb fajszám	22	23	28
Legnagyobb fajszám	66	73	50

7. táblázat – A kovaalga fajszámok alakulása a három hegységben

A statisztikai elemzésekhez a 300 elemű taxonlistát 77-re csökkentettük. A Függelék 4-ben fekete színnel szerepelnek a fajok, és piros jelöli azokat a kategóriákat, amely több faj összevonásával jött létre. Nemzetségszintű összevonást végeztünk a *Caloneis*, *Chamaepinnularia*, *Craticula*, *Cymbella*, *Encyonopsis*, *Eolimna*, *Frustulia*, *Gomphonema*, *Neidium*, *Nitzschia*, *Surirella* minden fáján, de például az Amphora-ban nem szerepel az *A. lybica* és az *A. pediculus*, az Eunotia-ban sem szerepel az *E. rhomboidea*. A következő fejezetben az első részeredményünket mutatjuk be.



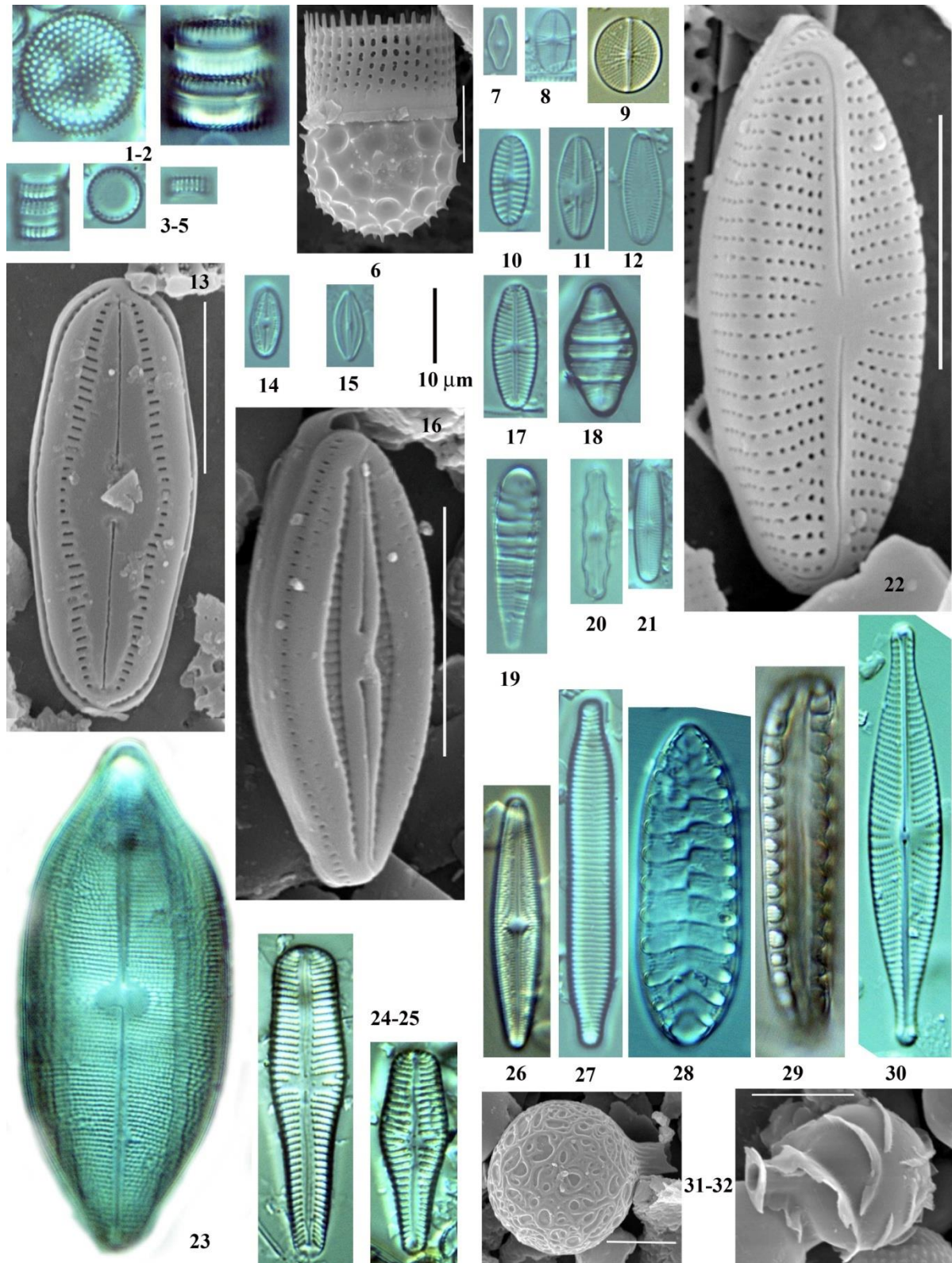
22. ábra – A kovaalgák mintánként taxonszáma és a hegységenkénti átlagok

3.2. Az egyes hegységekre jellemző kovaalga vegetáció

Hegységenként összehasonlítva a tavakban talált diatómákat, a három hegység kovaalga együttese eltérő képet mutatnak.

3.2.1. Retezát-hegység

Az *Aulacoseira alpigena* és a *Psammothidium curtissimum* a két legjellemzőbb faj a Retezatra. Ezek minden mintában megtalálhatóak voltak. Jóval kisebb arányban, de jelentős a *Staurosira venter* és a *Psammothidium scotica*, valamint az *Aulacoseira paffiana* megléte. Kisebb arányban, *Stauroforma exiguiiformis*, *Psammothidium subatomoides* is gyakori ezekben a tavakban. Néhány jellegzetes taxont a 23. ábrán mutatunk be. A 23. ábra 7. képén egy új *Humidophila* faj látható.

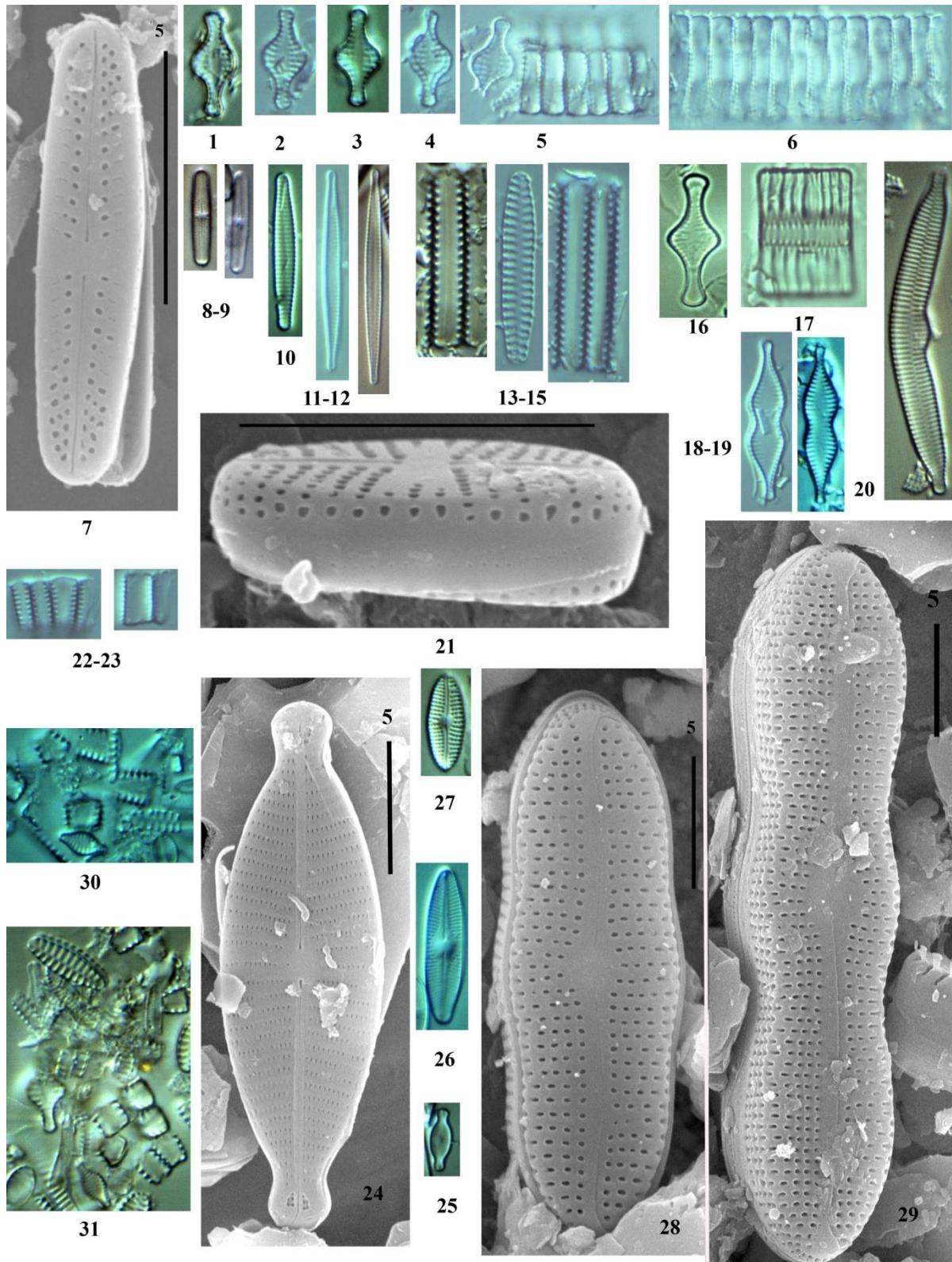


23 ábra – A Retyezát hegység mintáira jellemző kovaalgák, 1-2. *Aulacoseira perglabra* 3-5. *A. alpigena* 6. *A. alpigena* Chrysophyta cisztával 7. *Humidophila* n. sp. 8. *Psammothidium subatomoides* 9. *Cavinula pseudoscutiformis*, 10. *Karayevia oblongella* 11. *Psammothidium scotica* 12. *Psammothidium acidoclinata* 13-14. *Humidophila gallica* 15-16. *Microcostatus krasskei* 17. *Geissleria* sp. 18. *Diatoma mesodon* 19. *Meridion circulare* 20. *Navicula tridentula* 21. *Genkalia boreoalpina* 22. *Genkalia digitulus* 23. *Neidium* sp. 24-25. *Gomphonema pala* 26. *Brachysira* cf. *brebissonii* 27. *Fragilariforma virescens* 28. *Surirella linearis* 30. *Navicula rhynchocephala* 31-32. Chrysophyta stomatociszta. A SEM képeken a mérce 5 mikront jelöl.

3.2.2. Páreng-hegység

A három hegység közül a Páreng diatómaflórája jellemezhető a legnehezebben, mivel sok tóról állapítottuk meg, hogy egyedi és csak itt dominál pl. a *Tabellaria flocculosa*, a *Pinnularia microstauron* vagy *Humidophila schmassmanni*. A dominanciaviszonyok tekintetében elmondható, hogy a hegység legtöbb tavában, jelentős mennyiségben találtunk *Staurosira venter*-t. Ez az apró, kozmopolita, pionír faj, sok hegyi tóban megtalálható. A Páreng mintáink alapján a legjellemzőbb a *Pseudostaurosira pseudoconstruens*, amely a két másik hegység tavaiból teljesen hiányzik. A *P. pseudoconstruens*-t a lengyel Tátrából írták le, és ott gyakori is (Marciniak 1986).

A Párengen találtuk a legfajszegényebb (Carbunele) és a legfajgazdagabb (Calcescu) tavakat is. Oltean 1963-ban közölt egy listát az általunk leggazdagabbnak talált tó, a Calcescu diatómaflórájáról, amelyben 110 taxonról számol be. A 24. ábra 13-15 képe valószínűleg a tudományra új faj (Eduardo Morales személyes közlés).



24. ábra – A Páreng-hegység jellemző kovaalgái. 1-6. *Pseudostaurosira pseudoconstruens* 7-9. *Achnanthidium lineare* 10. *Stauroforma exiguiformis* 11-12. *Fragilaria gracilis* 13-15. *Staurosirella* n. sp. 16-17. *Tabellaria flocculosa* 18-19. *Staurosira construens* var. *binodis* 20. *Hannae arcus* 21. *Eolimna minima* 22-23. *Staurosira venter* 24. *Geissleria* sp. 15. *Navicula schmassmannii* 26 *Nupela lapidosa* 27-29 *Boraozonacola hustedtii* 30-31. *Staurosira* és *Staurosirella* fajok

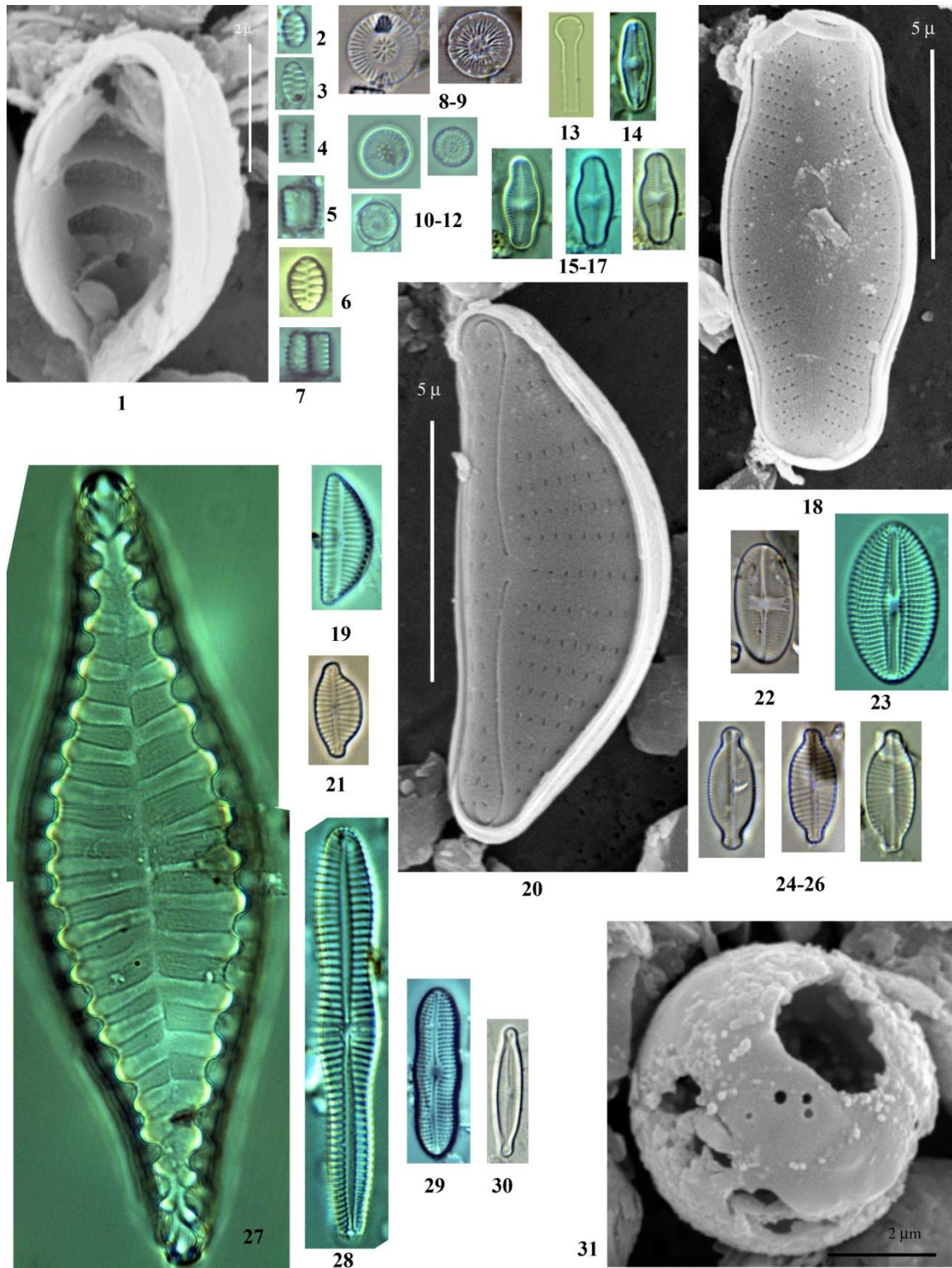
3.2.3. Fogarasi-havasok

A Fogaras hat tava közül öt sok hasonlóságot mutat, míg a 13 méter mély Caltun teljesen más – a Retyezát tavaival szinte megegyező kovaalga közösségnek ad otthont (*Psammothidium* és *Aulacoseira* – főleg *A. alpigena* – fajok dominanciája). Erre a jelenségre nem találtunk magyarázatot. A hegység jellemzését az öt tó alapján, a Caltun elhagyásával adjuk meg.

A hegység kovaalgái közül a *Staurosirella pinnata* a domináns vagy szubdomináns a tavakban. Az *Achnantheidium* fajok (*A. minutissimum*, *A. lineare*), az *Encyonema* fajok (főleg *Encyonema minuta*) szintén gyakoriak, vagy akár dominánsak, és több *Nitzschia* faj is megtalálható a mintákban.

A planktonikus formák közül a *Fragilaria gracilis*-t, *Cyclotella stelligera*-t és az *Asterionella formosa*-t találtuk nagyobb arányban a Fogarasban. (25. ábra 31. kép). A Fogaras kovaalga közössége főleg tipikus magashegyi, arktikus-boreális fajokból áll.

A ritka fajok közül említést érdemel az *Achnanthes ventralis* (25. ábra 19-20 kép), *Navicula detenda* (25. ábra 27 kép), és a *Encyonopsis alpesris* (25. ábra 30 kép). Ez a három faj új Románia flórájára (Cărauş 2012). A 25. ábra 28. képén szereplő *Surirella* n.sp. jelenlegi tudásunk szerint új faj.

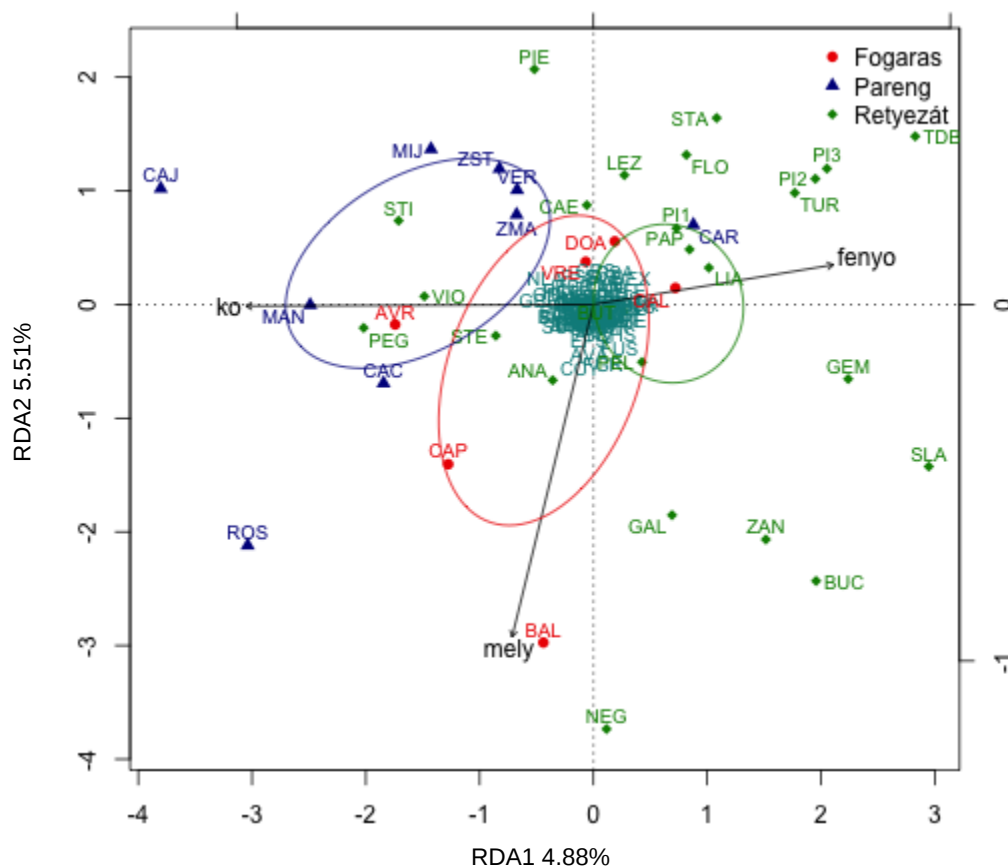


25. ábra – A Fogaras hegység mintáira jellemző kovaalgák, 1-7. *Staurosirella pinnata* 8-9. *Cyclotella glomerata* 10-12. *Cyclotella pseudostelligera* 13. *Asterionella formosa* 14. *Humidophila perpusilla* 15-18. *Achnanthes ventralis* 19-20. *Encyonema minutum* 21. *Encyonema* sp. 22. *Psammothidium bioretii* 23. *Diploneis* sp. 24-26. *Navicula detenda* 27. *Surirella* n.sp.(?) 28. *Gomphonema* cf. *clavatum* 29. *Boraozonacola hustedtii* 30. *Encyonopsis alpesis* 31. SCP (spheroidal carbonaceous particle) fosszilis tüzelőanyagok égetéséből származó szennyeződés (Avrig 2-5,6,8-12,19,21-26; Caltun 27; Valea Rea 14,15-17, 28). A SEM képeken a mérce 5 mikront jelöl.

3.3. A kovaalgák előfordulási viszonyainak többváltozós statisztikai elemzésének eredményei

3.3.1. Lokális környezeti változók

A 26. ábra ismerteti a kovaalgák taxonómiai összetételén és a lokális környezeti változókon végzett redundancia analízis eredményét. Az első két kanonikus tengely a kovaalgák taxonómiai összetételében rejlő teljes variancia mindössze 10%-át magyarázza, az első és második is 5-5%-ot. A vizsgált 7 lokális környezeti változóból összesen 3 (a tó mélysége, a tavat körülvevő törpefenyves vegetáció és sziklafelszín borítottsági aránya) bizonyult szignifikáns hatótényezőnek. A első kanonikus tengellyel a sziklafelszín borítottsági aránya erősebb negatív, míg a tavat körülvevő törpefenyves vegetációs borítottság - ami mentén a Taul dintre Brazi is elválik - erősebb pozitív korrelációt mutatott. A második kanonikus tengellyel, mely mentén a Rosiile, Balea, Negru, Zanoaga, Gales és Bucura tavak elváltak, a tavak mélysége mutatott negatív korrelációt. Az ordinációs diagramra felrajzoltuk az egyes hegységeket, mint *a priori* csoportokat jelölő ellipsziseket és teszteltük azok elválását, és egyik esetben sem kapunk statisztikailag szignifikáns ($\alpha=0,05$) elválást.

