

Zárójelentés az NKFIH FK 132142 kutatási pályázathoz, melynek címe: *Szélsőséges klíma-események bentikus algaközösségekre gyakorolt hatása*

A pályázat tudományos hátterének rövid összefoglalója

Korunk egyik legnagyobb ökológiai kihívása a globális klímaváltozás közösségformáló szerepének feltárása, a folyamatok rendszeres monitorozásának megszervezése, és szükség esetén költséghatékony beavatkozási akciótervek készítése. A Kárpát-medencében az elmúlt évszázadban emelkedett az aszályos napok száma, a 2000-es évekre pedig a téli hónapok helyett nyár közepére tolódott ki a legszárazabb időszak a régióban. Ezen anomáliák miatt megfigyelhető a hazai kisvízfolyások esetében egy tipológiai eltolódás: az eddig állandó vízellátottságú kisvizek egyre gyakrabban száradnak ki, periodikus vizekké alakulnak. Magyarországon összesen ~ 10 000 vízfolyás van, melyek közül csak körülbelül 10%-ot vizsgálnak rendszeresen a Nemzeti Monitorozó Program keretében, ugyanis ezeknek a vízfolyásoknak a vízgyűjtő területe haladta meg az EU Víz Keretirányelv (VKI) által előírt 10 km²-t. Jelen ismeretek szerint ezeknek a vízfolyásoknak több mint 30%-a már az időszakos kategóriába tartozik, bár még csak a kisvízfolyások sorolhatók ebbe a típusba. Az aszály és a kiszáradás által leginkább sújtott területek pedig döntően az Alföldön találhatók (VGT Jelentés – web1). A 10 km²-nél kisebb vízgyűjtőjű vízfolyásokról csak sporadikus adatok állnak rendelkezésre, feltételezhetően a kiszáradó vizek aránya ott jelentősen magasabb.

Felszíni vizeinkben az élőbevonatban előforduló mikroszkopikus méretű fotoszintetizáló közösség rögzült, vagy az aljzaton mozgó eukarióta algákból és prokarióta cianobaktériumokból áll. Ezek közül a legintenzívebben vizsgált csoport a kovaalgáké, melyek számos módon hozzájárulnak a vizek ökoszisztéma szolgáltatásához: ökológiai és természetvédelmi szempontból talán a legfontosabb, hogy kiemelt szerepük van a vízi anyagforgalomban és oxigéntermelésben, valamint táplálékláncban is. Számos gerinctelen és gerinces élőlénycsoportnak. Emellett jelentős szerepet játszanak az aljzat stabilitásában is. Vagyis a szárazság, ill. a kiszáradás hatására a közösségükben végbemenő változások a teljes táplálékhálózatra, ill. magára az abiotikus környezetre is negatívan hatnak. Bár a 2010-es évek második felében intenzív kutatások indultak a vízfolyások kiszáradásával kapcsolatban, melyek kis számban ugyan, de ezen vizek algaközösségeiben bekövetkező szerkezeti változásokat is érintették, ezek a Mediterrán régióra fókuszáltak. Ezzel szemben a mérsékelt övi területeken zajló folyamatokról, ahol a szárazodás és kiszáradás hisztorikus értelemben nem a vízjárás rendszeres velejárója, így idő hiányában az élőlények/közösségek sem adaptálódhattak még hozzá, sporadikus ismeretek álltak csak rendelkezésre. *Ez jelentős alap adat-, és ismerethiányhoz vezetett.* A szárazodással és kiszáradással érintett vízfolyások ugyanakkor azon kívül, hogy nemzeti értéket jelentenek, olyan gazdaságilag jelentős szerepeket látnak el, mint öntözés, vízelvezetés, víztározás, energia, stb. Belátható, hogy az itt élő vízi közösségek, köztük a bevonatalkotó algák szerkezetében végbemenő változások a vizek minőségének megváltozását is eredményezhetik. Ez pedig nemcsak ökológiai és természetvédelmi, de gazdasági szempontból is komoly következményekkel jár, ami újfajta konzervációbiológiai és nem utolsósorban gazdasági stratégiák kidolgozását igényli.

A pályázat célja, megvalósulások

Pályázatunk célja a fentiek ismeretében annak vizsgálata volt, hogyan hatnak az extrém időjárási események, kiváltképpen az aszály okozta szárazodás (vízszintcsökkenés és áramlási viszonyok megváltozása) a bentikus algaközösségek taxonómiai és funkcionális összetételére, diverzitására, diszperziójára, valamint szukcessziójára (1.) kiszáradó és állandó vízellátottságú vízfolyásokban, (2.) alföldi és dombvidéki kisvízfolyásokban, ill. (3.) kiszáradó kisvizeknél a vizes és a száraz periódus alatt; (4.) valamint azt is vizsgáltuk, hogy az aszály hogyan befolyásolja a kisvizek kovaalga alapú minőségét.