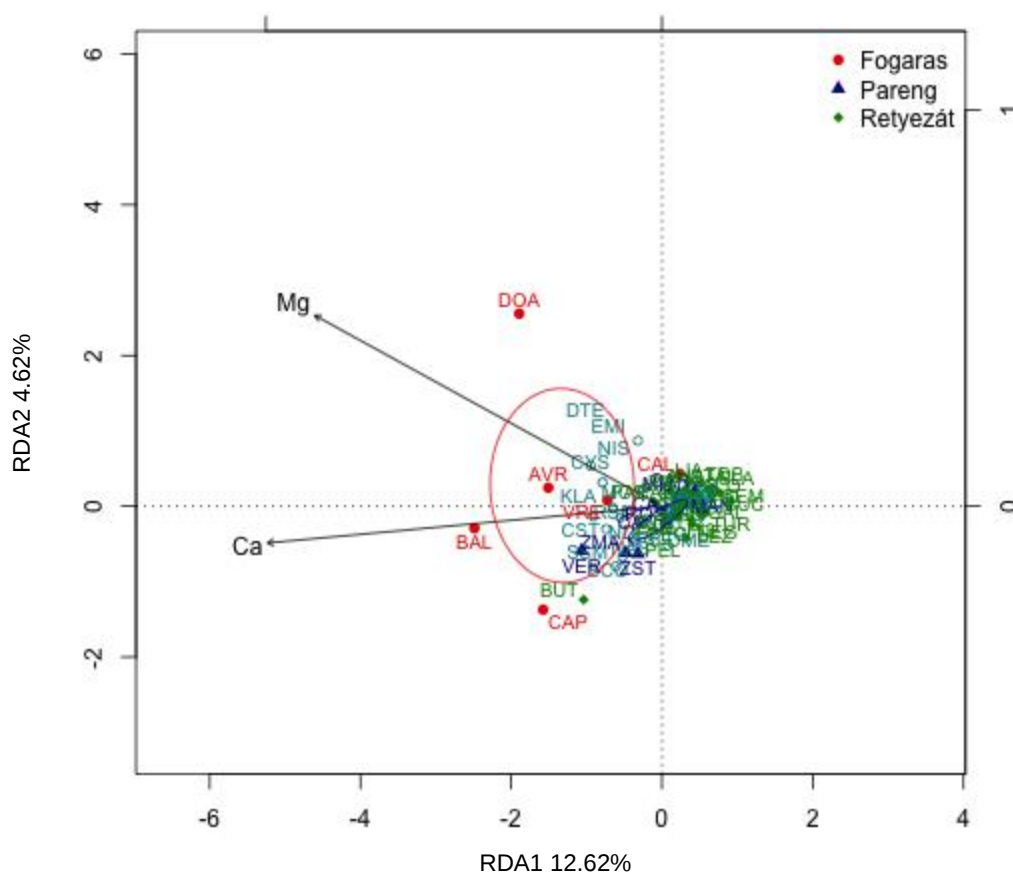


26. ábra – A kovaalga fajgyűjtések összetételére végzett RDA elemzés ordinációs diagramja, amelyen a szignifikáns hatással rendelkező lokális környezeti változók (fekete nyilak), fajok (világoskék rövidítések) és a mintavételi helyek vannak feltüntetve. A mintavételi helyek különböző színei és szimbólumai a különböző hegységekben fekvő tavakat jelentik. A mintavételi helyek és a környezeti változók rövidítései a Függelék 7. táblázatban találhatóak meg.

3.3.2. Vízkémia

A 27. ábra ismerteti a kovaalgák taxonómiai összetételén és a vízkémiai változókon végzett redundancia analízis eredményét. Az első két kanonikus tengely a kovaalgák taxonómiai összetételében rejlő teljes variancia mindössze 17%-át magyarázza, az első tengely 13%, míg a második 5%-ot. A vizsgált 12 vízkémiai változóból összesen 2 (Ca^{2+} és Mg^{2+}) bizonyult szignifikáns hatótényezőnek. Mindkét magyarázó tényező az első kanonikus tengellyel mutatott erős negatív korrelációt. A főtengety negatív tartományában többnyire a Fogaras tavainak mintái, míg a pozitív tartományban a Retyezát tavainak mintái helyezkednek el, a kettő között pedig a Páreng tavai találhatók. Az ordinációs diagramra felrajzoltuk az egyes hegységeket, mint *a priori* csoportokat jelölő ellipsziseket és teszteltük azok elválását, és

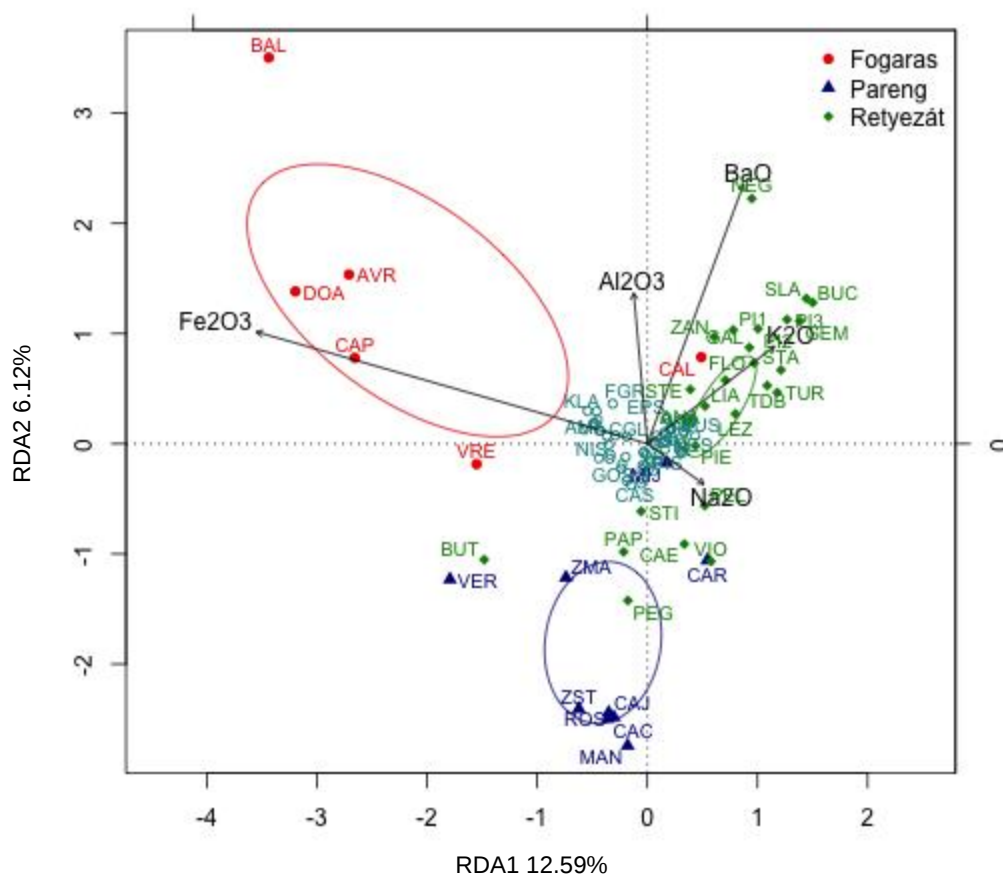
egyik esetben sem kapunk statisztikailag szignifikáns ($\alpha=0,05$) elválást. Az első főtengely mentén elválnak a Fogarasra jellemző, diszkriminatív diatómák: a *Karayevia laterostrata* (KLA), a perifitikus cymbelloid fajok (CYS), és a *Staurosirella pinnata* (SPI). A második főtengely mentén, a Párenget elkülönítő fajok a *Genkalia* nemzetséghez tartozók, az *Eolimna* és *Navicula* valamint *Amphora* nemzetséghez tartozó fajok együttese különül el.



27. ábra – A kovaalga fajegyüttesek összetételére végzett RDA elemzés ordinációs diagramja, amelyen a szignifikáns hatással rendelkező vízkémiai változók (fekete nyilak), fajok (világoskék rövidítések) és a mintavételi helyek vannak feltüntetve. A mintavételi helyek különböző színei és szimbólumai a különböző hegységekben fekvő tavakat jelentik. A mintavételi helyek és a vízkémiai változók rövidítései a Függelék 7. táblázatban találhatóak meg.

3.3.3. Üledékkémia

A 28. ábra ismerteti a kovaalgák taxonómiai összetételén és az üledékkémiai változókon végzett redundancia analízis eredményét. Az első két kanonikus tengely a kovaalgák taxonómiai összetételében rejlő teljes variancia mindössze 19%-át magyarázza, az első tengely 13%, míg a második 6%-ot. A vizsgált 12 üledékkémiai változóból összesen 5 (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , Na_2O , BaO) bizonyult szignifikáns hatótényezőnek. Az első főtengely negatív tartományában többnyire a Fogaras tavainak mintái, míg a pozitív tartományban a Retyezát tavainak mintái helyezkednek el. A második tengely mentén pedig a Páreng tavainak elválása látható. Az ordinációs diagramra felrajzoltuk az egyes hegységeket, mint *a priori* csoportokat jelölő ellipsziseket és teszteltük azok elválását, és egyik esetben sem kapunk statisztikailag szignifikáns ($\alpha=0,05$) elválást. A Fogaras tavainak elválására az *Asterionella formosa*, *Karayevia laterostrata*, *Denticula tenuis* és a *Staurosirella pinnata* magasabb aránya adhat magyarázatot. A Caltun kovaalgái alapján itt is a Retyezát tavaihoz csoportosul. A Retyezát enyhén savanyú tavaiban a kifejezetten acidofil *Eunotia* fajok találhatók leginkább. A Párengre a *Caloneis* fajok és *Boreozonacola hustedii* és *Eolimna* fajok jellemzőek.



28. ábra – A kovaalga fajgyűttesek összetételére végzett RDA elemzés ordinációs diagramja, amelyen a szignifikáns hatással rendelkező üledékkémiai változók (fekete nyilak), fajok (világoskék rövidítések) és a mintavételi helyek vannak feltüntetve. A mintavételi helyek különböző színei és szimbólumai a különböző hegységekben fekvő tavakat jelentik. A mintavételi helyek és a üledékkémiai változók rövidítései a Függelék 7. táblázatban találhatóak meg.

3.4. A hegységek ágascsapú rák faunájának fajgazdagsága

A három hegység 40 tavából összesen 24414 db maradvány leszámolása történt meg, amiből kilenc faj maradványait sikerült azonosítani, ezek közül a leggyakoribb fajok az *Alona affinis*, *Alona quadrangularis*, *Alona rectangula*, *Alona rustica*, *Chydorus sphaericus* és a *Daphnia longispina* voltak. Más fajok, mint például a *Daphnia pulex*, *Graptoleberis testudinaria*, és *Eurycercus lamellatus* előfordulása korlátozottabbnak bizonyult.

A mintánkénti átlagos fajszám a három hegységben közel azonos (4 körüli volt, Függelék 5, 8. táblázat), de a minták szórása eltért. A legkevesebb fajt tartalmazó tavak a Lezilor, Stevia, Verde és Valea Rea. A legtöbb fajt tartalmazó tavak pedig a Bucura, Lia, Viorica, és a Calcescu (6. táblázat). A legnagyobb egyedszámmal rendelkező tavak pedig a Bucura, Lia, Carbunele, Zanoaga Stanei és Zanoaga Mare (9. táblázat).

	Retyezát	Páreng	Fogaras
Átlagos fajszám	4,08	4,22	3
Szórás	1,87	2,33	1,41
Legkisebb fajszám	1	1	1
Legnagyobb fajszám	7	8	5
Összes fajszám	7	9	6

8. táblázat – Az ágascsapú rák fajszámok alakulása a három hegységben

A vizsgált 40 tó maradványainak mennyiségi viszonyait a három hegységre összességében értékelve a domináns faj a maradványok 33%-át adva a *Chydorus sphaericus* és 31%-ot adva az *Alona affinis* volt. Jelentős részesedéssel, de az előbbiektől elmaradva az *Alona quadrangularis* (15%) és a *Daphnia longispina* (14%) következett. Ezekhez képest a maradék öt faj (*A. rectangula* és *rustica*, *D. pulex*, *G. testudinaria*, *E. lamellatus*) nagyjából 8 % körüli együttes részesedése elhanyagolhatónak mondható. Fajonként értékelve a maradványok mennyiségét pedig a Retyezátra elmondható hogy a három hegység közül a legtöbb *Alona affinis* (63%), *Alona rustica* (97%) és *Daphnia longispina* (77%) maradvány jellemezte. A Párengen az *Alona rectangula* (80%) és *Daphnia pulex* (82%) maradványok adták a három hegység maradványainak nagy részét. Ugyanakkor ez a két hegység adta jóformán egyenlő arányban az *Alona quadrangularis* (99%) és *Chydorus sphaericus* (97%) maradványok majdnem teljes egészét is. A Fogarasról pedig mindössze annyit érdemes megjegyezni, hogy az összes maradvány alig 2,3%-át adja az itt megtalált maradványok összege.

	<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)	<i>Alona quadrangularis</i> (O.F. Müller, 1785)	<i>Alona rectangularis</i> (Sars, 1862)	<i>Alona rustica</i> (Scott, 1895)	<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Daphnia longispina gr.</i> (O.F. Müller, 1785)	<i>Daphnia pulex gr.</i> (Leydig, 1860)	<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1848)	<i>Eurycercus lamellatus</i> (O.F. Müller, 1776)
Retvezát	Stevia				+				
	Stanisoara	++			++	+			
	Pietrele	+			++				
	Pietreliecelele1	++			++		+		
	Pietreliecelele3	++		+	+				
	Pietreliecelele2	++		+	+				
	Taul dintre Brazi	+	+		++				
	Gales	+		+	+	++			
	Gemenele	++	+		++	++			
	Stirbu				++	++			
	Caprelor	++			++	+			
	Negru	++		+	++	++	+		
	Lezilor				++				
	Zanoaga	++	++	+	+	+++			
	Viorica	++	++	+	++	++			
	Bucura	+++	++	+	++	+++			
	Florica	++			+				
	Ana	++	++	+	++	++			
	Lia	+++	+++	++	++	+			
	Slaveiu	++	++	+	++	+++			
	Turcelu	+	+	+	+				
	Peleguta	++	++		++	++			
	Peleaga	++	++	+	++	++			
	Papusii			++	++		++		
	Buta	++	+++	+		+			
Páreng	Mija	+			+	+			+
	Carja	++			+	+			
	Verde				++				
	Z_Stanei	+++	+++		+	+			
	Mandra				+++	++			
	Rosiile	+	+		++		+++		
	Z_Mare	+++	+++		++	+		+	
	Calcescu	++	++	+	++	+++		+	
	Carbunele			+++	+++	++			
Fogaras	Avrig	+	+		+		+		
	Caltun		+	+					
	Doamnei		+		+	+			
	Balea		+		++	++			
	Capra	+	+		++	+			
	V_Rea		+						

9. táblázat – A Déli-Kárpátok magashegyi tavaiból a maradványokban azonosított ágascsapú rák fajok. 0,1 ml mintában +=1-100, ++=100-1000, +++=≥1000 db egyed)

3.5. Az egyes hegységekre jellemző ágascsápú rák közösségek

Hegységenként összehasonlítva a tavakban talált ágascsápú rákokat, a három hegység ágascsápú rák közösségei hasonló képet mutatnak.

3.5.1. Retyezát-hegység

A Retyezát tavainak ágascsápú rák közösségét mindössze 7 faj alkotja. Ezek közül a vizsgált tavakban leginkább jellemző fajok a *Chydorus sphaericus*, *Alona affinis*, *Alona quadrangularis* és a *Daphnia longispina*. voltak. Néhány tóban jellemző faj volt még az *Alona rustica* és az *Alona rectangula* is. Az utóbbi esetében, a Liában, az átlagosnál jóval nagyobb egyedszámban fordult elő. A faj jelenléte vízi növényzethez köthető (Gulyás & Forró, 1999). Mindössze három tóban fordult elő az eutróf vizeket kedvelő *Daphnia pulex*, ezek közül is mindössze a Papussiban való nagyobb mennyiségnek lehet jelentőséget tulajdonítani.

3.5.2. Páreng-hegység

A Páreng tavai bizonyultak a legnagyobb diverzitásúnak a vizsgált három hegység tavai közül, bár itt is mindössze 9 faj maradványait sikerült kimutatni az üledékből. A legjellemzőbb fajok a Retyezáthoz hasonlóan a *Chydorus sphaericus*, *Alona affinis*, *Alona quadrangularis* és a *Daphnia longispina*. voltak. Az *Alona rectangula*-t és *A. rustica*-t illetően azonban már más képet mutat a hegység. Az előbbit egy tóban találtuk meg, a Carbunelében, de ott az össze tavat felülmúló mennyiségben. Az utóbbi maradványai pedig szintén csak egy tóban a Calcescuban fordultak elő. A három hegység közül szórványosan ugyan, de csak a Páreng hegység tavaiban találtunk *Graptoleberis testudinaria* és *Eurycercus lamellatus* maradványokat.

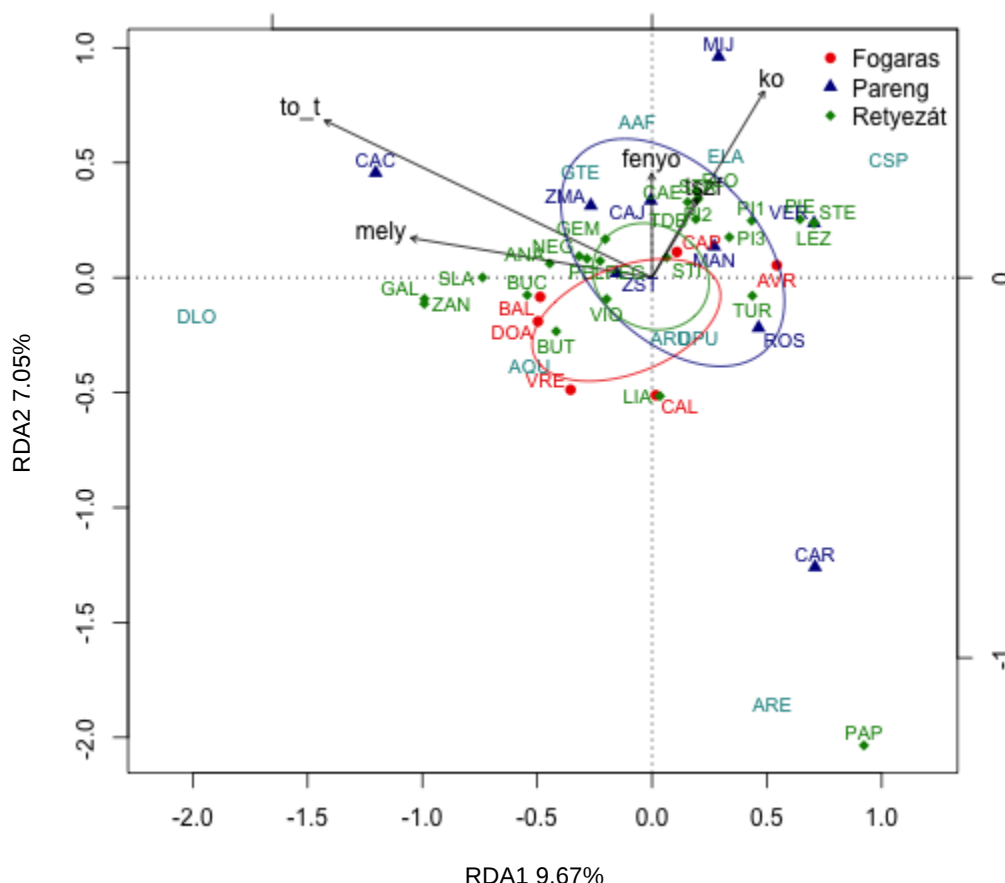
3.5.3. Fogarasi-havasok

Összevetve a három hegység ágascsápú rák közösségeit elmondható, hogy a Fogaras tavai bizonyultak a leginkább fajszegénynek (6 faj), és a talált maradványok mennyisége is jóval elmaradt a másik két hegységéhez képest. Számottevő maradványt a Fogarasban mindössze egy tó, a Balea esetében találtunk. A Caltun, Doamnei és Valea Rea esetében értékelhető mennyiségű maradványt sem sikerült kinyernünk az üledékből. A tavak többségében átlagosan 3 fajt sikerült azonosítani, többnyire a *Chydorus sphaericus* és a *Daphnia longispina* jelenléte volt határozott.

3.6. Ágascsapú rákok előfordulási viszonyainak többváltozós statisztikai elemzésének eredményei

3.6.1. Lokális környezeti változók

A 29. ábra ismerteti az ágascsapú rákok taxonómiai összetételén és a lokális környezeti változókon végzett redundancia analízis eredményét. Az első két kanonikus tengely az ágascsapú rákok taxonómiai összetételében rejlő teljes variancia mindössze 17%-át magyarázza, az első tengely 10%, míg a második 7%-ot. A vizsgált 12 vízkémiai változóból összesen 2 (Ca^{2+} és Mg^{2+}) bizonyult szignifikáns hatótényezőnek. A vizsgált 7 lokális környezeti változóból összesen 5 (a tó mélysége és területe, a tavat körülvevő törpefenyves vegetáció és sziklafelszín borítottsági aránya és a tengerszint feletti magasság) bizonyult szignifikáns hatótényezőnek. Az első kanonikus tengellyel a tó területe és a mélysége mutatott erősebb negatív korrelációt. A tavat körülvevő törpefenyves vegetáció borítottság, a tengerszint feletti magasság és a szikla felszín borítottság aránya erős pozitív korrelációt mutatott a második kanonikus tengellyel, mely mentén a Carbunele (CAR) és Papussi (PAP) tavak ágascsapú fajegyüttese élesen elváltak. Az ordinációs diagramra felrajzoltuk az egyes hegységeket, mint *a priori* csoportokat jelölő ellipsziseket és teszteltük azok elválását, és egyik esetben sem kapunk statisztikailag szignifikáns ($\alpha=0,05$) elválást.

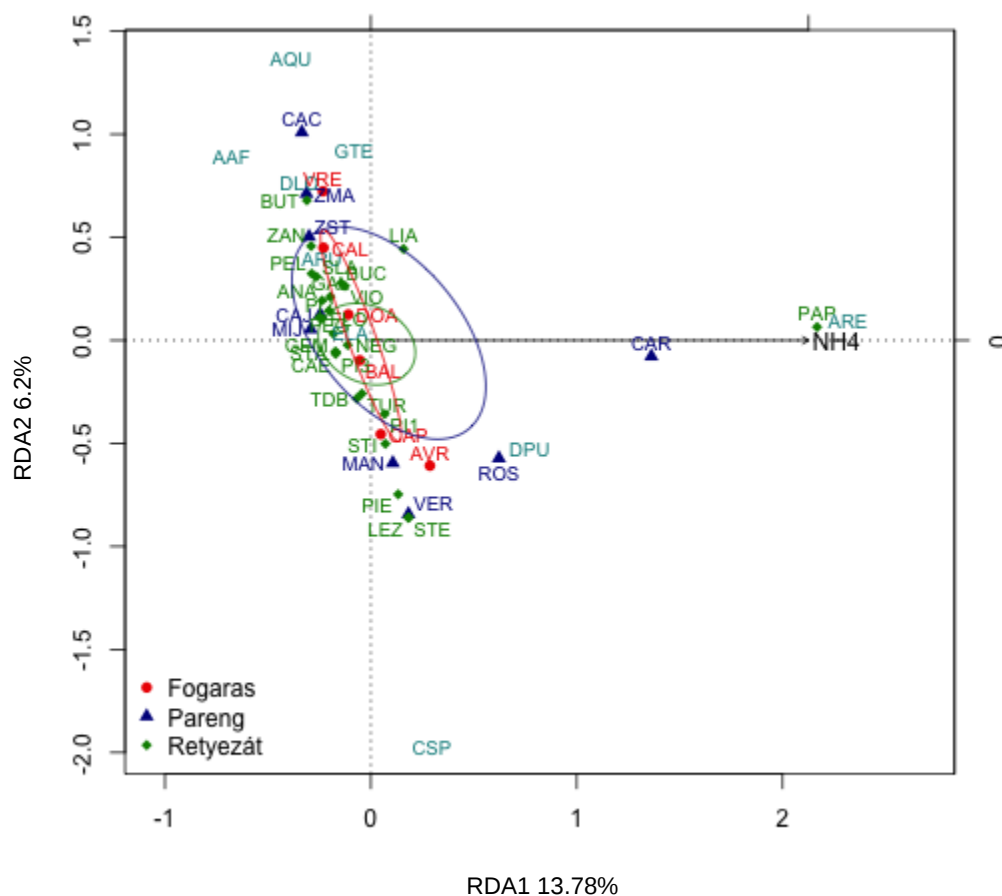


29. ábra – Az ágascsapú rák fajgyűttesek összetételére végzett RDA elemzés ordinációs diagramja, amelyen a szignifikáns hatással rendelkező lokális környezeti változók (fekete nyilak), fajok (világoskék rövidítések) és a mintavételi helyek vannak feltüntetve. A mintavételi helyek különböző színei és szimbólumai a különböző hegységekben fekvő tavakat jelentik. A mintavételi helyek és a környezeti változók rövidítései a Függelék 7. táblázatban találhatóak meg.

3.6.2. Vízkémia

A 30. ábra ismerteti az ágascsapú rákok taxonómiai összetételén és vízkémiai változókon végzett redundancia analízis eredményét. Az első két kanonikus tengely az ágascsapú rákok taxonómiai összetételében rejlő teljes variancia mindössze 20%-át magyarázza, az első tengely 14%, míg a második 6%-ot. A vizsgált 12 vízkémiai változóból mindössze 1 (NH_4^+) bizonyult szignifikáns hatótényezőnek. Az NH_4^+ az első kanonikus tengellyel mutatott erős pozitív korrelációt, mely mentén a Carbunele (CAR) és Papussi (PAP) tavak ágascsapú fajgyűttese és az ezekre a tavakra leginkább jellemző *Alona rectangula* (ARE) élesen elváltak. Az ordinációs diagramra felrajzoltuk az egyes hegységeket, mint *a priori* csoportokat jelölő ellipsziseket és teszteltük azok elválását, és egyik esetben sem kapunk statisztikailag

szignifikáns ($\alpha=0,05$) elválást.

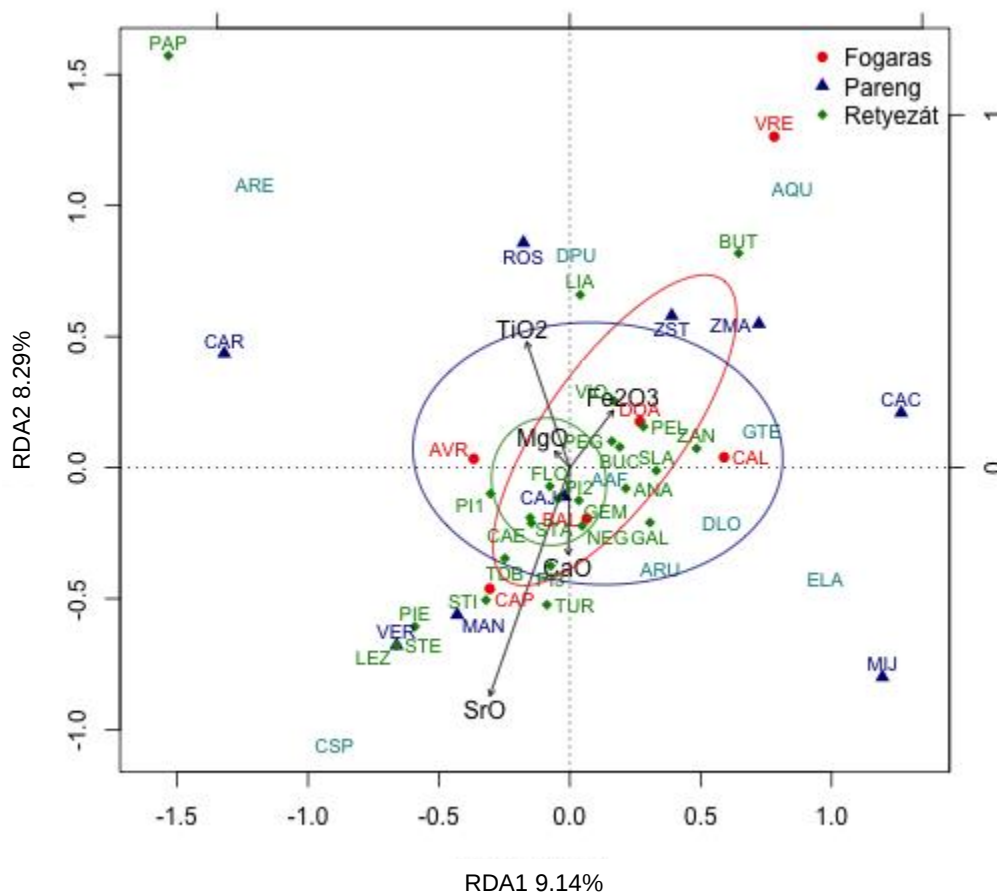


30. ábra – Az ágascsapú rák fajgyűttesek összetételére végzett RDA elemzés ordinációs diagramja, amelyen a szignifikáns hatással rendelkező vízkémiai változók (fekete nyilak), fajok (világoskék rövidítések) és a mintavételi helyek vannak feltüntetve. A mintavételi helyek különböző színei és szimbólumai a különböző hegységekben fekvő tavakat jelentik. A mintavételi helyek és a vízkémiai változók rövidítései a Függelék 7. táblázatban találhatóak meg.

3.6.3. Üledékkémia

A 31. ábra ismerteti az ágascsapú rákok taxonómiai összetételén és az üledékkémiai változókon végzett redundancia analízis eredményét. Az első két kanonikus tengely az ágascsapú rákok taxonómiai összetételében rejlő teljes variancia mindössze 17%-át magyarázza, az első tengely 9%, míg a második 8%-ot. A vizsgált 12 üledékkémiai változóból összesen 5 (SrO, CaO, MgO, TiO₂, Fe₂O₃) bizonyult szignifikáns hatótényezőnek. A első kanonikus tengellyel a minták, MgO, TiO₂, Fe₂O₃ tartalma mutatott negatív korrelációt. A SrO, CaO tartalom pedig pozitív korrelációt mutatott az első kanonikus tengellyel. Az

ordinációs diagramra felrajzoltuk az egyes hegységeket, mint *a priori* csoportokat jelölő ellipsziseket és teszteltük azok elválását, és egyik esetben sem kapunk statisztikailag szignifikáns ($\alpha=0,05$) elválást.



31. – ábra Az ágascsapú rák fajgyűttesek összetételére végzett RDA elemzés ordinációs diagramja, amelyen a szignifikáns hatással rendelkező üledékkémiai változók (fekete nyilak), fajok (világoskék rövidítések) és a mintavételi helyek vannak feltüntetve. A mintavételi helyek különböző színei és szimbólumai a különböző hegységekben fekvő tavakat jelentik. A mintavételi helyek és a üledékkémiai változók rövidítései a Függelék 7. táblázatban találhatóak meg.

EREDMÉNYEK MEGVITATÁSA

1. A lokális változók, a víz- és üledékkémiai paraméterek eredményeinek értékelése

A négy évet magába foglaló kutatás során 40 magashegyi tó lokális környezetét, víz- és üledékkémiai paramétereit írtuk le. A három hegység (Retyezát, Páreng, Fogaras) ismertebb tavaival szemben jelen kutatás új információkkal szolgál számos, ez idáig kevésbé ismert tó kapcsán. Az eredmények alapján a lokális környezeti változókat illetően a hegységek tavai kis mértékben térnek csak el egymástól. Ennek egyik oka többek között, hogy viszonylag szűk tengerszint feletti tartományban végeztük a kutatást. A vizsgált tavak többsége 2000 m-es tengerszint feletti magasságon helyezkedik el, ahol a vegetáció borítást illetően nagy különbségek nincsenek. Többnyire alpesi rétek és sziklás felszínborítás váltakozása figyelhető meg. A főkomponens analízissel végzett elemzés a tavak többségét hasonlónak mutatja, néhány kivétel, eltérő környezetű tó, kiugró értékei mutatkoznak csak meg. Ilyen például a Taul dintre Brazi, amely alacsonyabb tengerszint feletti magasságon való elhelyezkedése révén az egyetlen tó - a vizsgáltak közül - amely a fahatár alatt helyezkedik el. Ugyancsak eltérő növényzet borítás miatt különölnék el a többi tótól a Papusii és Carbunele tavak, melyeket alpesi legelő vesz körbe. További csoportosulás figyelhető meg a nagy területű és mélységű tavakat (Zanoaga, Bucura, Rosiile, Negru) illetően, ám mindezek ellenére a három hegység között szignifikáns ($\alpha=0,05$) különbséget nem találtunk.

A vízkémiai jellemzőket illetően az előbbiekhöz hasonló eredmény született. A három hegység tavainak vize szignifikáns ($\alpha=0,05$) különbséget nem mutat. Kismértékű elválást a három hegység között a Fogaras tavainak mintái által mutatott magasabb pH, vezetőképesség, kalcium- és magnézium-ion tartalom révén tapasztaltunk. Többnyire oligotróf, tiszta vizű, alacsony vezetőképességű tavakat találtunk, néhány kivételtől eltekintve. Az alpesi réteken mindhárom hegység esetében régóta folyik juhlegeltetés. Ennek nyomait leginkább a főbb terelő útvonalakon elhelyezkedő kisebb tavak esetében lehetett látni. A vízkémiai eredmények ordinációs elemzése is alátámasztotta megfigyeléseinket. A két leginkább érintett tó (Papusii, Carbunele) kálium és ammónium-ion koncentrációja jóval meghaladta a többi tónál mért értékeket. E két ion, nagy mennyiségben való jelenléte a vízben egyértelműen állati ürülékkel jelentősen terhelt vízre utal (Czeglédi 2005).

A hegységek geomorfológiai mintázata is nagyon hasonló, ugyanakkor az üledékkémiai paraméterek tekintetében az adatok szignifikáns eltérése miatt a hegységek jól elkülöníthetők, amely az alapközetekben való különbséggel is magyarázható. Adódhat a különbség abból is, hogy a hegységek klímája kissé különbözik egymástól, ezek a különbségek hatással vannak a

magashegyi mállási folyamatokra. A Fogaras tavainak mintái leginkább a mállási folyamatokat jelző, erózió indikátorok (TiO_2 , CaO , MgO) (Cohen 2003) mentén váltak el, míg a Retyezát tavainak mintái magasabb SiO_2 és szervesanyag tartalmukkal tűntek ki a többi tó közül.

2. A kovaalga flóra elemzések eredményeinek értékelése

A 40 tóban mintegy 300 diatóma taxont különböztettünk meg, ezek nagy része ritka, sok a nehezen határozható forma, amelyek taxonómiai helyzetének tisztázása még várat magára. A ritka és bizonytalan taxonok egyrészét összevonva, az elemzéseket 77 fajt illetve fajcsoportot figyelembe véve végeztük el. A kovaalga közösségek határozott elválást mutatnak a hegységek szerint, legjobban a Fogaras tavai válnak el, mind a vízkémia, mind az üledékkémia, mind a lokális változók alapján. A Transzfogaras út mellett elhelyezkedő Balea tó válik el legjobban, dominálnak benne a planktonikus formák (*Fragilaria gracilis*, *Cyclotella stelligera* és az *Asterionella formosa*). A Balea nem tartozik a legmélyebb tavak közé, ezért a magas planktonikus arány a vízben hozzáférhető magasabb tápanyagtartalommal hozható összefüggésbe. A Fogarasra, mint hegységre a *Staurosirella pinnata*, *Karayevia oblongella* a jellemző fajok. A Fogaras tavai helyezkednek el a legmagasabban, ezzel összefüggésben tavainak partján a vegetáció gyér, sok a köves rész, pH-juk átlagosan a 40 tó pH-jánál magasabb. Meglepő eredménynek tekintjük, a Caltun tó diatóma adatait. A tó flóráját és dominanciaviszonyait tekintve a Retyezát tavaival mutat nagy hasonlóságot. Fajszegény, de a meglévő fajok mindegyike a Retyezátra jellemző. A Páreng tavaiban a *Pseudostaurosira pseudoconstruens* gyakran tömeges és jellemző faj. A Retyezátra az *Aulacoseira alpigena*, *Staurosira venter*, *Psammothidium altaicum*, *Stauroforma exiguiformis* a jellemző. A hegység algáiról szóló korábbi ismereteket Péterfi (1993) foglalta össze. A hegység lápjáiból, patakjaiból, forrásaiból, valamint 11 tóból 207 kovaalga taxont közölt és kiemelte, hogy a tavak kovaalga flóráját a tó partjának mohaborítottsága - vagy annak hiánya, ill. a legeltetés határozza meg. Cărauş (2012) összefoglalója szerint az algológiai adatok szórványosak a három hegységből (Schur 1853, Teodorescu 1908, Kol 1959, Ionescu-Țeculescu 1970, Péterfi 1974), ezért az itt közölt adatok hozzájárulnak a Déli Kárpátok flórájának megismeréséhez.

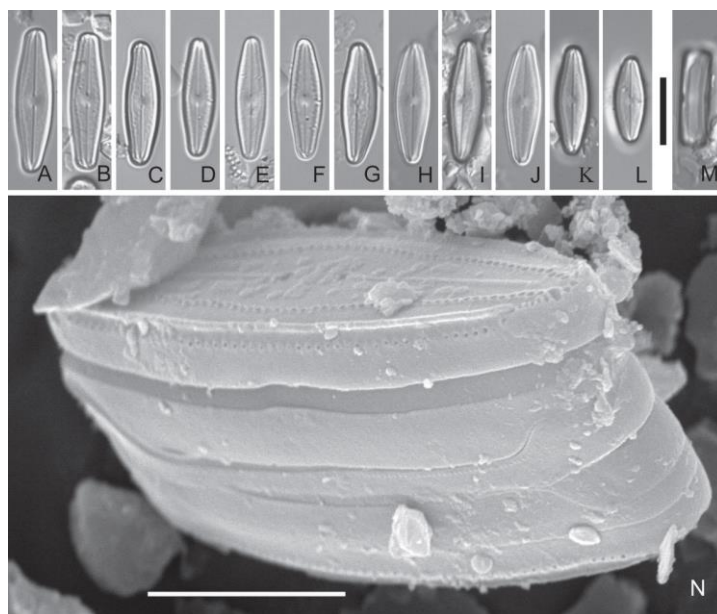
A három hegység negyven tavának kovaalga vizsgálata során a tavanként előforduló taxonokról részletes fénymikroszkópos dokumentáció készült. A feldolgozás következő lépése az előforduló fajok nemzetségenkénti rendezése és a pontos, faj szintű, vagy az alatti határozása. A határozás során a legnagyobb nehézséget az jelenti, hogy az oligotróf fajok

taxonómiája sokkal kevésbé ismert, mint a síkvidéki tavaké és folyóvizeké – amelyek szinte mindig mezo-eutrófok. Jelen dolgozat keretein messze túlmutat a taxonómiai részletek tisztázása, ami az előzetes, nemzetközi szakértőkkel történt konzultáció szerint nem csak Romániára, Európára, hanem a tudományra nézve is tartalmaz új taxonokat. Sejtéseinket – miszerint új, eddig még le nem írt fajok vannak a mintáinkban - előzetesen megerősítették a nemzetségek szakértői (*Neidium* (Paul Hamilton), *Gomphonema* (Zlatko Levkov), *Staurosirella* (Eduardo Moreles)).

A florisztikai eredmények közül elsőként egy ritka faj (*Humidophila fukushimae*) második európai előfordulásáról számoltunk be (Kövér et al. 2015). A faj alaposabb tanulmányozása után derült ki, hogy taxonómiai pozíciója is revideálásra szorul. Munkánk során 3 tóban találtuk meg a fajt, a Párengen Rosiileben valamint a Retyezátban a Negruban és Peleagában. Mindhárom tóban ritka, a legnagyobb relatív gyakorisága a Negruban volt, de itt is kevesebb, mint 3%. Eredményeink egyrészt arra hívják fel a figyelmet, hogy még Európában is feltáratlan a kovaalga flóra, másrészt bár - a fajok terjedése még számos kérdést vet fel – mégis egymástól nagyon távoli helyeken is előfordulnak azonos környezeti igényű fajok.

A *Humidophila fukushimae* esetében a határozás során feltűnt, hogy egy erősen kovásodott kovaalga, faji szinten nem volt azonosítható az általánosan használt határozókönyvek alapján (Krammer & Lange-Bertalot 1991, Lange-Bertalot & Metzeltin 1996). Később, egy, a források kovaalgáiról szóló monográfia (Werum & Lange-Bertalot 2004) alapján azonosítottuk a *Diadismus fukushimae* fajjal (23. ábra). A Diatom Research-ben 2014-ben jelent meg egy publikáció, amely behatóan foglalkozik a *Diadismus* nemzetséggel (Lowe et al. 2014). A típusanyagok vizsgálata után a szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy egy új nemzetség felállítása szükséges, amit meg is tettek (Lowe et al. 2014). A korábban a *Diadismus* nemzetséghez tartozó számos fajt (pontosan 47-et) átsoroltak a *Humidophila* genuszba, de a *Diadismus fukushimae*-nél – vélhetően annak ritkasága miatt – az átsorolást nem tették meg. A legnagyobb alga adatbázisban, az AlgaeBase-ben 65 *Diadismus* taxon található, míg a Kaliforniai Akadémia munkatársai által összeállított névkatalógusban 75 nevet találunk (Fourtanier & Kociolek 2014) – de ezek egy része szinonim.

A Függelék 4. táblázatában a *Humidophila fukushimae* adatai nem szerepelnek, továbbá mint ritka faj, a *Humidophila* nemzetség más tagjaival összevonásra került.



23. ábra – *Humidophila fukushimae* fénymikroszkópos (A–M) felvételek a Negru tóból. A szkennung elektronmikroszkópos képen jól láthatóak az övi szalagok. (skála 10 μm és a SEM képen 5 μm)

A részletes morfológiai leírás a Kövér et al. 2015-ös munkában található. A kelet-kárpáti populáció néhány tulajdonságában eltér a fajleírásban szereplőtől: a vázak kisebbek, a rovátkák (striák) száma magasabb (38-40/10 μm , míg a leírásban 34-36 /10 μm szerepel. Valamint a héjak belső oldalán található mélyedések sem olyan kifejezetek, mint ahogy a fajleírásban szerepel. A fajt formálisan átsoroltuk: *Humidophila fukushimae* (Lange-Bertalot, M. Werum et Broszinski) Buczkó and Kövér comb. nov.

A fajt az Egyesült Államokban fekvő Shenandoah Nemzeti Parkból írták le (Lange-Bertalot & Werum 2001). A fajlírason kívül egyetlen másik előfordulása az olasz Alpok Grotta Guernica forrásból ismert (Cantonati & Spitale 2009), de itt is nagyon kis relatív gyakoriságú volt (0,2%) csakúgy, mint a mi mintáinkban.

Florisztikai, biogeográfiai szempontból mindenképpen említésre méltó, hogy a *Humidophila* nemzetség tagjai aerofita/szubaerofita szervezetek – a nemzetség neve is erre utal, vagyis jól bírják a kiszáradást. Mi azonban a tavak legmélyebb pontján gyűjtött mintákban találtuk meg. Különösen meglepő ez a Negru esetében, 27,7 méter mélynek mértük a vízmélységet. Mivel az üledék sok szerves anyagot tartalmazott, elképzelhető, hogy erózió sodorhatta a tó partjáról a *H. fukushimae*-t tartalmazó közösséget a tó mélyére. Azonban az sem kizárható, hogy, bár morfológiai bélyegeit tekintve a *Humidophila* nemzetségbe tartozik, mégis képes nagyobb vízmélységben is megélni.

A kovaalgák biogeográfiájával kapcsolatban az egyik leggyakrabban felmerülő kérdés, hogy mennyire tekinthetők kozmopolitának, ill. vannak-e egy-egy területhez köthetően élő (esetlegesen endemikus) fajok. Eredményeink egyrészt arra hívják fel a figyelmet, hogy még Európában is feltáratlan a kovaalga flóra, másrészt bár - a fajok terjedése még számos kérdést vet fel – mégis egymástól nagyon távoli helyeken is előfordulnak azonos környezeti igényű fajok.

3. Az ágascsápú rák fauna elemzések eredményeinek értékelése

Az ágascsápú rákok tekintetében a három hegység 40 tavából összesen kilenc faj maradványait különítettük el. Magasabb tengerszint feletti magasságokon, mint ahogyan az általunk vizsgált tavak esetében is tapasztaltuk, alacsony diverzitás figyelhető meg az ágascsápú rák közösségekben (Bigler 2006). Ilyen körülmények között az *Alona affinis* és a *Chydorus sphaericus* dominanciája figyelhető meg, mivel ez a két faj kedveli a hideg vizeket (Goulden 1964, Hofmann 1978, Korhola 1992). Így nem meglepő, hogy mintáinkban is a leggyakoribb fajok az *Alona affinis* és a *Chydorus sphaericus* voltak. Ezeket követte az *Alona quadrangularis* és a *Daphnia longispina*. Az előbbiekhöz képest elenyésző mennyiségben voltak jelen *Alona rectangula*, *Alona rustica*, *Daphnia pulex*, *Graptoleberis testudinaria* és *Eurycercus lamellatus* maradványok az üledékben.

A három hegység közül a Fogaras tavai bizonyultak a leginkább fajszegénynek és a talált maradványok mennyisége is jóval elmaradt a másik két hegységéhez képest. Számottevő mennyiségű maradványt a Fogarasban mindössze egy tó, a Balea esetében találtunk. A Caltun, Doamneii és Valea Rea esetében az analízis elvégzéséhez szükséges mennyiségű maradványt nem sikerült kinyernünk az üledékből. A tavak többségében átlagosan 2-3 fajt sikerült azonosítani, többnyire a *Chydorus sphaericus* és a *Daphnia longispina* jelenléte volt határozott. A Páreng és a Retyezát ágascsápú rák közössége a Fogarasénál jóval nagyobb diverzitású, átlagosan 5 faj jelenlétét lehetett kimutatni a tavakban. Az itt talált maradványok mennyisége jóval fölülmulta a Fogaras tavaiét. A három hegység közül szórványosan ugyan, de csak a Páreng hegység tavaiban találtunk *Graptoleberis testudinaria* és *Eurycercus lamellatus* maradványokat. Az ágascsápú rákok esetében az RDA elemzés eredménye alapján talált szignifikáns hatótényezők magyarázóereje kicsi, ezért ezek a változók nem választják szét az egyes hegységek ágascsápú rák közösségeit és/vagy ennek a szignifikáns hatásnak, ami kimutatható az RDA-ban nincs komoly ökológiai relevanciája. Hofmann (2000) azt találta, hogy hegységen belül egymáshoz nagyon közeli tavaknál is lehet nagyon eltérő ágascsápú rák közösség, mivel azokat nem csak a hőmérsékleti gradiens térbeli és időbeli

változása határozza meg, hanem az egyes helyek ökológiai sajátosságai is. Az általunk vizsgált tavaknál is tapasztalható, hogy néhány tó a sajátos környezeti feltételeknek köszönhetően határozottan elkülönül a többitől. Ilyen tó az előbbieken már említett, vízkémiai szempontból eltérő Carbunele és Papusii. A mintavétel során ezeknek a tavaknak a környezetében intenzív legeltetésre utaló jeleket találtunk. Itt a vízkémiai eredményeken felül a talált ágascsapú rák közösség szerkezete is utal a megváltozott környezetre. Csak ebben a két tóban találtuk meg domináns fajként az *Alona rectangula*-t, ami mellett csak *Chydorus sphaericus* maradványok voltak jelen az üledékben. A Papusii más szempontból is elkülönül a Retyezát többi tavától, ugyanis a Butával együtt a hegység déli gerincén a Kis-Retyezátban található, amely a Retyezát gránitos, granodioritos alapkőzetén felül mészkő lerakódásokban is gazdag. Szintén különleges tónak számít a Retyezátban a Turcelu. A hegységben található többi tóhoz viszonyítva sekély, növényzettel, tűzegmohával dúsan borított. A benne található közösség fajok szempontjából ugyan nem különbözik a többi tótól, azonban a benne található *Alona rustica* nagy részaránya a közösségben, mindenképp érdekessé teszi a tavat. Az egymáshoz közel elhelyezkedő tavak esetében pedig a tapasztaltnál nagyobb hasonlóságot vártam a közösségek összetételében. Például a „Lánynevű tavak” esetében jelentős különbség látható a tengerszint feletti magasság csökkenésével a tavak partmenti vegetációjával kapcsolatban. Ugyanakkor az ágascsapú rák közösség összetételében egyértelműen nem lehetett megállapítani, hogy a tengerszint feletti magasság csökkenésével és a növényzet változásával nő a diverzitás. A Lia esetében egyértelmű, hogy nagyobb diverzitással és ágascsapú rák közösséggel rendelkezik, mint a fölötté lévő tavak. A legmagasabban fekvő Florica pedig mind fajszám mind egyedszám szempontjából alulmúlja az alatta fekvő három tavat. A kettő között viszont az Ana és a Viorica nem mutat ilyen határozott képet.

A vízkémiai és üledékkémiai és főképp a diatóma eredményekkel szemben az ágascsapú rák közösségek esetében határozott mintázatot nem tapasztaltunk, ami annak tulajdonítható, hogy az ágascsapú rák közösséget széles tolerancia spektrummal rendelkező fajok alkotják. Így a térségre vonatkozó ágascsapú rák "training set" kvantitatív rekonstrukcióra csak korlátozott mértékben lesz felhasználható, elsősorban a legeltetés kimutatására ad lehetőséget.

Több hasonló kutatás is született a témában, aminek nyomán kutatásunk fő céljaként az ágascsapú rák közösségeknek a Déli-Kárpátok magashegyi környezetében való eloszlásának feltérképezését tűztük ki. Lotter és munkatársai (1997) tették az első kísérletet arra, hogy számszerűsítsék a vízi élőlény közösségek (kovaalga, ágascsapú rák, árvaszúnyog, Chrysophyta ciszták) és az éghajlat közötti kapcsolatot. Kutatásaik alapján, arra a következtetésre jutottak, hogy a fizikai tényezők, többek között a víz mélysége, a hőmérséklet

és a terület szilikátos alapköze, jelentősen hozzájárult az ágascsapú rák taxonok eloszlásához. Eredményeink elemzése során arra a következtetésre jutottunk, hogy az egyes fajok eloszlása szempontjából leginkább meghatározó tényező a tengerszint feletti magasság, továbbá a területen folyó, a tavak vízminőségét erősen befolyásoló legeltetés mértéke.

4. A vizsgált környezeti és biotikus változók kapcsolatának értelmezése

A kutatásunk egyik legfontosabb eredménye az, hogy igazolja azt az elméletet, mely szerint, ha a táplálékhálózat főbb szintjei mentén vizsgáljuk a magashegységi tavakat, akkor azt tapasztaljuk, hogy a magasabb szintek felé haladva, az anyag és energiakonzentrálódásnak megfelelően (tápanyagok, primer producensek, konzumensek), egy komplexitás csökkenés figyelhetünk meg. Egyrészt csökken a strukturális összetettség (diverzitás), másrészt a szintek funkcionális összetettségében is csökkenést tapasztalunk. Ez a komplexitás csökkenés abban mutatkozik meg, hogy a hegységek hasonlósága a trofítási szinteknek megfelelő többváltozós terekben növekszik, és a hegységek tavai már nem mutatnak ezeken a szinteken elkülönülést. A magashegységi tavak biótái hűvös, hideg környezetben élnek. A hideg környezetben a tavak produktivitása is alacsony, igazolva a Fretwell-Oksanen modellt (Fretwell 1977, Oksanen et al. 1981), melynek értelmében az alacsony produktivitású rendszerekben a trofikus hálózat is kevés tagból áll, amelyek fajszáma is alacsony. Ez az alacsony szintezettség teszi a hideg környezetben lévő rendszereket (magashegyi és poláris tavak) fokozottan érzékennyé a klimatikus változásokra (Rautio et al. 2011).

A modellt elsősorban szárazföldi rendszerekre dolgozták ki, de vízi rendszerekben is jó alkalmazható. E szerint a top-down és bottom-up erők relatív fontossága a közösségeken belül a produktivitással változik. Nagyobb produktivitású rendszerekben a top-down hatás kevésbé meghatározó, míg a kisebb produktivitású rendszerekben a bottom-up hatás bizonyul kevésbé jelentősnek. A modell szerint az alacsony elsődleges produktivitás nem elegendő ahhoz, hogy számottevő növényevő populációt tartson fenn (bottom-up kontroll növényevőkre), míg a magasabb szintű produktivásnál a ragadozók kontrollálják a növényevőket (top-down kontroll). Ezért a közösségi szintű növényevő hatásnak egy csúcsot kell mutatnia a produktivitás közbenső szintjein. Oksanen hangsúlyozta, hogy a modell csak gerincesekre érvényes. Amiatt, hogy a gerincteleneknél korlátozott lehetőség van válaszolni az elsődleges produktivitásra, csekély mobilitási képességgel rendelkeznek, szűk táplálkozási niche-ük van és alacsony a nyugalmi szükségletük. (Oksanen et al. 1981). Kutatásunk eredményeképpen azonban megfigyelhető, hogy a Déli-Kárpátok tavainak strukturáltsága a gerinctelen bióták esetében is leírható ezzel a modellel.

5. Regionális kitekintés

A Kárpátok hatalmas félkörben veszi körbe a Kárpát-medencét és Erdélyt. A hegység teljes hossza 1500 km, 190 ezer km² területet foglal el. Az Alpok után ez a legkiterjedtebb hegységrendszer Európában, amely több különálló részre osztható. Csak néhány helyen lépi túl a 2500 m-es magasságot (Magas-Tátra, Bucsecs-hegység, Fogarasi-havasok, Páreng-hegység, Retyezát-hegység) és nincsenek gleccserek vagy állandóan hóval borított területek. A Kárpátokat a Duna választja el az Alpoktól és a Balkáni-hegységrendszertől. A Kárpátok egy nagyobb összefüggő hegységrendszert alkot a Balkán-hegységgel és a Balkáni-hegységrendszer többi tagjával (Dinári-hegység, Velebitek stb.) ezt nevezik Kárpát-hegyvonulatrendszernek.

A fenti adatok szerint eredményeink összehasonlítását leginkább a Tátra tavaiban élő biótákkal kell kezdenünk, majd az alpesi tavakkal, ill. a Balkáni-hegységrendszerben lévőekkel kell összevetnünk.

Bár a Tátra egyike a legrégebben és alaposan kutatott európai területeknek (pl. Kawecka & Galas 2003) nem találtunk összefoglaló, „training set”-nek tekinthető munkát a kovaalgákra vonatkozóan sem az európai diatóma adatbázisban, (Juggins 2001 - <http://craticula.ncl.ac.uk/Eddi/jsp/datasets.jsp>) sem máshol. A korábbi vizsgálatok főleg a nyíltvízben élő algákra vonatkoztak. A lengyel Tátra diatómáiról Kawecka & Galas (2003) míg a szlovák oldalról Štefková (2006) közöl adatokat. Mindkét cikk elsősorban a savasodásra érzékeny vizek elkülönítését célozza meg. A Tátra domináns kovaalga fajai (*Achnanthes minutissimum*, *A. helvetica* (= *Psammothidium helveticum*), *A. subatomoides* (= *Psammothidium subatomoides*), *Cymbella minuta* (= *Encyonema minutum*), *Denticula tenuis*, *Fragilaria pinnata* (*Staurosirella pinnata*), *Pinnularia microstauron* és *Tabellaria flocculosa*) bár a mi tavainkban is megtalálhatók, de csak a *Staurosirella pinnata* domináns a Fogarasban.

Az ágascsapú rákok kutatása a Tátrában nagyjából szinkronban a diatóma kutatásokkal kezdődött, ami a hegyi tavak savasodásának vizsgálatát tűzte ki célul (AL:PE, MOLAR projektek: <http://mountain-lakes.org>). Az Tátra tavainak biótái a nagy európai, hegyi tavakat vizsgáló projektekben szerencsére jól reprezentáltak. A 66 állandó tátrai tóból 27-et vontak be az EMERGE projektbe (Clarke et al. 2005). Štefková (2006) szerint az Európai Unió által finanszírozott EMERGE pályázat (European Mountain lake Ecosystems: Regionalization, diagnostics & Socio-economic Evaluation) keretein belül összesen 47 tátrai tavat vizsgáltak meg (34 a szlovák és 13 a lengyel oldalról). Az árvaszúnyogokra 2006-ban jelent meg egy átfogó munka (Bitusik et al. 2006).

Az Alpokban a paleolimnológiai kutatások korán megkezdődtek (Lotter et al. 1997, Hofmann 2000), és már a 90-es években elindult az összehasonlító adatbázisok (training set-ek) felállítása. A ma már klasszikusnak számító munkában 68 tó üledékfelszíni mintáját dolgozták fel diatómára, ágascsápú rákra, árvaszúnyogra és Chrysophyta cisztákra (Lotter et al. 1997, 1998). A 68 tó 300 és 2350 m tengerszint feletti magasságban helyezkedik el, így széles magassági tartományt fed le. Mivel a legtöbb vízi élőlény pH érzékeny, ezért ehhez a vizsgálathoz csak karbonátos alapkőzetten elhelyezkedő tavakat vontak be. Éppen ezért, ez a vizsgálat sor csak mérsékelten alkalmas az összehasonlításra a mi adatsorunkkal. A kovaalgák tekintetében Lotter és munkatársai (1997) megállapították, hogy a közösség mintázatát legnagyobb arányban a tengerszint feletti magasság (esetlegesen gleccser közelsége), a tó vízmélysége, a pH (annak ellenére, hogy ennek hatását igyekeztek minimalizálni) és a tó partján a vegetáció hiánya (köves part) határozza meg. Saját eredményeink – elsősorban a Fogaras tavainál – ezzel lényegében megegyezőek, vagyis a tó tengerszint feletti magassága, a vízmélység és a köves part a fő magyarázó faktor. A környezeti változók utána jóval kisebb arányban a klimatikus faktorok és a limnológiai tényezők hatottak még a kovaalgákra, közel azonos arányban.

Az ágascsápú rákok tekintetében 67 tóban 35 taxont különítettek el, 30 bentikus és 5 planktonikus formát. A legtöbb faj az 1000 és 1500 m között elhelyezkedő tavakban volt. A legfőbb faktorok, amelyek az ágascsápú rákok együttesének elterjedését meghatározták a tavak partján a vegetáció hiánya (=köves partok), a nyílt víz aránya, és a tó kalcium koncentrációja. Ha csak a bentonikus formák mintázatát nézzük, akkor a tengerszint feletti magasság, (gleccserek közelsége), a tájhasználat (halgazdálkodás), a víz mélysége, a téli csapadék mennyisége, a pH, és a hőmérséklet (éves, átlagos) a legfontosabbak. A planktonikus formák elterjedését a tavaszi hőmérséklet, a vízmélység, az emberi hatás (tározó) a leginkább kiemelhetőek. A klimatikus faktorok és a limnológiai tényezők hatása az ágascsápú rákokra nem volt szignifikáns az Alpokban (Lotter et al. 1997).

Az előző – klasszikus – vizsgálat sor folytatásának, és részben kiegészítésének tekinthető az a munka, amit a kis pufferekapacitású (nem karbonátos) tavakon végeztek Bigler és munkatársai (2006) a svájci Alpokban, 30 tavon (962-2815 m a.s.l. között). Vizsgálataik szerint, a kovaalgák jelenléte a tavakban szignifikáns kapcsolatban van a tó mélységével (30 méternél mélyebb, vagy 15 m-nél sekélyebb), a pH-val valamint a víz szilícium tartalmával (ami limitáló faktor), ugyanakkor a hőmérséklettel és az üledék szerves anyag tartalmával kevésbé mutat erős kapcsolatot. Az ágascsápú rákok tekintetében a DOC, (oldott szerves szén), a júliusi levegő és víz hőmérséklet és az üledék szerves anyag tartalma fontos.

A Balkán-hegység kovaalgáit szintén leginkább az EMERGE projekthez kapcsolódó gyűjtésekből ismerjük. Ognjanova-Rumenova et al. (2011) a Rila hegység hét tavában vizsgálta a diatómák eloszlásáért felelős faktorokat. A Rila flórája a Retyezát tavaival lényegében megegyezik (*Aulacoseira alpigena*, *A. valida*, *Psammothidium* fajok dominanciája). A pH, és a vezetőképesség a fő magyarázó faktorok.

A hegyi tavak a hidrobiológiai vizsgálatokban kiemelt fontosságúak. A klímakutatók is egyre jobban felismerik a tavakban megőrzött abiotikus és biotikus „vizsgálható anyagok” jelentőségét. Ezek különleges tárházak a múltbéli klímaingadozások mikéntjének és milyenségének feltárásában. Mindezek ellenére, ezen tavak kutatottsága messze elmarad az emberi hasznosításban szereplő víztestekétől (folyók, rekreációs tavak, tározók, fürdők). Ez nyilván összefügg a tavak nehéz megközelíthetőségével, a mintavételt nehezítő körülményekkel is. Jelen dolgozatban a Déli-Kárpátok 40 tavából gyűjtött minták feldolgozása (kémiai, algológiai és kistrák analízise) után a következő megválaszolatlan kérdések, további kutatási irányok körvonalazódtak.

A víz és üledékkémiai mérések eszközigénye meghaladta a rendelkezésünkre álló forrásokat. Így, a foszfor (TP) mérését nem tudtuk megbízhatóan elvégezni, ami azért sajnálatos, mert így a foszfor alapú trofitás becslésre alkalmas adatbázist (training set) nem tudtuk felállítani (DI-TP; diatom-based total phosphorous). Eredményeim megmutatták, hogy a Déli Kárpátok tavainak flórája alig ismert. A florisztikai feltáratlanság egyrészt ugyan további eredményeket hoz majd a jövőben (új fajok leírása) másrészt viszont a training set felállításánál gondot jelent a sok ritka faj, az adatmátrixban sok az egy, vagy csak néhány helyről előkerült taxon.

A kalibrációs adatbázisok felállításának az az általánosan elfogadott ajánlás, hogy legalább 40 tavat vonjanak be az elemzésbe. Doktori munkám során a legtöbb energiát a 40 tó felkeresése, mintázása jelentette. Több tó bevonása azért is lehetetlen, mert véges a hegyi tavak száma. A mintanagyság emelésének egyik módja lehet, ha ún. „in-lake transzektek”-et vizsgálunk, vagyis nem csak a tó legmélyebb pontján gyűjtünk mintákat, hanem a tómeder több pontján, a mélység függvényében. Így további információkhoz juthatunk a vízszint rekonstrukciókhoz, amely egyik fő célja a paleoökológiai kutatásoknak.

Ugyancsak munkám továbblépése lenne, az ún. top-bottom vizsgálatok végzése, amely során információkhoz juthatnánk arról, hogy az iparosodás előtti időkhez képest mennyire változott meg a tavi élővilág (mint ahogy az EMERGE projekt keretein belül számos európai tóról már vannak ilyen ismeretek).

ÖSSZEFOGLALÁS

A doktori értekezés fő célkitűzése a Déli-Kárpátok térségre vonatkozó kovaalga és ágascsapú rák adatbázis felállítása volt, melynek érdekében a kutatási terület három hegységében (Retyezát, Páreng, Fogaras) található 40 tó abiotikus és biotikus karaktereinek leírását végeztük el tavanként. Megvizsgáltuk, hogy a 40 tó elkülöníthető-e hegységenként az abiotikus jellemzőik alapján. Továbbá, hogy a kovaalga és ágascsapú rák közösségeket illetően a hegységek között mutatkozik-e számottevő különbség és meghatároztuk, hogy az egyes tavakban talált fosszilis közösségek eloszlásáért milyen környezeti paraméterek lehetnek felelősek.

A kutatás részeként a helyszínen felmértük a vízmélységet és a vegetáció borítottságot a tavak környezetében, valamint meghatároztuk a víz fizikai-kémiai paraméterei közül a pH-t, vezetőképességet és hőmérsékletet. A további vizsgálatokhoz vízmintát vettünk, melyek elemzését laboratóriumban végeztük el az alábbi ionokra: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , NH_4^+ . Az üledékfelszínből vett mintákból pedig szintén laboratóriumban elemeztük SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O , BaO , MnO_2 , SrO , TiO_2 . Továbbá az üledékminták 1-2 cm³-es részmintáiból meghatároztuk a kovaalga és ágascsapú rák közösségek összetételét.

A lokális változók elemzése, valamint a víz fizikai-kémiai jellemzőinek vizsgálata során a három hegység között határozott különbségeket nem tapasztaltunk, ugyanakkor az üledékkémiai paraméterek tekintetében az adatok szignifikáns eltérése miatt a hegységek jól elkülöníthetők, amely az alapközetekben való különbséggel részben magyarázható.

A 40 tóban mintegy 300 diatóma taxont különböztettünk meg, ezek nagy része ritka, sok a nehezen határozható forma, amelyek taxonómiai helyzetének tisztázása még várat magára. A ritka és bizonytalan taxonok egy részét összevonva, az elemzéseket 77 faj ill. fajcsoportot figyelembe véve végeztük el. A kovaalga közösségek határozott elválást mutatnak a hegységek szerint, legjobban a Fogaras tavai válnak el, mind a vízkémia, mind az üledékkémia mind a lokális változók alapján. Megállapítottuk, hogy a Retyezátra az *Aulacoseira alpigena*, *Staurosira venter*, *Stauroforma exiguiiformis* a jellemző, míg a Páreng tavainak domináns kovaalgája a *Pseudostaurosira pseudoconstruens*. A Fogarasban a *Staurosirella pinnata* a leggyakoribb. A fő magyarázó tényezőnek a tavak partján a vegetáció - főleg annak hiánya - és a pH bizonyult.

Regionális összehasonlításban a Fogaras tavaiban élő kovaalga közösség a Tátra diatómáival, a Retyezáti tavak pedig a Rila tavainak diatómáival mutat hasonlóságot. A

florisztikai eredmények közül elsőként egy ritka faj (*Humidophila fukushimae*) második európai előfordulásáról számoltunk be és tisztáztuk a faj taxonómiai helyzetét.

Az ágascsapú rákok tekintetében a három hegység 40 tavából összesen kilenc faj maradványait különítettük el, amelyek közül a leggyakoribb fajok az *Alona affinis*, *Alona quadrangularis*, *Alona rectangula*, *Alona rustica*, *Chydorus sphaericus* és a *Daphnia longispina* voltak. A három hegység közül a Fogaras tavai bizonyultak a leginkább fajszegénynek és a talált maradványok mennyisége is jóval elmaradt a másik két hegységéhez képest. A tavak többségében átlagosan 2-3 fajt sikerült azonosítani, többnyire a *Chydorus sphaericus* és a *Daphnia longispina* jelenléte volt határozott. A Páreng és a Retyezát ágascsapú rák közössége a Fogarasénál jóval nagyobb diverzitású. A három hegység közül szórványosan ugyan, de csak a Páreng hegység tavaiban találtunk *Graptoleberis testudinaria* és *Eurycercus lamellatus* maradványokat. A legjellemzőbb fajok azonban mindkét hegység esetében megegyeztek, ezek a *Chydorus sphaericus*, *Alona affinis*, *Alona quadrangularis* és a *Daphnia longispina*. Az ágascsapú rákok esetében nem találtunk olyan tényezőt, ami az eloszlásukért egyértelműen felelősnek mondható. Az RDA elemzés eredménye alapján talált szignifikáns hatótényezők magyarázóereje kicsi, ezért ezek a változók nem választják szét az egyes hegységek ágascsapú rák közösségeit és/vagy ennek a szignifikáns hatásnak, ami kimutatható az RDA-ban nincs komoly ökológiai relevanciája. Néhány tó a sajátos környezeti feltételeknek köszönhetően határozottan elkülönül a többitől. Ilyen tó a Párengen a Carbunele és a Retyezátban a Papusii, ahol intenzív legeltetés hat a tavak vizére. Itt a vízkémiai eredményeken felül a talált ágascsapú rák közösség szerkezete is utal a megváltozott környezetre. A vízkémiai, üledékkémiai és főképp a diatóma eredményekkel szemben az ágascsapú rák közösségek esetében határozott mintázatot nem tapasztaltunk, ami annak tulajdonítható, hogy az ágascsapú rák közösséget széles tolerancia spektrummal rendelkező fajok alkotják.

Kutatásunk egyik legfontosabb eredménye annak az elméletnek az igazolása, miszerint a táplálékhálózat főbb szintjei mentén vizsgálva a magashegységi tavakat az tapasztalható, hogy a magasabb szintek felé haladva, az anyag és energiakoncentrációnak megfelelően (tápanyagok → primer producensek → konzumensek), a komplexitás csökkenése figyelhető meg. Egyrészt csökken a strukturális összetettség (diverzitás), másrészt a szintek funkcionális összetettségében is csökkenést tapasztalunk. Ez a komplexitás csökkenés abban mutatkozik meg, hogy a hegységek hasonlósága a trofitási szinteknek megfelelő többváltozós terekben növekszik, és a hegységek tavai már nem mutatnak ezeken a szinteken elkülönülést. A magashegyi tavak biótái hűvös, hideg környezetben élnek. A hideg környezetben a tavak

produktivitása is alacsony, igazolva a Fretwell-Oksanen modellt, melynek értelmében az alacsony produktivású rendszerekben a trofikus hálózat is kevés tagból áll, amelyek fajszáma is alacsony. Ez az alacsony szintezettség teszi a hideg környezetben lévő rendszereket (magashegyi és poláris tavak) fokozottan érzékenyé a klimatikus változásokra. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a továbbiakban új tavak felvételét és a környezeti változók skálájának szélesítését kell célul kitűznünk, az adatbázis jobb felhasználhatósága érdekében.

TÉZISEK

1. Munkám során 40 tó abiotikus és biotikus jellemzőinek adatait írtam le. A három hegység tekintetében a jelenleg elérhető adatok szórványosak, ezért az itt közölt eredmények hozzájárulnak a Déli Kárpátok tavainak és a bennük élő közösségek megismeréséhez. Ezen adatok továbbá, korlátozott mértékben ugyan, de felhasználhatóak a térségre vonatkozó kalibrációs adatbázisok létrehozásához és kvantitatív rekonstrukciós kutatások végzésére is.
2. Az abiotikus változók eredményei szerint a lokális, valamint a vízkémiai jellemzők a három hegység között határozott különbséget nem mutatnak, ugyanakkor az üledékkémiai paraméterek tekintetében az adatok szignifikáns eltérése miatt a hegységek jól elkülöníthetők. Az előbbi azzal magyarázható, hogy a tavak viszonylag szűk tengerszint feletti tartományban fordulnak elő, és a hegységek geomorfológiai mintázata is nagyon hasonló, utóbbi pedig az alapkőzetekben való különbséggel is magyarázható.
3. A biotikus változók elemzésénél eredményeim alapján a kovaalga közösségek határozott elválást mutatnak a hegységek szerint. Az ágascsapú rákok esetében a magyarázó tényezők ereje sokkal gyengébbnek bizonyult, ami alapján a tavak hegységenkénti elválasztása nem lehetséges.
4. A kutatás eredményeként a 40 tóban mintegy 300 diatóma taxont találtam, amiknek nagy része ritka, sok a nehezen határozható forma, melyek taxonómiai helyzetének tisztázása még várat magára. A három hegység tekintetében az algológiai adatok szórványosak, ezért az itt közölt adatok hozzájárulnak a Déli-Kárpátok flórájának megismeréséhez. Ugyanez vonatkozik az ágascsapú rákokra is, bár csak 9 faj maradványait sikerült kimutatni az üledékből, a térségre vonatkozó ismeretanyagot ezen eredmények is jelentősen bővítik.
5. A florisztikai eredmények közül kiemelendő egy ritka faj (*Humidophila fukushimae*) második európai előfordulásáról közölt adat (Kövért et al. 2015). A faj alaposabb tanulmányozása után derült ki, hogy taxonómiai pozíciója is revideálásra szorul. Munkánk során 3 tóból került elő a faj, a Párengen Rosiileben valamint a Retyezátban a Negruban és Peleagában. Ezek az eredményeink felhívják a figyelmet arra, hogy még Európában is feltáratlan a kovaalga flóra.
6. A kutatás egyik legfontosabb eredménye a Fretwell-Oksanen modell beigazolódása. Oksanen hangsúlyozta, hogy a modell csak gerincesekre érvényes. Jelen dolgozat eredményei alapján azonban megfigyelhető, hogy a Déli-Kárpátok tavainak strukturáltsága ezen modellel leírható.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőimnek, Korponai Jánosnak (Nyugat-magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem) és Buczkó Krisztinának (Magyar Természettudományi Múzeum) a dolgozat megírásánál és az eredmények értékelésénél nyújtott segítségükért, mindig hasznos tanácsaikért, türelmükért és hogy bármilyen helyzetben számíthattam támogatásukra.

Köszönet illeti Harangi Sándort, a Debreceni Egyetem Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék munkatársának, amiért végig küzdötte velem a négy év mintavételi expedícióinak minden percét, segítségemre volt a mintavételnél és elvégezte a víz- és üledékminták laboratóriumi elemzésit.

Köszönettel tartozom Urák Istvánnak (Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem) és Zsigmond Andreának (Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem) a mintavételhez szükséges engedélyek beszerzéséért és a mintavételnél nyújtott segítségükért.

Köszönöm barátaimnak és ismerőseimnek, Hubay Katalinnak, Kundrát Tamás Jánosnak, Császár Barbarának, Hermann Zoltánnak, Pálfi Gyöngyvérnek, Bereczki Csabának és Zsidi Ernesztinának segítségüket, hogy a terepi munka során vállalták a nehéz körülményeket és a fizikai megterhelést vagy járművet biztosítottak számunkra és ezzel hozzájárultak az expedíciók sikeréhez.

Köszönettel tartozom még a Nyugat-magyarországi Egyetem munkatársainak, köztük külön köszönet illeti Benkó Zsoltot és Zentai Zoltánt, amiért a kutatáshoz szükséges helyet biztosították számomra laboratóriumukban, Schläffer Rolandot a tavak vízgyűjtő területének lehatárolásánál nyújtott segítségével és Farsang Ágotát az ottani munkám alatt nyújtott számtalan baráti és lelki támogatásért.

Külön szeretném megköszönni témavezetőim és Magyar Enikő, továbbá az OTKA 83999 2011–2016 „Kovaalga alapú ökoszisztémái rekonstrukció a Kárpát-medence hegységvidéki és alföldi tavaiban” című projekt valamint a Balassi Intézet „Nemzeti Kiválóság Program – Campus Hungary K+F projektekhez és képzési programokhoz kapcsolódó nemzetközi hallgatói mobilitás személyi támogatási rendszerének fejlesztése konvergencia program” című projekt (TÁMOP-4.2.4B/2-11/12012-0001) anyagi hozzájárulását a kutatáshoz.

Végül köszönettel tartozom családomnak és barátaimnak, akik biztatása, anyagi és lelki támogatása nélkül e doktori munka nem valósulhatott volna meg.

IRODALOMJEGYZÉK

- Abrudan I.V., Stanciu E., Ignea G.H. & Rogozea L. (2006): Forest management and conservation in Retezat National Park. In: Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research. Volume 3 – Retezat Mountains Biodiversity, Sibiu: 147–156.
- Battarbee R.W. (1986): Diatom analysis. In: Berglund, B. E. (ed.), Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology. John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore: 527–570.
- Battarbee R.W., Jones V.J., Flower R.J., Cameron N.G., Bennion H., Carvalho L. & Juggins S. (2001): Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 3: Terrestrial, Algal and siliceous Indicators. In Smol J.P., Birks H.J.B. & Last W.M. (eds.), Dordrecht: Kluwer, 155–202.
- Battarbee R.W., Kernan M. & Rose N. (2009): Threatened and stressed mountain lakes of Europe. Aquatic Ecosystem Health & Management 12: 118–128.
- Battarbee R.W., Smol J.P. & Meriläinen J. (1986): Diatoms as indicators of pH: a historical review. In Smol, J.P., Battarbee R.W., Davis R.B. & Meriläinen J. (eds.), Diatoms and Lake Acidity: the Use of Siliceous Algal Microfossils in Reconstructing pH. Junk, The Hague: 5–14.
- Battarbee R.W., Thompson R., Catalan J., Grytnes J.A. & Birks H.J.B. (2002): Climate variability and ecosystem dynamics of remote alpine and arctic lakes: the MOLAR project. Journal of Paleolimnology 28: 1–6.
- Bențe F. & Stan A.M. (2009): The geographical location of Parang Mountains. Analele Universității din Oradea, Seria Geografie, 19: 219–226.
- Bigler C., Heiri O., Krskova R., Lotter A.F. & Sturm M. (2006): Distribution of diatoms, chironomids and cladocera in surface sediments of thirty mountain lakes in south-eastern Switzerland. Aquatic Sciences 68: 154–171.
- Birks H.H. & Birks H.J.B. (2006): Multi-proxy studies in palaeolimnology. Vegetation History and Archaeobotany 15: 235–251.
- Bitusik P., Svitok M., Kolosta P. & Hubková M. (2006): Classification of the Tatra Mountain lakes (Slovakia) using chironomids (Diptera, Chironomidae). Biologia 61:191–201.
- Brancelj A., Kernan M., Jeppensen E., Rautio M., Manca M., Šiško M., Alonso M. & Stuchlik E. (2009): Cladoceran remsins from the sediments of remote cold lakes: a study of 294 lakes across Europe. Advances in Limnology 62: 269–294.

- Buczkó K., Magyari E.K., Bitušík P. & Wacnik A. (2009): Review of dated Late Quaternary palaeolimnological records in the Carpathian Region, east-central Europe. In: Buczkó K., Korponai J., Padisák J. & Starratt S.W. (eds.): Palaeolimnological proxies as tools of environmental reconstruction in freshwater. *Hydrobiologia* 631: 3–28.
- Buczkó K., Wojtal A.Z. & Magyari E. (2013): Late quaternary *Nupela* taxa of Retezat Mts. (South Carpathians), including the description of *Nupela pocsii* sp. nov. (Bacillariophyceae). *Polish Botanical Journal* 58: 427–436.
- Buczkó K., Wojtal A.Z., Beszteri B. & Magyari E.K. (2015): Morphology and distribution of *Navicula schmassmannii* Hustedt and its transfer to genus *Humidophila* *Studia Botanica Hungarica* 46: 25–41.
- Cantonati M. & Spitale D. (2009): The role of environmental variables in structuring epiphytic and epilithic diatom assemblages in springs and streams of the Dolomiti Bellunesi National Park (south-eastern Alps). *Fundamental and Applied Limnology* 174: 117–133.
- Cărăuș I. (2012): Algae of Romania - a distributional checklist of acutal algae. In: Studii și Cercetări Științifice, Seria Biologie, Universitatea din Bacău, Facultatea de Științe, Catedra de Biologie.
- Catalan J., Barbieri M.G., Bartumeus F., Bitušík P., Botev I., Brancelj A., Cogălniceanu D., Manca M., Marchetto A., Ognjanova-Rumenova N., Pla S., Rieradevall M., Sorvari S., Štefková E., Stuchlík E. & Ventura M. (2009): Species assemblage patterns, environment, and ecological thresholds in European alpine lakes. *Freshwater Biology* 54: 2494–2517.
- Catalan J., Camarero L., Felip M., Pla S., Ventura M., Buchaca T., Bartumeus F., de Mendoza G., Miró A., Casamayor E.O., Medina-Sánchez J.M., Altuna M., Bacardit M., Bartrons M. & De Quijano D.D. (2006): High mountain lakes: extreme habitats and witnesses of environmental changes. *Limnetica* 25: 51–584.
- Catalan J., Pla-Rabes S., Wolfe A.P., Smol J.P., Rühland K.M., Anderson N.J., Kopacek J., Stuchlik E., Schmidt R., Koinig K.A., Camarero L., Flower R.J., Heiri O., Kamenik C., Korhola A., Leavitt P.R., Psenner R. & Renberg I. (2013): Global change revealed by palaeolimnological records from remote lakes: a review. *Journal of Paleolimnol* 49:513–535.
- Clarke G., Kernan M., Marchetto A., Sorvari S. & Catalan J. (2005): Using diatoms to assess geographical patterns of biological and limnological change in high-altitude European lakes from pre-industrial times to the present day. *Aquatic Sciences* 67: 224–236.

- Cogălniceanu D., Vâlcu C.M., Vâlcu M., Găldean N. & Staicu G. (2004): Seasonal variability of temperature in alpine lakes from the Retezat National Park, Romania. *Studii și Cercetări, Biologie* 9: 152–157.
- Cohen A.S. (2003): *Paleolimnology: The History and Evolution of Lake Systems*. Oxford University Press.
- Conley D.J. & Schelske C.L. (2001): Biogenic silica. In *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments, Volume 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*, ed. Smol J.P., Birks H.J.B., & Last W.M., Dordrecht: Kluwer Academic Publishers: 281–294.
- Czeglédi L. (2005): A különböző intenzitású legelő használat hatása a talajra és a gyep növényzetére. Doktori disszertáció, Debreceni Egyetem.
- Decei P. (1981): *Lacuri de munte – drumeție și pescuit*, Editura Sport-Turism, București.
- Fischer G. & Wefer G. (1999): *Use of Proxies in Paleoceanography: Examples from the South Atlantic*. Springer Science & Business Media.
- Forró L.N., Korovchinsky M., Kotov A.A. & Petrusek A. (2008): Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:177–184.
- Fott J. (1994): *Limnology of Mountain Lakes - Preface*. *Hydrobiologia* vii: 274.
- Fourtanier E. & Kociolek J. P. (2014): Catalogue of Diatom Names, California Academy of Sciences. <http://research.calacademy.org/research/diatoms/names/index.asp>; retrieved September 15, 2014.
- Fretwell S.D. (1977): The regulation of plant communities by food chains exploiting them. *Perspectives in Biology and Medicine* 20: 169–185.
- Frey D.G. (1950): The taxonomic and phylogenetic significance of the head pores of the Chydoridae (Cladocera). *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie* 44: 27–50.
- Frey D.G. (1958): The late-glacial cladoceran fauna of a small lake. *Archiv für Hydrobiologie* 54: 209–275.
- Frey D.G. (1962): Cladocera from the Eemian interglacial of Denmark. *Journal of Paleontology* 36: 1133–1154.
- Frey D.G. (1988a): Littoral and offshore communities of diatoms, cladocerans and dipterous larvae, and their interpretation in paleolimnology. *Journal of Paleolimnology* 1: 179–191.
- Frey D.G. (1988b): What is paleolimnology? *Journal of Paleolimnology* 1:5–8.
- Goulden C.E. (1964): The history of the cladoceran fauna of Esthwaite Water (England) and its limnological significance. *Archiv für Hydrobiologie* 60:1–52.

- Goulden C.E. (1969): Interpretative studies of cladoceran microfossils in lake sediments. *Mitteilungen Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie* 17: 43–55.
- Guiry M.D. & Guiry G.M. (2015): *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on Jan 5th 2015.
- Gulyás P. & Forró L. (1999): Az ágoscsápú rákok kishatározója. Környezetgazdálkodási Intézet, Budapest.
- Hofmann W. (1978): Analysis of animal microfossils from the Großer Segeberger See (FRG). *Archiv für Hydrobiologie* 82. 316–346.
- Hofmann W. (2000): Response of the chydorid faunas to rapid climatic changes in four alpine lakes at different altitudes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 159: 281–292.
- Ionescu-Țeculescu V. (1970): Date asupra răspândirii Characeelor în România (I) *Comunic.de Hidrobiol. (SSB)*, 19–25.
- Jeppesen E., Leavitt P., De Meester L. & Jensen J.P. (2001): Functional ecology and palaeolimnology: using cladoceran remains to reconstruct anthropogenic impact. *Trends in Ecology & Evolution* 16:191–198.
- Jeppesen E., Nöges P., Davidson T.A., Haberman J., Nöges T., Blank K., Lauridsen T.L., Søndergaard M., Sayer C., Laugaste R., Johansson L.S., Bjerring R. & Amsinck S.L. (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.
- Juggins S. (2001): The European Diatom Database. User Guide. Version 1.0. October 2001. See <http://craticula.ncl.ac.uk/Eddi/jsp/help.jsp>.
- Kawecka B. & Galas J. (2003): Diversity of epilithic diatoms in high mountain lakes under the stress of acidification (Tatra Mts, Poland). *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* 39: 239–253.
- Kernan M., Ventura M., Bitusik P., Brancelj A., Clarke G., Velle G., Raddum G.G., Stuchlik E., & Catalan J. (2009): Regionalisation of remote European mountain lake ecosystems according to their biota: environmental versus geographical patterns. *Freshwater Biology* 54: 2470–2493.
- Kol E. (1959): On the green snow of the Southern Carpathians. *Ann. Hist. Natur. Mus. Nation. Hung.* 51:161–169.

- Korhola A. & Rautio M. (2001): Cladocera and other Branchiopod crustaceans Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 4: Zoological Indicators. In Journal of Paleolimnology Smol, H.J.B. Birks & W.M. Last (eds.), Dordrecht: Kluwer 24–60.
- Korhola A. (1992): The Early Holocene hydrosere in a small acid hill-top basin studied using crustacean sedimentary remains. Journal of Paleolimnology 7: 1–22.
- Korponai J., Magyar E. K., Buczkó K., Iepure S., Namiotko T., Czako D., Kövér Cs. & Braun M. (2011): Cladocera response to Late Glacial to Early Holocene climate change in a South Carpathian mountain lake. Hydrobiologia 676: 223–235.
- Kotov A.A. & Taylor D.J. (2011): Mesozoic fossils (>145 Mya) suggest the antiquity of the subgenera of *Daphnia* and their coevolution with chaoborid predators. BMC Evolutionary Biology 11:129.
- Kövé Cs, Buczkó K., Simon E., Harangi S. & Korponai J. (2014): Cladocera közösségek vizsgálata a Déli-Kárpátok magashegyi tavaiban. In: Füzesi István, Kúti Zsuzsanna, Dr. Puskás János (szerk.): Tiszteletkötet Béres Csilla professzor asszony születésnapjára, Szombathely, 85–92.
- http://www.berescsilla.eu/tiszteletkotet/13_Kover%20Csilla%20et%20al.pdf
- Kövé Cs., Korponai J., Harangi S. & Buczkó K. (2015): A new European record of *Diadasmus fukushimae* and its transference to *Humidophila* genus (Bacillariophyta) Acta Botanica Croatia 74: 245–252.
- Krammer K. & Lange-Bertalot H. (1986-1991): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae 1-4. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena.
- Lange-Bertalot H. & Metzeltin D. (1996): Indicators of oligotrophy. 800 taxa representative of three ecologically distinct lake types. In: Lange-Bertalot, H. (ed.) Iconographia Diatomologica, Annotated Diatom Micrographs 2. Koeltz Scientific Books, Königstein.
- Lange-Bertalot H. & Krammer K. (1989): Achnantes, eine Monographie der Gattung mit Definition der Gatung Cocconeis. Bibliotheca Diatomologica. Band 18, J. Cramer, Berlin & Stuttgart.
- Lange-Bertalot H. & Werum M. (2001): *Diadasmus fukushimae* sp. nov. and some new or rarely observed taxa of the subgenus *Paradiadasmus* Lange-Bertalot and Le Cohu. Diatom 17: 3–19.
- Lange-Bertalot H. (2001): *Navicula sensu stricto*. 10 Genera separated from *Navicula sensu lato*. Frustulia. Diatoms of Europe 2, A.R.G. Gantner Verlag K.G, Ruggell.
- Lotter A.F., Birks H.J.B., Hofmann W. & Marchetto A. (1997): Modern diatom, cladocera,

- chironomid, and chrysophyte cyst assemblages as quantitative indicators for the reconstruction of past environmental conditions in the Alps. I. Climate. *Journal of Paleolimnology* 18: 395–420.
- Lotter A.F., Birks H.J.B., Hofmann W. & Marchetto A. (1998): Modern diatom, cladocera, chironomids, and chrysophyte cyst assemblages as quantitative indicators for the reconstruction of past environmental conditions in the Alps. II. Nutrients. *Journal of Paleolimnology* 19: 443–463.
- Lowe R. L., Kocielek P., Johansen J.R., Van De Vijver B., Lange-Bertalot H. & Kopalová K. (2014): *Humidophila* gen. nov., a new genus for a group of diatoms (Bacillariophyta) formerly within the genus *Diademsis*: species from Hawai'i, including one new species. *Diatom Research* 29: 351–360.
- Mackay A.W., Jones V.J. & Battarbee R.W. (2003): Approaches to Holocene climate reconstruction using diatoms. In: Mackay A.W., Battarbee R.W., Birks H.J.B. & Oldfield F (eds). *Global Change in the Holocene*. Arnold. 294–309.
- Magyari E., Jakab G., Bálint M., Kern Z., Buczkó K. & Braun M. (2012): Rapid vegetation response to lateglacial and early Holocene climatic fluctuation in the South Carpathian Mountains (Romania). *Quaternary Science Reviews* 35: 116–130.
- Magyari E.K., Braun M., Buczkó K., Kern Z., László P., Hubay K. & Bálint M. (2009): Radiocarbon chronology of glacial lake sediments in the Retezat Mts (South Carpathians, Romania): A window to Late Glacial and Holocene climatic and paleoenvironmental changes. *Central European Geology* 52: 225–248.
- Mann D.G. & Droop S.J.M. (1996): Biodiversity, biogeography and conservation of diatoms. *Hydrobiologia* 336: 19–32.
- Marciniak B. (1986): Late Quaternary diatoms in the sediments of Przedni Staw Lake (Polish Tatra Mountains). *Hydrobiologia* 143:255–265.
- Medlin L.K., Kooistra W.H.C.F., Gersonde R., Sims P.A. & Wellbrock U. (1997): Is the origin of the diatoms related to the end-Permian mass extinction? *Nova Hedwigia* 65:1–11.
- Mueller W.P. (1964): The distribution of cladoceran remains in surficial sediments from three northern Indiana Lakes. *Invest. Indiana Lakes & Streams* 1: 1–63.
- Nagy B. & Vofkori L. (1997): *A Déli-Kárpátok. Magyarország Földje, Kitekintéssel a Kárpát-medence egészére*. Magyar Könyvklub, Budapest.
- Ognjanova-Rumenova N.G., Botev I.S. & Vidinova Y.N. (2011): Using sediment diatom assemblages in the assessment of environmental changes in high-altitude lakes, Rila Mts, Bulgaria *Phytologia Balcanica* 17: 173–184.

- Oksanen L., Fretwell S.D., Arruda J. & Niemela P. (1981): Exploitation Ecosystems in Gradients of Primary Productivity. *The American Naturalist* 118: 240–261.
- Oltean M. (1963): Observă diatomologice in bazinul hidrografic al lacului Calcescu (Masivul Parang) *Stud.Cerc.Biol., Ser.Biol.Veget.* 15: 39–46.
- Onciu T.M. & Radu A. (2006): Retezat Mountais (Romania) glacial lakes zooplankton biodiversity. *Transylv. Rev. Syst. Ecol. Res.* 3, "The Retezat National Park".
- Péterfi L.Șt. (1974): Preliminary notes on the subfossil and recent diatom flora of the Zănoaga peat bog from the Retezat Mountains. *Studia Universitatis Babeș-Bolyai, Cluj, Series Biologia* 19: 5–17.
- Péterfi L.Șt. (1993): Flora și vegetația algală a mlaștinilor, lacurilor glaciare și a apelor curgătoare In: *Parcul National Retezat - Stud.Ecol., Ed.West Side (Brasov)* 78–93.
- Pinczés Z. (1995): Déli-Felföld természeti földrajza. KLTE, Debrecen.
- Pop A.I., Mihăiescu R., Mihăiescu T., Oprea M.G., Tănăsolia C. & Ozunu A. (2013): Physico–chemical properties of some glacial lakes in the Romanian Carpathians. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 8: 5–11.
- R Development Core Team (2010): R: A language and environment for statistical computing, reference index version 2.11.0. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Available from: <http://www.R-project.org>.
- Rautio M. (2001): Zooplankton assemblages related to environmental characteristics in treeline ponds in Finnish Lapland. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 33: 289–298.
- Rautio M., Dufresne F., Laurion I., Bonilla S., Vincent W.F. & Christoffersen K.S. (2011): Shallow Freshwater Ecosystems of the Circumpolar Arctic. *Ecoscience* 18: 204–222.
- Reavie E.D. & Edlund M.B. (2013): Assessing the performance of a diatom transfer function on four Minnesota lake sediment cores: effects of training set size and sample age. *Journal of Paleolimnology* 50:87–104.
- Riemann B. & Søndergaard M. (1986): Regulation of bacterial secondary production in two eutrophic lakes and in experimental enclosures. *Journal of Plankton Research*, 8: 519–536.
- Round F.E., Crawford R.M. & Mann D.G. (1990): *The Diatoms. Biology and Morphology of the Genera*, Cambridge University Press, UK.
- Schur F. (1853): Beiträge zur Kenntniss der Flora von Siebenburgen. - *Verh.Mitteil.des siebenburg.Vereins f.Naturwiss. zu Hermannstadt*, III, 16: 84–93.
- Sebestyén O. (1947): Cladocera studies on Lake Balaton I. Mudliving Cladocera and muddy bottom as environment. *Archiva Biologica Hungarica* 2:1–6.

- Smol J.P. & Stoermer E.F. (2010): *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*, Second Edition. Cambridge University Press.
- Smol J.P. (1985): The ratio of diatom frustules to chrysophycean statospores: A useful paleolimnological index. *Hydrobiologia* 123: 199–208.
- Smol J.P. (2008): *Pollution of lakes and rivers*, Blackwell Publishing.
- Štefková E. (2006): Epilithic diatoms of mountain lakes of the Tatra Mountains (Slovakia) *Biologia*, Bratislava, 61/Suppl. 18: S101—S108.
- Stoermer E.F. & Smol J.P. (eds) (1999): *The diatoms: Applications for the environmental and Earth Sciences*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Straškrabová V. & Šimek K. (1993): Microbial loop in lakes and reservoirs related to trophic and mezozooplankton development. In: *Proceedings of the International Association for Theoretical and Applied Limnology, Congress in Barcelona 1992. - Part 2. -* (Ed. Sládeková, A.). - Stuttgart, E Schweizerbart'sche.
- Straškrabová V., Cogalniceanu D., Nedoma J., Parpala L., Postolache C., Tudorancea C., Vadineanu A., Valcu C.M. & Zinevici V. (2006): Bacteria and pelagic food webs in Pristine alpine lakes (Retezat Mountains, Ro In: Banaduc, D., Sirbu I., Curtean-Banaduc, A. (eds.), *Transylvanian Review of System and Ecological Research*, Vol. 3, "The Retezat National Park": 1–10.
- Sümeği P. (2001): *A negyedidőszak földtani és ökoszisztémazottani alapjai*. JatePress Szeged.
- Szeroczyńska K. & Sarmaja-Korjonen K. (2007): *Atlas of Subfossil Cladocera from Central and Northern Europe* Friends of the Lower Vistula Society.
- Szilády Z. (1900): A Retyazáti tavak alsóbbrendű rákjai. *Mathematikai és Természettudományi Értesítő* 18: 371–394.
- Teodorescu Em.C. (1908): *Matériaux pour la flore algologique de la Roumanie. - Beihefte Botan.Centralblatt* 21: 103–219.
- Tóth M., Magyari E.K., Brooks S.J., Braun M., Buczkó K., Bálint M. & Heiri O. (2012): A chironomid-based reconstruction of late glacial summer temperatures in the southern Carpathians (Romania). *Quaternary Research* 77: 122–131.
- Weckström J., Korhola A., Erästö P. & Holmström L. (2006): Temperature patterns over the past eight centuries in Northern Fennoscandia inferred from sedimentary diatoms. *Quaternary Research*, 66: 78–86.
- Werum M. & Lange-Bertalot H. (2004): Diatoms in springs from Central Europe and elsewhere under the influence of hydrogeology and anthropogenic impacts. In: Lange-

Bertalot H. (ed.), *Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs* 13. A. R. G. Gantner Verlag K. G., Ruggell.

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra – Az egykori környezet rekonstruálása tavi üledékből biológiai indikátorok segítségével (Smol, 2008).
2. ábra – Ágascsapú rák sematikus rajz
3. ábra – A Retyezát-, a Páreng- hegység és a Fogarasi- havasok elhelyezkedése a Déli-Kárpátokon belül. <http://omniplan.hu/20121019-23-Gyergyo/Gy.htm>
4. ábra – A Retyezát-hegységben található mintavételi pontok
5. ábra – A Páreng-hegységben található mintavételi pontok
6. ábra – A Fogarasi havasokban található mintavételi pontok
7. ábra – Mintavétel hascsónakból (belly boat) (fotó: Bereczki Csaba).
8. ábra – Plastimo Echotest II Ultrahangos mélységmérő
9. ábra – WQC-24 kézi vízminőségmérő (fotó:www.analyticon.com)
10. ábra – Üledékoszlop legfelső 2 cm-ének mintavétele (fotó: Hermann Zoltán)
11. ábra – Gemenele tó a Gemenele tudományos Rezervátum területén
12. ábra – A Leány tavak füzére a Retyezátban (Lia, Ana, Viorica, Florica)
13. ábra – A „Lány nevű tavak” füzére a Retyezátban (Lia, Ana, Viorica, Florica)
14. ábra – Birkaitatás és mintavétel a Papusii tó partján és vizében
15. ábra – A Verde tó zárt, szűk völgyben fekszik
16. ábra – A Carbunele tavat füves hegyi rét veszi körül, partján pásztorkunyhó látható
17. ábra – A transzfogarasi út mellett elhelyezkedő Balea tó
18. ábra – Valea Rea az általunk vizsgált legkeletibb fekvésű tó
19. ábra – A vizsgált tavak lokális környezeti háttérváltozóira (piros nyilak) végzett főkomponens analízis ordinációs diagramja. A különböző színek és szimbólumok a különböző hegységekben fekvő tavakat jelentik. A tavak és a környezeti változók rövidítései a Függelék 7. táblázatban találhatóak meg.
20. ábra – A vizsgált tavak vízkémiai változóira (piros nyilak) végzett főkomponens analízis ordinációs diagramja. A különböző színek és szimbólumok a különböző hegységekben fekvő tavakat jelentik. A tavak és a környezeti változók rövidítései a Függelék 7. táblázatban találhatóak meg.
21. ábra – A vizsgált tavak üledékkémiai háttérváltozóira (piros nyilak) végzett főkomponens analízis ordinációs diagramja. A különböző színek és szimbólumok a különböző hegységekben fekvő tavakat jelentik. A tavak és a környezeti változók rövidítései a

Függelék 7. táblázatban találhatóak meg.

22. ábra – A kovaalgák mintánként taxonszáma és a hegységenkénti átlagok
23. ábra – A Retyezát hegység mintáira jellemző kovaalgák
24. ábra – A Páreng-hegység jellemző kovaalgái
25. ábra – A Fogaras hegység mintáira jellemző kovaalgák
26. ábra – A kovaalga fajegyüttesek összetételére végzett RDA elemzés ordinációs diagramja,
27. ábra – A kovaalga fajegyüttesek összetételére végzett RDA elemzés ordinációs diagramja, amelyen a szignifikáns hatással rendelkező vízkémiai változók (fekete nyilak), fajok (világoskék rövidítések) és a mintavételi helyek vannak feltüntetve. A mintavételi helyek különböző színei és szimbólumai a különböző hegységekben fekvő tavakat jelentik. A mintavételi helyek és a vízkémiai változók rövidítései a Függelék 7. táblázatban találhatóak meg.
28. ábra – A kovaalga fajegyüttesek összetételére végzett RDA elemzés ordinációs diagramja, amelyen a szignifikáns hatással rendelkező üledékkémiai változók (fekete nyilak), fajok (világoskék rövidítések) és a mintavételi helyek vannak feltüntetve. A mintavételi helyek különböző színei és szimbólumai a különböző hegységekben fekvő tavakat jelentik. A mintavételi helyek és a üledékkémiai változók rövidítései a Függelék 7. táblázatban találhatóak meg.
29. ábra – Az ágascsápú rák fajegyüttesek összetételére végzett RDA elemzés ordinációs diagramja, amelyen a szignifikáns hatással rendelkező lokális környezeti változók (fekete nyilak), fajok (világoskék rövidítések) és a mintavételi helyek vannak feltüntetve. A mintavételi helyek különböző színei és szimbólumai a különböző hegységekben fekvő tavakat jelentik. A mintavételi helyek és a környezeti változók rövidítései a Függelék 7. táblázatban találhatóak meg.
30. ábra – Az ágascsápú rák fajegyüttesek összetételére végzett RDA elemzés ordinációs diagramja, amelyen a szignifikáns hatással rendelkező vízkémiai változók (fekete nyilak), fajok (világoskék rövidítések) és a mintavételi helyek vannak feltüntetve. A mintavételi helyek különböző színei és szimbólumai a különböző hegységekben fekvő tavakat jelentik. A mintavételi helyek és a vízkémiai változók rövidítései a Függelék 7. táblázatban találhatóak meg.
31. ábra – Az ágascsápú rák fajegyüttesek összetételére végzett RDA elemzés ordinációs diagramja, amelyen a szignifikáns hatással rendelkező üledékkémiai változók (fekete nyilak), fajok (világoskék rövidítések) és a mintavételi helyek vannak feltüntetve. A

mintavételi helyek különböző színei és szimbólumai a különböző hegységekben fekvő tavakat jelentik. A mintavételi helyek és a üledékkémiai változók rövidítései a Függelék 7. táblázatban találhatóak meg.

32. ábra – *Humidophila fukushimae* fénymikroszkópos (A–M) felvételek a Negru tóból. A szkennung elektronmikroszkópos képen jól láthatóak az övi szalagok. (skála 10 μm és a SEM képen 5 μm)

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat – A Retyezát-hegység mintavételi pontjainak tengerszint feletti magassága, geokoordinátái és a mintavétel időpontja.
2. táblázat – A Páreng-hegység mintavételi pontjainak tengerszint feletti magassága, geokoordinátái és a mintavétel időpontja.
3. táblázat – A Fogarasi-havasok mintavételi pontjainak tengerszint feletti magassága, geokoordinátái és a mintavétel időpontja.
4. táblázat: – A laboratóriumban vizsgált vízkémiai paraméterek, meghatározásuk módszere és az alkalmazott műszer vagy eljárás típusa.
5. táblázat: – A vizsgált vízkémiai komponensek átlagos, szórás, minimum és maximum értékei külön-külön hegységekre lebontva.
6. táblázat: – A vizsgált üledékkémiai komponensek átlagos, szórás, minimum és maximum értékei külön-külön hegységekre lebontva.
7. táblázat: – A kovaalgák fajszerámánk alakulása a három hegységben
8. táblázat: – Az ágascsapú rák fajszerámok alakulása a három hegységben
9. táblázat: – A Déli-Kárpátok általam vizsgált magashegyi tavaiban a maradványokból azonosított ágascsapú rák fajok.

Függelék 1. A lokális változók értékei hegységenként

Függelék 2. A vízkémiai adatok

Függelék 3. Az üledékkémiai analízis eredményei

Függelék 4. A tavakban talált kovaalgák relatív gyakorisága %-ban kifejezve

Függelék 5. Az ágascsapú rákok előfordulási adatai hegységenként

Függelék 6. Jelen munkához használt adatok, elemzéseknél alkalmazott transzformáció típusai

Függelék 7. Jelen munkához használt adatok rövidítései.

FÜGGELÉK

Függelék 1. A lokális környezeti változók értékei hegységek szerint

	tengerszint feletti magasság (m)	terület (ha)	vízgyűjtő terület (ha)	mélység (m)	szikla (%)	fű (%)	törpefenyves (%)
Stevia	2060	0,48	23,67	10,6	80	10	10
Stanisoara	1990	0,76	62,07	0,45	20	60	20
Pietrele	1995	0,38	67,14	0,55	30	50	20
Pietreliecelele1	1950	0,08	4,01	2,2	30	-	70
Pietreliecelele3	1989	0,09	50,15	1,8	33	33	33
Pietreliecelele2	2007	0,22	50,15	2,2	20	60	20
Taul dintre Brazi	1740	0,21	114,04	0,9	-	-	100
Gales	1990	3,69	139,04	15,5	20	80	-
Gemenale	1920	2,48	24,12	6,2	10	10	80
Stirbu	2088	1,05	23,49	9	85	15	-
Caprelor	2135	0,20	11,83	1,2	30	70	-
Negru	2036	4,32	37,12	27,7	40	20	20
Lezilor	2092	0,14	10,77	2,1	60	20	20
Zanoaga	1998	6,63	56,60	30,5	10	80	10
Viorica	2063	0,75	n.a.	6,1	50	50	-
Bucura	2040	8,53	162,45	16,5	40	60	-
Florica	2085	0,51	33,41	1,4	50	50	-
Ana	1976	3,49	34,21	11,9	33	34	33
Lia	1910	1,26	99,78	4	-	30	70
Slaveiu	1930	3,39	64,02	10,6	10	10	80
Turcelu	2020	0,20	21,90	0,4	5	55	40
Peleguta	2097	0,86	29,14	5,6	75	20	5
Peleaga	2122	2,05	55,58	4,1	20	70	10
Papusii	1855	0,07	6,75	0,70	5	95	-
Buta	1850	0,28	33,71	4,5	-	50	50
Mija	1988	0,75	45,53	4,9	90	5	5
Carja	2129	0,26	33,00	2,5	90	10	-
Verde	2030	0,53	141,96	7,4	60	5	35
Z_Mare	2018	0,82	42,99	1	60	40	-
Mandra	2140	1,03	10,76	7,9	90	5	5
Rosiile	1978	3,97	108,01	17,2	90	5	5
Z_Stanei	1909	0,55	29,10	1,9	30	70	-
Calcescu	1934	3,09	81,81	9,3	33	34	33
Carbunele	2054	0,07	0,94	1,5	10	90	-
Avrig	2007	1,50	43,62	3,3	60	40	-
Caltun	2135	0,74	20,32	13	75	25	-
Doamneii	1890	0,43	111,72	1	5	95	-
Balea	2038	4,92	68,16	10,6	30	70	-
Capra	2249	1,84	21,28	8,2	40	60	-
V_Rea	2160	0,53	53,36	1,4	40	60	-

Függelék 2. A vízkémiai adatok

	vez. kép. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)
Stevia	15	7,2	0,61	0,43	0,95	0,07	17,80	0,43	1,77	0,008	0,26	0,53	0,03
Stanisoara	9,18	8,32	0,60	0,03	0,61	0,08	9,43	0,41	1,70	0,002	0,61	n.a.	0,03
Pietrele	12,57	7,5	0,60	0,06	0,95	0,11	12,57	0,26	2,07	0,001	0,85	n.a.	0,03
Pietrelicelele-1	8,14	6,63	0,82	0,31	0,76	0,10	15,71	1,04	1,73	0,021	0,69	n.a.	0,03
Pietrelicelele-3	10,56	6,67	0,55	0,05	0,85	0,10	9,43	0,24	2,02	0,000	0,18	n.a.	0,03
Pietrelicelele-2	11	7,34	0,63	0,04	0,84	0,09	9,43	0,21	2,03	0,000	1,16	n.a.	0,03
Taul dintre Brazi	16,14	6,33	0,96	0,30	1,25	0,25	9,43	0,72	3,20	0,006	1,04	n.a.	0,03
Gales	16,36	7,67	1,04	0,42	1,42	0,13	12,93	0,71	2,26	0,025	0,96	1,43	0,10
Gemenele	13	7,85	0,55	0,17	0,88	0,06	17,80	0,66	1,64	0,013	1,07	0,18	0,03
Stirbu	19	8,03	1,38	0,39	1,05	0,06	14,83	0,44	2,14	0,008	0,48	0,51	0,03
Caprelor	14	6,87	1,18	0,14	0,72	0,05	23,73	0,31	1,81	0,022	0,70	0,13	0,03
Negru	15	7,71	0,99	0,24	0,96	0,05	20,76	0,64	2,33	0,034	0,14	0,38	0,03
Lezilor	16	7,64	1,15	0,14	1,04	0,06	17,80	0,31	2,21	0,000	0,46	0,65	0,03
Zanoaga	14,54	7,12	1,06	0,28	0,95	0,12	19,39	0,41	2,28	0,046	0,02	0,27	0,08
Viorica	14,28	6,98	0,72	0,14	1,30	0,11	12,93	0,20	2,28	0,023	1,25	1,91	0,20
Bucura	12,69	7,38	0,94	0,34	1,01	0,11	12,93	0,44	1,90	0,029	0,17	0,76	0,13
Florica	13,80	7,36	0,70	0,19	1,31	0,13	12,93	0,21	2,04	0,047	1,49	2,10	0,17
Ana	14,82	7,44	0,84	0,25	1,16	0,12	12,93	0,58	1,98	0,016	1,18	1,59	0,10
Lia	14,81	8,03	1,02	0,30	1,06	0,11	12,93	0,44	2,09	0,020	0,48	0,73	0,11
Slaveiu	13	7,49	0,85	0,20	0,79	0,05	17,80	0,59	1,98	0,000	0,54	0,35	0,03
Turcelu	15	7,35	1,30	0,24	0,86	0,05	14,83	1,10	1,97	0,001	1,09	0,26	0,03
Peleguta	13	7,34	0,66	0,13	0,86	0,06	17,80	0,47	1,94	0,000	0,48	0,31	0,03
Peleaga	13	7,51	0,60	0,10	1,04	0,07	23,73	0,33	2,19	0,000	1,43	0,27	0,03
Papusii	90,50	6,71	0,81	17,84	1,71	0,44	51,71	2,98	3,89	2,196	0,00	1,62	2,16
Buta	67,70	7,97	1,29	0,16	11,73	0,80	45,25	0,41	5,18	0,027	0,00	0,22	0,45
Mija	18,54	7,71	0,49	0,19	2,17	0,35	12,93	0,14	4,46	0,010	0,53	0,77	0,10
Carja	15,15	7,87	0,48	0,11	1,47	0,35	12,93	0,15	2,82	0,035	0,09	0,35	0,04
Verde	49,10	7,68	1,33	0,58	6,79	0,84	25,85	0,77	9,72	0,067	1,46	1,84	0,07
Z_Mare	20,70	7,92	0,50	0,16	3,35	0,22	19,39	0,14	2,63	0,038	0,05	0,29	0,10
Mandra	13,53	7,5	0,49	0,32	1,09	0,19	16,16	0,38	1,96	0,089	0,71	0,95	0,16
Rosiile	12,52	8,54	0,50	0,25	1,40	0,22	12,93	0,13	2,24	0,032	0,77	1,12	0,12
Z_Stanei	19,10	7,68	0,51	0,28	2,92	0,23	16,16	0,17	2,37	0,022	0,11	0,35	0,06
Calcescu	18,23	8,11	0,88	0,35	2,17	0,35	16,16	0,36	2,50	0,061	0,08	0,31	0,10
Carbunele	22,00	6,87	0,17	1,72	0,44	0,19	16,16	0,51	2,14	1,710	0,43	1,06	0,22
Avrig	35,70	7,73	0,56	0,58	5,48	1,14	32,32	0,22	2,91	0,037	0,14	0,28	0,44
Caltun	24,90	7,13	0,73	0,48	2,16	0,63	9,70	0,23	7,44	0,033	1,48	1,88	0,08
Doamneii	67,30	8,704	0,43	0,50	10,02	3,30	51,71	0,09	3,32	0,046	0,91	1,28	0,09
Balea	98,60	8,29	0,34	0,83	16,98	2,64	77,56	0,19	4,46	0,041	0,14	0,40	0,33
Capra	34,10	8,84	0,45	0,35	6,17	0,28	32,32	0,31	2,72	0,076	0,02	0,24	0,05
V_Rea	40	7,89	0,25	0,85	4,39	0,16	29,66	0,63	2,04	0,000	0,87	0,16	0,03

Függelék 3. Az üledékkémiai analízis eredményei

	LOI	SiO ₂	Al ₂ O ₃	BaO	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO ₂	Na ₂ O	SrO	TiO ₂
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Stevia	5,14	46,09	17,00	0,10	1,65	2,67	2,65	0,98	0,05	4,01	0,05	0,28
Stanisoara	13,83	51,89	13,40	0,05	0,88	2,56	2,13	1,04	0,03	1,70	0,03	0,40
Pietrele	18,51	48,35	14,60	0,05	1,04	3,17	2,21	1,11	0,04	1,84	0,03	0,47
Pietrelícelele-1	27,38	44,31	16,23	0,05	1,06	3,45	2,07	1,17	0,05	1,64	0,03	0,49
Pietrelícelele-3	13,30	51,77	12,33	0,04	0,85	2,83	1,67	0,96	0,04	2,23	0,02	0,41
Pietrelícelele-2	7,10	45,02	16,37	0,08	1,31	3,42	2,37	1,37	0,05	3,78	0,04	0,37
Taul dintre Brazi	41,34	58,01	7,78	0,03	1,09	1,55	1,03	0,61	0,02	0,67	0,02	0,33
Gales	11,10	45,66	16,20	0,09	0,97	3,50	2,50	1,96	0,06	3,51	0,03	0,40
Gemenale	9,71	55,54	12,59	0,06	1,47	1,90	2,28	0,80	0,03	2,28	0,04	0,19
Stirbu	14,50	53,89	10,99	0,03	0,84	3,18	1,98	1,26	0,04	0,88	0,02	0,42
Caprelor	13,03	60,25	6,63	0,01	0,36	1,90	1,10	0,66	0,02	0,42	0,01	0,26
Negru	6,95	41,43	20,64	0,10	1,02	3,72	4,44	1,51	0,05	1,67	0,04	0,41
Lezilor	14,40	50,47	12,75	0,04	0,81	2,74	2,04	1,06	0,03	1,12	0,02	0,40
Zanoaga	16,11	57,28	9,66	0,03	0,93	2,48	1,62	1,11	0,03	1,05	0,01	0,51
Viorica	20,66	55,12	10,33	0,03	0,81	2,44	1,29	0,96	0,04	0,96	0,02	0,37
Bucura	18,72	58,66	8,48	0,02	0,48	1,79	1,03	0,73	0,02	0,79	0,01	0,25
Florica	15,17	48,67	13,82	0,04	0,91	3,77	1,81	1,32	0,04	1,50	0,02	0,58
Ana	18,09	56,07	9,97	0,03	0,64	2,50	1,27	0,90	0,03	0,98	0,01	0,34
Lia	29,17	51,36	11,51	0,04	0,93	2,12	1,34	0,68	0,05	1,84	0,02	0,27
Slaveiu	30,16	55,48	6,78	0,02	0,58	1,58	0,81	0,56	0,02	0,29	0,01	0,22
Turcelu	32,90	49,87	14,98	0,07	1,36	1,95	2,26	0,65	0,04	2,41	0,05	0,29
Peleguta	23,88	42,11	16,80	0,05	1,36	4,34	2,18	1,38	0,04	1,86	0,04	0,78
Peleaga	16,19	58,54	7,97	0,03	0,58	1,76	1,40	0,86	0,02	0,91	0,01	0,27
Papusii	13,28	48,90	14,58	0,04	0,65	4,20	2,27	1,62	0,05	2,43	0,01	0,95
Buta	17,35	49,19	11,00	0,02	1,59	5,11	0,95	1,76	0,08	2,49	0,01	1,18
Mija	14,90	39,51	14,64	0,04	3,70	8,82	1,22	3,58	0,11	1,77	0,02	1,05
Carja	13,81	42,78	13,55	0,03	2,77	6,30	1,17	2,85	0,10	1,96	0,03	1,04
Verde	9,01	47,15	10,00	0,02	2,48	5,40	1,03	4,62	0,08	1,19	0,01	0,61
Z_Mare	23,47	58,74	7,28	0,02	0,73	2,19	0,64	0,51	0,05	0,58	0,01	0,22
Mandra	6,93	46,81	14,15	0,04	1,98	4,41	2,63	1,91	0,07	2,57	0,02	0,69
Rosiile	22,97	56,45	8,63	0,02	0,84	2,88	1,45	1,21	0,03	0,65	0,01	0,36
Z_Stanei	13,68	54,58	9,60	0,02	1,09	3,13	1,55	1,72	0,03	0,93	0,01	0,49
Calcescu	15,73	56,60	8,57	0,02	1,30	3,11	1,19	1,00	0,04	0,92	0,01	0,38
Carbunele	14,46	40,43	13,70	0,01	3,30	7,25	1,12	4,46	0,16	1,29	0,01	1,66
Avrig	10,01	33,10	15,44	0,04	2,52	11,64	1,75	5,13	0,16	0,79	0,02	1,47
Caltun	10,62	35,97	18,27	0,05	0,95	8,60	3,33	3,93	0,09	0,67	0,01	0,71
Doamneii	8,12	32,04	12,76	0,04	2,74	13,71	1,29	6,28	0,18	1,25	0,02	2,02
Balea	7,97	33,03	12,71	0,06	1,87	14,04	1,37	7,54	0,33	0,89	0,01	1,53
Capra	10,66	35,08	13,10	0,03	2,66	12,67	1,02	5,70	0,15	1,14	0,01	1,39
V_Rea	12,21	33,28	17,02	0,03	1,80	13,03	1,79	4,49	0,15	1,75	0,01	1,37

Függelék 4. A tavakban talált kovaalgák relatív gyakorisága %-ban kifejezve. Fekete szín jelöli a fajokat, piros a fajcsoportokat, amely több taxon összevonásával jött létre (1)

	<i>Achnanthyidium minutissimum</i> (Kützing) Czarniecki	<i>Amphora</i>	<i>Amphora lybica</i> Ehrenberg	<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow ex A.Schmidt	<i>Asterionella formosa</i> Hassall	<i>Aulacoseira alpigena</i> (Grunow) Krammer	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	<i>Aulacoseira nivalis</i> (W.Smith) English et Potapova	<i>Aulacoseira nivaloides</i> (K.E.Camburn) J.English & M.Potapova	<i>Aulacoseira perglabra</i> (Østrup) E.Y.Haworth	<i>Aulacoseira pfaffiana</i> (Reinsch) Krammer
Stevia	-	0,23	-	-	-	21,77	-	-	-	-	-
Stanisoara	-	-	-	-	-	10,92	-	23,57	-	-	5,46
Pietrele	1,27	-	-	-	-	12,74	0,21	1,7	-	0,64	0,21
Pietrelice-1	1,02	-	-	-	-	5,87	-	31,89	-	2,04	0,51
Pietrelice-3	-	-	-	-	-	13,13	0,48	3,34	-	2,86	2,39
Pietrelice-2	-	-	-	-	-	16,39	-	5,94	-	8,55	13,54
T_Brazi	-	-	-	-	-	15,35	2,23	-	-	-	-
Gales	3,1	-	-	-	-	20,76	2,39	-	-	1,19	5,49
Gemenele	0,17	0,17	-	-	-	10,12	-	10,79	-	-	30,86
Stirbu	0,24	-	-	-	-	68,29	-	-	-	-	-
Caprelor	0,22	-	-	-	-	2,17	1,74	-	-	-	6,3
Negru	0,26	-	-	-	0,26	0,52	0,26	3,65	0,78	6,25	5,99
Lezilor	0,22	-	-	-	0,22	7,24	7,89	3,29	-	-	0,44
Zanoaga	1,56	-	-	-	-	5,57	4,68	1,11	-	0,67	1,78
Viorica	0,48	0,24	-	-	-	39,66	3,61	1,2	-	-	-
Bucura	0,99	-	-	-	-	8,15	0,99	6,67	-	11,11	14,32
Florica	-	-	-	-	-	6,79	-	2,26	-	0,45	6,33
Ana	0,48	-	-	-	-	52,88	2,4	-	-	0,72	4,33
Lia	3,63	-	-	-	-	47,22	2,42	-	-	-	6,78
Slavieu	0,23	-	-	-	-	7,98	1,41	4,69	-	5,87	7,04
Turcelu	-	-	-	-	-	28,57	1,04	0,78	-	-	0,26
Peleguta	-	1,64	-	-	-	10,3	1,41	-	-	-	-
Peleaga	1,54	0,26	-	-	-	21,85	2,57	-	-	-	3,6
Papusii	-	0,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Buta	0,68	0,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mija	1,01	-	-	-	-	11,59	-	-	-	-	-
Carja	0,91	1,14	-	-	-	1,6	2,74	-	-	-	-
Verde	0,44	0,22	-	1,53	-	-	-	-	-	-	-
Z_Stanei	1,52	0,65	-	-	-	0,22	0,87	-	-	-	-
Mandra	1,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rosiile	-	0,28	6,84	-	-	-	1,42	-	-	-	-
Z_Mare	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calescu	2,89	1,05	-	-	-	3,41	5,51	-	-	-	-
Carbunele	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Avrig	6,34	-	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-
Caltun	0,43	-	-	-	-	72,96	0,64	2,15	-	-	2,79
Daomnei	10,27	-	-	0,68	-	-	-	-	-	-	-
Balea	4,38	0,52	0,77	0,52	5,67	-	-	-	-	-	-
Capra	3,45	0,94	0,31	-	-	-	-	-	-	-	-
V_Rea	12,59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Függelék 4. Folytatás (2)

	<i>Aulacoseira valida</i> (Grunow) Krammer	<i>Boreozonacola hustedii</i> Lange- Bertalot, Kulikovskiy & Witkowski	<i>Brachysira brebissonii</i> R. Ross	<i>Caloneis</i>	<i>Cavinula pseudoscutiformis</i> (Hustedt) D.G. Mann & A.J. Stickle	<i>Chamaepinnularia</i>	<i>Craticula</i>	<i>Cyclotella cf. glomerata</i> H. Bachmann	<i>Cyclotella stelligera</i> Cleve & Grunow	<i>Cymbella</i>	<i>Denticula tenuis</i> C. Agardh
Stevia	-	-	-	-	-	-	0,23	-	-	-	-
Stanisoara	-	-	-	-	-	-	1,24	-	-	-	-
Pietrele	-	-	-	-	0,21	-	0,42	-	-	-	-
Pietrelice-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pietrelice-3	-	-	0,24	-	0,48	-	-	-	-	-	-
Pietrelice-2	-	-	0,24	-	0,24	-	-	-	-	-	-
T_Brazi	-	-	13,86	-	0,74	-	-	-	-	-	-
Gales	1,67	-	0,24	-	0,24	-	-	-	-	-	-
Gemenele	0,17	-	1,01	-	-	0,34	0,34	-	0,17	0,34	-
Stirbu	-	0,24	-	-	-	-	0,24	-	-	-	-
Caprelor	6,74	-	0,22	-	0,22	-	0,22	-	-	0,22	-
Negru	11,98	-	-	-	-	1,3	-	-	-	-	-
Lezilor	-	-	-	-	0,44	-	1,97	-	-	-	-
Zanoaga	14,25	-	1,11	-	1,11	0,67	0,67	-	-	0,45	-
Viorica	0,96	-	-	0,24	-	-	0,24	-	-	0,24	-
Bucura	3,95	-	2,22	-	-	1,48	-	-	-	-	-
Florica	-	-	-	-	0,23	-	0,9	-	-	-	-
Ana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lia	-	-	-	-	-	-	0,24	-	-	-	-
Slavieu	0,47	-	4,46	-	0,23	0,94	-	-	-	-	-
Turcelu	-	-	-	-	-	0,78	4,42	-	-	0,26	-
Peleguta	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-	-	-
Peleaga	2,31	-	-	-	0,26	-	0,51	-	-	-	-
Papusii	-	-	-	-	-	-	1,22	-	-	0,49	-
Buta	-	-	-	0,23	1,35	-	-	-	0,9	0,45	-
Mija	-	-	-	0,25	0,5	-	1,01	-	-	-	-
Carja	1,14	-	-	0,23	-	-	1,37	-	-	-	-
Verde	-	0,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Z_Stanei	-	-	0,22	0,65	-	-	0,22	-	-	-	-
Mandra	-	2,42	-	1,21	-	-	-	-	-	-	-
Rosiile	7,69	5,7	-	0,28	-	-	-	-	-	-	-
Z_Mare	-	-	-	-	-	0,23	-	-	-	-	-
Calescu	0,79	0,79	-	0,26	0,26	-	0,52	-	-	-	-
Carbunele	-	-	-	0,96	-	-	3,85	-	-	-	-
Avrig	-	-	-	-	0,7	-	-	0,47	3,52	-	0,47
Caltun	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,64	-
Daomnei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,05	3,77
Balea	-	-	-	-	-	-	0,52	-	8,76	1,29	1,03
Capra	-	-	-	-	-	-	-	-	0,31	0,31	-
V_Rea	-	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Függelék 4. Folytatás (3)

	<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	<i>Encyonema gaeumannii</i> (Meister) Krammer	<i>Encyonema gracile</i> Rabenhorst	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G.Mann	<i>Encyonema</i> spp.	<i>Encyonopsis</i> spp.	<i>Eolimna</i> spp.	<i>Eunotia rhomboidea</i> Hustedt	<i>Eunotia</i> spp.	<i>Fragilaria</i>	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières
Stevia	-	-	-	-	-	0,45	-	-	-	-	0,23
Stanisoara	0,74	0,25	-	0,25	-	-	-	-	1,24	-	-
Pietrele	0,85	-	-	0,21	0,21	-	-	-	-	-	-
Pietrelice-1	-	-	-	0,26	-	-	-	-	5,61	0,77	-
Pietrelice-3	0,95	-	-	0,48	-	-	-	-	2,39	0,24	-
Pietrelice-2	1,66	-	-	1,43	1,66	-	-	-	1,19	-	0,71
T_Brazi	-	0,25	0,25	0,74	0,5	-	-	-	1,24	-	-
Gales	1,43	0,72	-	-	0,24	-	0,24	-	6,68	-	-
Gemenale	0,34	2,7	0,34	-	-	0,17	-	0,84	1,52	1,69	-
Stirbu	-	-	-	-	0,24	-	0,24	-	-	0,24	-
Caprelor	-	0,22	0,22	-	-	-	0,43	-	-	0,43	-
Negru	1,56	-	-	-	-	6,77	0,26	-	1,56	0,78	-
Lezilor	1,32	-	0,22	0,22	-	-	0,22	-	1,1	7,02	0,22
Zanoaga	3,34	-	0,22	-	-	-	-	-	2,45	4,01	0,67
Viorica	0,96	1,2	0,48	0,24	-	-	2,88	-	0,72	0,24	0,48
Bucura	1,48	5,19	0,99	0,25	1,23	-	-	-	1,48	-	0,25
Florica	0,23	0,9	-	0,45	-	-	-	-	1,13	0,23	-
Ana	-	-	0,24	1,44	-	-	-	-	0,24	4,81	-
Lia	1,21	-	-	1,45	0,48	-	0,24	-	0,73	0,73	-
Slavieu	0,7	-	-	0,23	1,88	0,7	-	0,94	2,35	-	-
Turcelu	1,3	-	-	-	-	-	-	0,52	2,08	2,08	0,78
Peleguta	-	-	-	0,23	-	1,64	1,17	-	0,23	10,3	-
Peleaga	2,83	-	0,26	-	0,26	0,51	-	-	2,31	10,28	0,26
Papusii	0,24	-	-	-	-	-	-	-	0,24	-	-
Buta	1,13	-	-	-	0,23	-	0,23	-	-	53,6	0,23
Mija	-	-	-	0,25	-	-	-	-	-	-	-
Carja	-	-	0,23	0,91	-	-	1,37	-	-	0,68	-
Verde	-	-	-	0,22	-	-	-	-	-	8,1	-
Z_Stanei	0,65	-	-	1,3	-	-	1,3	-	-	56,06	-
Mandra	0,48	1,21	-	-	-	-	1,69	-	0,73	6,05	-
Rosiile	1,42	-	-	-	0,28	-	10,83	-	-	0,85	0,28
Z_Mare	-	-	-	0,7	0,23	-	0,23	-	-	80,7	-
Calescu	2,1	-	-	0,79	0,26	-	1,84	-	0,26	13,12	-
Carbunele	-	-	-	-	-	-	-	-	1,92	-	-
Avrig	-	-	-	4,69	0,23	0,23	-	-	-	0,23	-
Caltun	-	0,64	-	-	0,21	-	-	-	0,21	-	-
Daomnei	-	-	-	27,74	3,77	-	0,68	-	-	6,16	-
Balea	-	-	-	1,55	-	1,03	-	-	-	7,22	-
Capra	-	-	-	0,31	-	0,31	-	-	-	10,03	-
V_Rea	1,23	-	-	7,41	0,25	-	-	-	0,74	-	1,73

Függelék 4. Folytatás (4)

	<i>Fragilaria gracilis</i> Østrup	<i>Fragilaria lác alacsony</i>	<i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) D.M. Williams & Round	<i>Frustulia</i>	<i>Genkalia borealpina</i> Wojtal, Wetzel, Ector, Ognjanova- Rumenova & Buczkó	<i>Genkalia digitulus</i> (Hustedt) Lange-Bertalot & Kulikovskiy	<i>Gomphonema</i>	<i>Humidophila</i>	<i>Humidophila schmassmannii</i> (Hustedt) Buczkó & Wojtal	<i>Karayevia carissima</i> (Lange- Bertalot) Bukhtiyarova	<i>Karayevia laterostrata</i> (Hustedt) Round & Bukhtiyarova
Stevia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stanisoara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pietrele	-	-	-	-	1,06	1,27	-	-	-	-	-
Pietrelice-1	-	-	-	-	-	-	-	0,51	-	-	-
Pietrelice-3	-	-	0,95	-	-	-	-	-	-	-	-
Pietrelice-2	-	-	0,24	-	-	0,24	0,24	-	-	-	-
T_Brazi	-	-	-	-	-	-	-	0,25	-	-	-
Gales	9,55	-	1,43	0,24	0,95	0,48	0,72	-	-	0,48	-
Gemenele	-	-	-	0,34	-	-	-	0,34	-	0,34	-
Stirbu	-	-	-	-	0,98	0,73	-	-	1,22	0,24	-
Caprelor	-	-	-	-	0,43	0,43	-	-	20,65	0,87	-
Negru	23,7	-	1,04	-	0,52	-	-	3,39	-	0,52	-
Lezilor	-	-	0,44	-	0,22	-	-	-	0,22	0,22	-
Zanoaga	31,18	-	0,22	0,22	-	-	0,45	-	-	0,67	-
Viorica	-	-	-	-	0,48	4,09	-	0,24	-	1,92	-
Bucura	0,25	-	0,49	2,47	-	-	-	0,49	-	-	-
Florica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ana	1,68	-	-	-	0,24	-	0,24	-	-	-	-
Lia	0,73	-	-	-	-	-	0,24	-	-	0,24	-
Slavieu	-	-	0,23	0,47	-	-	0,7	-	-	-	-
Turcelu	-	-	0,26	-	0,26	0,26	0,52	-	-	-	-
Peleguta	-	22,25	-	-	1,87	2,11	0,47	-	0,23	3,04	-
Peleaga	-	-	-	0,26	0,26	1,54	0,77	0,51	2,31	1,29	-
Papusii	-	-	-	-	-	-	3,67	-	-	-	-
Buta	-	-	-	0,23	-	-	0,23	-	-	-	-
Mija	-	-	-	-	4,28	0,76	-	-	-	-	-
Carja	-	-	-	-	1,83	5,94	0,23	1,37	5,48	-	-
Verde	-	-	-	-	0,22	0,22	3,06	0,44	-	-	-
Z_Stanei	-	2,16	-	-	-	-	0,65	-	0,87	-	-
Mandra	-	-	-	-	2,91	1,94	1,69	1,69	21,79	-	-
Rosiile	-	-	0,28	-	1,42	1,99	1,14	1,71	0,85	0,85	-
Z_Mare	-	-	-	-	-	-	-	0,23	-	0,47	-
Calescu	-	16,54	-	-	1,05	2,62	1,31	-	-	3,15	-
Carbunele	-	-	-	-	-	-	1,2	-	-	-	-
Avrig	0,94	-	-	-	2,35	0,7	-	0,23	-	2,35	0,7
Caltun	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Daomnei	0,34	-	-	-	0,34	-	-	-	-	-	0,34
Balea	33,51	-	-	-	-	-	1,55	-	-	-	2,58
Capra	0,63	-	0,31	-	0,31	-	1,25	-	-	0,63	0,94
V_Rea	-	-	0,49	-	-	0,25	1,73	1,48	-	-	-

Függelék 4. Folytatás (5)

	<i>Karayevia oblongella</i> (Østrup) M.Aboal	<i>Monoraphid</i>	<i>Navicula</i>	<i>Navicula detenta</i> Hustedt	<i>Navicula laticeps</i> Hustedt	<i>Neidium</i>	<i>Nitzschia</i>	<i>Nupela vitiosa</i> (Schimanski) P.Siver & P.B.Hamilton	<i>Pinnularia</i>	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehr.) Cleve	<i>Pinnularia subanglica</i> Krammer
Stevia	0,91	0,68	0,45	-	-	0,68	1,81	2,27	3,17	7,26	-
Stanisoara	0,5	-	-	-	-	1,74	0,74	-	1,24	0,74	-
Pietrele	1,7	-	0,42	-	1,49	-	0,85	-	0,85	1,06	-
Pietrelice-1	-	-	-	-	-	1,53	-	-	0,51	0,26	-
Pietrelice-3	0,72	-	-	-	-	0,48	-	-	-	1,91	-
Pietrelice-2	0,95	-	0,24	-	-	-	0,24	-	0,24	0,24	-
T_Brazi	-	-	-	-	-	0,74	-	-	3,47	0,25	0,74
Gales	4,53	-	-	-	-	0,72	0,72	-	0,72	3,34	0,24
Gemenale	0,51	-	0,17	-	-	2,87	1,01	-	1,35	3,2	-
Stirbu	0,73	-	2,44	-	1,95	0,24	1,22	-	4,63	-	-
Caprelor	-	-	0,43	-	-	0,65	3,04	-	0,87	-	-
Negru	0,78	0,26	2,6	-	-	1,82	1,04	-	3,65	1,3	2,6
Lezilor	0,66	-	0,44	-	0,44	0,44	0,22	-	0,22	0,88	-
Zanoaga	1,11	-	0,89	-	-	0,67	2,9	-	1,78	0,45	-
Viorica	0,72	-	2,88	-	0,48	1,44	3,37	0,24	1,2	0,24	0,72
Bucura	-	-	-	-	-	1,98	2,22	-	2,72	3,7	0,49
Florica	1,36	-	0,45	-	0,23	0,9	0,45	0,23	0,23	1,81	-
Ana	-	-	0,72	-	-	0,72	0,96	2,64	5,29	0,24	0,24
Lia	4,36	-	0,48	-	-	2,42	0,73	-	0,24	0,97	-
Slavieu	-	-	0,23	-	-	0,23	0,47	-	12,44	25,82	-
Turcelu	4,42	-	0,26	-	-	0,78	0,52	-	1,04	-	-
Peleguta	0,47	-	4,22	-	-	0,23	3,51	-	2,81	-	0,23
Peleaga	-	-	1,8	-	-	-	1,03	-	2,57	0,26	1,8
Papusii	-	-	1,47	-	-	0,49	0,73	-	2,44	6,6	-
Buta	-	-	2,93	0,23	-	0,23	2,25	-	0,23	-	-
Mija	0,5	-	1,76	-	0,76	1,51	2,52	-	-	-	0,5
Carja	-	-	2,05	-	3,65	0,68	12,33	-	1,83	0,23	1,37
Verde	-	1,97	0,22	0,44	-	-	0,88	-	-	-	-
Z_Stanei	-	-	4,55	-	-	0,22	3,46	-	1,3	-	0,43
Mandra	-	-	0,24	0,24	0,73	0,97	3,39	-	1,69	4,12	-
Rosiile	-	-	0,28	-	-	0,85	0,28	-	24,5	0,28	0,85
Z_Mare	-	-	4,88	-	-	-	2,09	-	0,7	-	-
Calescu	0,52	-	2,1	0,26	-	0,52	2,89	-	2,62	4,46	0,79
Carbunele	-	-	-	-	-	2,4	-	-	6,73	-	-
Avrig	-	-	-	3,76	0,23	-	4,23	-	0,47	-	-
Caltun	0,21	-	-	-	-	1,72	-	-	3	-	-
Daomnei	-	1,03	1,03	-	-	-	28,77	-	0,68	-	-
Balea	-	-	2,06	-	-	-	1,55	-	-	-	-
Capra	-	0,31	1,25	1,57	-	-	1,57	-	-	-	-
V_Rea	-	0,99	1,73	-	-	0,25	7,65	-	1,98	-	-

Függelék 4. Folytatás (6)

	<i>Pinnularia subcapitata</i> W. Gregory	<i>Psammothidium</i>	<i>Psammothidium altaicum</i> (Poretzky) Cleve-Euler	<i>Psammothidium curtissimum</i> (J.R. Carter) M.Aboal	<i>Psammothidium subatmoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova and Round	<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grunow) D.M. Williams & Round	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	<i>Sellaphora</i>	<i>Sellaphora</i> cf. <i>joubaudii</i> (H.Germain) Aboal	<i>Sellaphora seminulum</i> (Grunow) D.G.Mann	<i>Stauroforma exiguiformis</i> (Lange-Bertalot) R.J.Flower, V.J.Jones & F.E.Round
Stevia	0,45	49,89	-	2,49	0	-	-	0,45	-	-	-
Stanisoara	-	22,58	-	7,44	0	-	-	0,25	-	-	1,49
Pietrele	-	33,33	2,12	14,86	0	-	-	4,88	-	-	6,16
Pietrelice-1	-	42,09	-	-	0,25	-	-	-	-	-	-
Pietrelice-3	-	6,92	-	2,39	22,84	0,48	-	0,24	-	-	0,95
Pietrelice-2	-	18,29	0,95	4,51	1,57	-	-	-	-	-	1,43
T_Brazi	-	2,48	1,24	-	0	-	-	-	-	-	19,8
Gales	0,72	15,04	0,24	2,15	0,87	-	-	0,24	0,24	-	1,91
Gemenale	-	16,86	-	1,18	0,57	-	-	0,17	-	-	1,35
Stirbu	-	0,24	-	5,12	3,87	-	-	2,44	-	-	0,24
Caprelor	-	11,52	-	1,52	3,02	0,65	-	-	-	-	9,13
Negru	-	5,47	-	2,08	0	-	-	0,52	-	-	0,26
Lezilor	-	39,91	-	10,96	0	-	-	0,88	-	-	1,97
Zanoaga	-	6,9	-	0,89	1,22	-	-	0,22	-	-	0,22
Viorica	-	3,13	0,24	6,97	0	-	-	0,96	2,88	-	1,2
Bucura	0,25	10,62	-	4,2	0,99	-	-	0,74	-	-	1,73
Florica	-	66,74	-	0,68	0,68	-	-	-	-	-	3,17
Ana	-	10,1	-	3,61	3,85	-	-	0,48	0,96	-	-
Lia	0,24	10,41	-	3,15	0,48	-	-	-	-	-	2,66
Slavieu	-	6,34	-	3,52	4,36	-	-	-	-	-	0,7
Turcelu	0,26	3,38	-	1,3	2,9	-	-	-	-	-	0,78
Peleguta	-	11,01	-	8,67	0,95	0,23	-	2,58	-	-	-
Peleaga	-	6,94	-	4,88	1,36	0,26	-	-	-	-	5,14
Papusii	-	0,24	-	-	2,31	-	-	0,24	-	78,24	-
Buta	-	0,45	-	-	1,87	0,45	0,23	2,03	-	-	-
Mija	-	54,41	-	5,04	27,27	-	-	-	-	-	-
Carja	-	6,85	-	11,42	1,41	1,14	-	0,23	2,74	0,46	-
Verde	-	-	-	0,22	2,68	0,22	0,22	-	-	0,44	-
Z_Stanei	-	2,6	2,6	0,65	1,52	3,46	-	0,65	-	-	-
Mandra	2,42	12,11	0,48	3,39	1,97	-	-	2,42	0,73	-	-
Rosiile	-	-	-	2,56	2,02	0,28	-	9,97	6,84	0,57	-
Z_Mare	-	1,16	-	0,7	4,69	1,86	-	-	-	-	-
Calescu	0,26	5,51	-	5,77	9,68	0,52	-	7,35	-	0,52	-
Carbunele	-	6,01	-	-	4,25	-	-	-	-	-	-
Avrig	-	0,94	-	0,47	5,87	0,7	-	3,76	-	-	-
Caltun	-	12,66	-	0,21	8,79	-	-	-	-	-	0,43
Daomnei	-	0,34	-	-	54,89	-	0,34	0,68	-	-	-
Balea	-	0,52	-	-	1,98	-	-	5,93	-	-	-
Capra	-	0,63	-	1,88	-	0,31	-	3,13	-	0,31	-
V_Rea	-	2,22	-	-	-	-	0,74	-	-	-	-

Függelék 4. Folytatás (7)

	<i>Stauroneis</i>	<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg	<i>Stauroneis smithii</i> Grunow	<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg	<i>Staurosira construens</i> var. <i>binodis</i> (Ehrenberg) P.B.Hamilton	<i>Staurosira venter</i> (Ehrenberg) H.Kobayasi	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) D.M. Williams & Round	<i>Stenopteroibia delicatissima</i> (F.W.Lewis) Brébisson ex van Heurck	<i>Surirella</i>	<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing	<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing
Stevia	-	-	-	-	-	-	-	-	5,22	-	-
Stanisoara	-	0,74	-	-	-	7,94	-	0,74	0,5	-	-
Pietrele	-	-	-	-	-	6,37	-	0,21	0,42	-	-
Pietrelice-1	-	-	-	-	-	-	-	1,02	0,26	-	-
Pietrelice-3	-	-	-	-	-	2,39	-	-	-	0,72	-
Pietrelice-2	-	-	-	-	-	11,16	-	-	0,48	0,24	-
T_Brazi	0,25	0,25	-	-	-	32,18	-	-	-	1,24	-
Gales	-	-	-	-	-	4,53	-	-	4,06	-	1,43
Gemenele	0,17	1,18	-	-	-	2,19	-	0,51	0,17	-	2,02
Stirbu	-	-	-	-	-	2,93	0,98	-	1,22	-	-
Caprelor	-	0,22	-	-	-	27,39	-	-	-	-	1,3
Negru	0,52	0,26	-	-	-	-	-	0,52	0,26	-	-
Lezilor	-	-	-	-	-	4,17	3,07	-	0,44	-	0,22
Zanoaga	-	0,45	-	-	-	0,22	-	-	-	-	3,34
Viorica	-	-	-	-	-	8,17	-	0,24	-	-	0,24
Bucura	0,25	0,49	-	-	-	0,49	-	1,48	0,49	0,25	2,47
Florica	-	0,23	-	-	-	2,49	-	0,23	0,23	-	-
Ana	-	0,72	-	-	-	1,2	-	-	1,68	-	0,24
Lia	-	-	-	-	-	2,42	-	0,24	0,24	-	0,73
Slavieu	-	0,7	-	-	-	2,35	-	0,94	0,23	0,23	2,82
Turcelu	0,26	0,78	-	-	-	13,77	0,78	-	-	-	0,26
Peleguta	0,23	0,7	-	-	-	-	4,22	-	1,17	-	0,23
Peleaga	-	0,26	-	0,26	-	15,42	0,26	-	-	-	0,26
Papusii	-	0,98	-	-	-	0,98	-	-	-	-	-
Buta	-	-	0,45	0,68	0,45	24,77	4,5	-	0,45	-	-
Mija	-	-	-	-	-	7,56	-	1,76	1,01	-	-
Carja	2,28	-	-	-	0,91	22,83	-	1,14	0,68	-	-
Verde	-	-	-	0,22	2,84	76,59	1,09	-	-	-	-
Z_Stanei	-	-	-	-	0,22	10,82	-	0,22	0,22	-	0,43
Mandra	0,73	0,24	-	-	-	16,95	-	-	0,24	-	-
Rosiile	0,57	0,28	-	-	-	6,84	-	-	0,28	-	-
Z_Mare	-	-	-	-	1,16	3,02	0,93	-	0,47	-	0,23
Calescu	1,05	-	-	-	-	-	4,46	-	0,26	-	-
Carbunele	0,24	0,96	-	-	-	-	-	-	-	-	52,88
Avrig	-	-	0,94	-	-	-	58,69	-	-	-	-
Caltun	-	0,21	-	-	-	-	-	-	0,64	-	0,21
Daomnei	-	-	-	-	-	-	10,96	-	-	-	-
Balea	-	-	0,77	1,8	0,26	1,55	14,18	-	0,52	-	-
Capra	-	-	0,63	9,4	2,19	-	56,43	-	0,31	-	-
V_Rea	0,49	-	-	-	-	-	55,56	-	-	-	-

Függelék 5. Az Ágascsápú rákok előfordulási adatai hegységenként db/0,1 ml-re számolva

	<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)	<i>Alona quadrangularis</i> (O.F. Müller, 1785)	<i>Alona rectangularis</i> (Sars, 1862)	<i>Alona rustica</i> (Scott, 1895)	<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Daphnia longispina</i> (O.F. Müller, 1785)	<i>Daphnia pulex</i> (Leydig, 1860)	<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1848)	<i>Euryercus</i> sp.
Stevia	-	-	-	-	53,00	-	-	-	-
Stanisoara	616,67	-	-	-	288,89	41,67	-	-	-
Pietrele	6,52	-	-	-	346,74	-	-	-	-
Pietrelicelele-1	409,38	-	-	-	587,50	-	43,75	-	-
Pietrelicelele-3	101,92	-	-	12,82	78,85	-	-	-	-
Pietrelicelele-2	282,61	-	-	3,26	47,83	-	-	-	-
Taul dintre Brazi	215,91	2,27	-	-	494,32	-	-	-	-
Gales	45,83	-	-	2,08	66,67	518,75	-	-	-
Gemenele	560,42	66,67	-	-	564,58	268,75	-	-	-
Stirbu	-	-	-	-	537,50	118,75	-	-	-
Caprelor	912,50	-	-	-	485,42	25,00	-	-	-
Negru	287,50	-	-	15,63	326,56	321,88	9,38	-	-
Lezilor	-	-	-	-	359,52	-	-	-	-
Zanoaga	320,83	100,00	-	12,50	33,33	1087,50	-	-	-
Viorica	655,00	480,00	2,50	15,00	430,00	185,00	-	-	-
Bucura	1208,33	233,33	4,17	8,33	525,00	1316,67	-	-	-
Florica	414,06	-	-	-	68,75	-	-	-	-
Ana	575,00	115,00	-	20,00	420,00	555,00	-	-	-
Lia	2125,00	1525,00	106,25	256,25	312,50	31,25	-	-	-
Slaveiu	637,50	106,25	-	6,25	225,00	1134,38	-	-	-
Turcelu	1,96	0,49	-	60,29	85,05	-	-	-	-
Peleguta	227,27	161,36	-	-	252,27	101,14	-	-	-
Peleaga	450,00	166,25	-	8,75	130,00	103,75	-	-	-
Papusii	-	-	218,75	-	295,83	-	186,46	-	-
Buta	312,50	1058,33	-	8,33	-	50,00	-	-	-
Mija	94,50	-	-	-	41,00	14,00	-	-	0,50
Carja	412,50	-	-	-	81,67	20,00	-	-	-
Verde	-	-	-	-	625,00	-	-	-	-
Z_Mare	2312,50	1687,50	-	-	300,00	31,25	-	12,50	-
Mandra	-	-	-	-	1793,75	168,75	-	-	-
Rosiile	60,00	5,00	-	-	480,00	-	1105,00	-	-
Z_Stanei	2825,00	2287,50	-	-	75,00	12,50	-	-	-
Calcescu	352,50	107,50	-	10,00	115,00	1145,00	-	22,50	-
Carbunele	-	-	1350,00	-	6400,00	150,00	-	-	-
Avrig	1,25	1,25	-	-	54,00	-	7,50	-	-
Caltun	-	1,00	-	3,25	-	-	-	-	-
Doamneii	-	0,50	-	-	0,50	0,50	-	-	-
Balea	-	25,00	-	-	235,94	236,72	-	-	-
Capra	0,49	0,98	-	-	129,41	21,08	-	-	-
V_Rea	-	0,25	-	-	-	-	-	-	-

Függelék 6. Jelen munkához használt adatok, elemzéseknél alkalmazott transzformáció típusai.

tozók	Transzformációk
1. Lokális változók	
tengerszint feletti magasság (m)	$\ln(x+1)$
méllység (m)	$\ln(x+1)$
tó terület	$\ln(x+1)$
vízgyűjtő terület	$\ln(x+1)$
% szikla borítottság	$\arcsin(x/100)^{0.5}$
% fű borítottság	$\arcsin(x/100)^{0.5}$
% törpefenyves borítottság	$\arcsin(x/100)^{0.5}$
2. Víz fizikokémiai jellemzők	
pH	$\exp(x/100)$
vezetőképesség ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	$\exp(x/100)$
Na^+ (mg/l)	$\ln(x+1)$
K^+ (mg/l)	$\ln(x+1)$
Ca^{2+} (mg/l)	$\ln(x+1)$
Mg^{2+} (mg/l)	$\ln(x+1)$
HCO_3^- (mg/l)	$\ln(x+1)$
Cl^- (mg/l)	$\ln(x+1)$
SO_4^{2-} (mg/l)	$\ln(x+1)$
NH_4^+ (mg/l)	$\ln(x+1)$
NO_3^- (mg/l)	$\ln(x+1)$
PO_4^{3-} (mg/l)	$\ln(x+1)$
3. Üledékkémiai jellemzők	
$\text{SiO}_2\%$	$\arcsin(x/100)^{0.5}$
$\text{Al}_2\text{O}_3\%$	$\arcsin(x/100)^{0.5}$
$\text{BaO}\%$	$\arcsin(x/100)^{0.5}$
$\text{CaO}\%$	$\arcsin(x/100)^{0.5}$
$\text{Fe}_2\text{O}_3\%$	$\arcsin(x/100)^{0.5}$
$\text{K}_2\text{O}\%$	$\arcsin(x/100)^{0.5}$
$\text{MgO}\%$	$\arcsin(x/100)^{0.5}$
$\text{MnO}_2\%$	$\arcsin(x/100)^{0.5}$
$\text{Na}_2\text{O}\%$	$\arcsin(x/100)^{0.5}$
$\text{SrO}\%$	$\arcsin(x/100)^{0.5}$
$\text{TiO}_2\%$	$\arcsin(x/100)^{0.5}$
LOI%	$\arcsin(x/100)^{0.5}$
4. Biológiai jellemzők	
kovaalga	$\ln(x+1)$
ágascsapú rák	$\ln(x+1)$

Függelék 7. Jelen munkához használt adatok rövidítései.

tavak	rövidítés	lokális változók	rövidítés
Ana	ANA	tengerszint feletti magasság (m)	tszfm
Avrig	AVR	mélység (m)	mely
Balea	BAL	tó terület	to_t
Bucura	BUC	vízgyűjtő terület	vgy_t
Buta	BUT	% szikla borítottság	ko
Calcescu	CAC	% fű borítottság	fu
Caprelor	CAE	% törpefenyves borítottság	fenyo
Carja	CAJ		
Caltun	CAL		
Capra	CAP		
Carbunele	CAR	ágascsapú rák fajok, fajcsoportok	rövidítés
Doamneii	DOA	<i>Alona affinis</i>	AAF
Florica	FLO	<i>Alona quadrangularis</i>	AQU
Gales	GAL	<i>Alona rectangula</i>	ARE
Gemenele	GEM	<i>Alona rustica</i>	ARU
Lezilor	LEZ	<i>Chydorus sphaericus</i>	CSP
Lia	LIA	<i>Daphnia longispina gr.</i>	DLO
Mandra	MAN	<i>Daphnia pulex gr.</i>	DPU
Mija	MIJ	<i>Graptoleberis testudinaria</i>	GTE
Negru	NEG	<i>Euricercus lamellatus</i>	ELA
Papusii	PAP		
Peleguta	PEG		
Peleaga	PEL		
Pietrelicele1	PI1		
Pietrelicele2	PI2		
Pietrelicele3	PI3		
Pietrele	PIE		
Rosiile	ROS		
Slaveiu	SLA		
Stanisoara	STA		
Stevia	STE		
Stirbu	STI		
Taul dintre Brazi	TDB		
Turcelu	TUR		
Verde	VER		
Viorica	VIO		
Valea Rea	VRE		
Zanoaga	ZAN		
Zanoaga Mare	ZMA		
Zanoaga Stanei	ZST		

Függelék 7. Folytatás

kovaalga fajok, fajcsoportok	rövidítés	kovaalga fajok, fajcsoportok	rövidítés
<i>Achnanthidium minutissimum</i>	AMI	<i>Gomphonema spp,</i>	GOS
<i>Amphora lybica</i>	ALY	<i>Humidophila schmassmannii</i>	HSC
<i>Amphora pediculus</i>	APE	<i>Humidophila spp,</i>	HUS
<i>Amphora spp,</i>	AMS	<i>Karayevia carissima</i>	KCA
<i>Asterionella formosa</i>	AFO	<i>Karayevia laterostrata</i>	KLA
<i>Aulacoseira alpigena</i>	AAL	<i>Karayevia oblongella</i>	KOB
<i>Aulacoseira ambigua</i>	AAM	<i>Monoraphidium spp,</i>	MOS
<i>Aulacoseira nivalis</i>	ANI	<i>Navicula detenda</i>	NDE
<i>Aulacoseira nivaloides</i>	ANV	<i>Navicula laticeps</i>	NLA
<i>Aulacoseira perglabra</i>	APR	<i>Navicula spp,</i>	NAS
<i>Aulacoseira pfaffiana</i>	APF	<i>Neidium spp,</i>	NES
<i>Aulacoseira valida</i>	AVA	<i>Nitzschia spp,</i>	NIS
<i>Boreozon hustedti</i>	BHU	<i>Nupela vitiosa</i>	NVI
<i>Brachisiera brebissonii</i>	BBR	<i>Pinnularia microstauron</i>	PMI
<i>Caloneis spp,</i>	CAS	<i>Pinnularia spp,</i>	PIS
<i>Cavinula pseudoscutiformis</i>	CPS	<i>Pinnularia subanglica</i>	PSU
<i>Chamaepinnularia spp,</i>	CHS	<i>Pinnularia subcapitata</i>	PSB
<i>Craticula spp,</i>	CRS	<i>Psammothidium altaicum</i>	PAL
<i>Cyclotella glomerata</i>	CGL	<i>Psammothidium curtissima</i>	PCU
<i>Cyclotella stelligera</i>	CST	<i>Psammothidium subatomoides</i>	PSA
<i>Cymbella spp,</i>	CYS	<i>Psammothidium spp,</i>	PSS
<i>Denticula tenuis</i>	DTE	<i>Pseudostaurosira brevistriata</i>	PSB
<i>Diatoma mesodon</i>	DME	<i>Reimeria sinuata</i>	RSI
<i>Encyonema gaeumannii</i>	EGA	<i>Sellaphora cf.joubodii</i>	SCJ
<i>Encyonema gracilis</i>	EGR	<i>Sellaphora seminulum</i>	SSE
<i>Encyonema minutum</i>	EMI	<i>Sellaphora spp,</i>	SES
<i>Encyonema spp,</i>	ENS	<i>Stauroforma exiguiiformis</i>	SEX
<i>Encyonopsis spp,</i>	EPS	<i>Stauroneis anceps</i>	SAN
<i>Eolimna spp,</i>	EOS	<i>Stauroneis smihii</i>	SSM
<i>Eunotia rhomboidea</i>	ERH	<i>Stauroneis spp,</i>	STS
<i>Eunotia spp,</i>	EUS	<i>Staurosira construens</i>	SCO
<i>Fragilar spp,</i>	FRS	<i>Staurosira construens var.</i>	
<i>Fragilaria capucina</i>	FCA	<i>Binodis</i>	SCB
<i>Fragilaria gracilis</i>	FGR	<i>Staurosira venter</i>	SVE
<i>Fragilaria lánacsony</i>	FLA	<i>Staurosirella pinnata</i>	SPI
<i>Fragilariforma virescens</i>	FVI	<i>Stenopte delicati</i>	SDE
<i>Frustulia spp,</i>	FUS	<i>Surirella spp,</i>	SUP
<i>Genkalia boreoalp</i>	GBO	<i>Tabellaria fenestrata</i>	TFE
<i>Genkalia digitulus</i>	GDI	<i>Tabellaria flocculosa</i>	TFL
		<i>Chrysoph cyst</i>	CCY