A pályázati támogatásnak köszönhetően a pályázat témájához kapcsolódóan összesen 8 angol nyelvű (SCI indexált, peer-reviewed) és egy magyar nyelvű publikáció, valamint egy a Wiley kiadó gondozásában kiadott szakkönyv könyvfejezete jelent meg. Az idegen nyelvű publikációk kumulatív IF

értéke 35,162. Ezen publikációk közül három D1-es és öt Q1-es folyóiratban jelent meg. A pályázati forrásnak köszönhetően két PhD hallgató (Nemes-Kókai Zsuzsanna és Lukács Áron) tudta befejezni tanulmányait a Debreceni Egyetem Juhász-Nagy Pál Doktori Iskolában. Ezen felül három MSc (két angol nyelvű és egy magyar), valamint egy angol nyelvű BSc diplomamunka is született a pályázat témájából. Jelenleg egy PhD hallgató (Kiss Stefánia, védés várható éve 2027/2028) disszertációja épül a pályázat témájára, valamint egy review kézirat és egy primary research paper van megírás alatt, melyek benyújtása 2025-ben várható. Emellett a pályázat témájához közvetlenül nem kapcsolódóan született öt olyan cikk is (egy D1, két Q1, egy Q3, és egy nem SJR indexált, magyar; kumulatív IF: 12,013), melyekben a pályázat vezető kutatója kiemelt, általában utolsó szerző, a cikkek első szerzője pedig a projekt támogatásnak köszönhetően alkalmazva volt a pályázatban. Ezért ezekben a cikkekben is feltüntettük az NKFIH-t mint támogatót. Ezek a cikkek további kutatási projektek előkészítéséhez (pl. Nemzeti Labor projekt), ill. a szakmai kapcsolatok bővítéséhez (pl. Hydrobiologia szerkesztőkkel szakmai kapcsolat elmélyítése) járulnak/járultak hozzá a továbbiakban.

A pályázat ideje alatt kiemelt cél volt hazai és nemzetközi konferenciákon a kutatási téma és eredményeink megismertetése a szakmai közönséggel. Bár a pályázati időszak (2019-2024) a COVID-19 világjárvány idejére esett, ami miatt a már meghirdetett konferenciákat is törölték, vagy elhalasztották, a pályázat témájában összesen 21 előadás hangzott el, ebből 1 meghívott plenáris előadás volt; 6 nemzetközi konferencián, míg 15 hazai konferencián lett bemutatva.

A projekthez kapcsolódó vizsgálatokban az alábbi új tudományos eredményeink születtek:

1. (1.1) Egy több ökorégiót érintő vizsgálatunkban (Mediterrán régió - Portugália és mérsékelt övi régió – Magyarország) igazoltuk, hogy a kiszáradás veszélyének való kitettség ideje (elmúlt évtizedek vs. hisztórikus) eltérő közösségszerkezeti átalakulásokat eredményez a kiszáradó kisvízfolyásokban. Míg a mérsékelt övi régióban egyértelműen definiálhatók bizonyos kovaalga jellegek (traitek) a kiszáradó kisvízfolyásokban (kis méret, és/vagy pionír, és/vagy alacsony profilú guild), a Mediterrán régióban ilyen jelleg/jellegek nem kimutathatóak. Ezzel szemben mindkét régióban az állandó vízfolyások kovaalga közösségében karakterisztikus jellegek voltak a kolonialis szerveződési típus és a magas profilú guildbe tartozás. (1.2) Továbbá azt is kimutattuk, hogy a két ökorégióban a közösségszervező erők (úgy mint környezeti szűrés – environmental filtering és limitáló/korlátozott hasonlóság - limiting similarity) eltérő mértékben játszanak szerepet a vizsgált vízfolyások kovaalga struktúrájának alakításában. Míg a hazai vizekben a korlátozott hasonlóság volt a fő közösségszervező erő, addig a portugál vízfolyásokban a környezeti szűrés ugyanolyan fontos szerepet játszott a közösség szerkezetének kialakításában, mint a korlátozott hasonlóság. – *Várbíró et al., 2020 (Jelen pályázat vezető kutatója utolsó szerző a cikkben.)*

2. *Alföldi kiszáradó kisvízfolyás* bentikus algaközösségének kolonizációját vizsgáltuk két jól elkülönülő vízjárással (vízsebesség, vízmélység) jellemezhető periódusban: közepes zavarású periódus és erős zavarású periódus. (2.1) Kimutattuk, hogy a két periódusban a közösség taxonómiai és jelleg alapú összetétele eltér egymástól: a közepesen zavart periódust a nagyméretű, és/vagy, fonalas, és/vagy gyengén rögzült algák jellemezték, míg az erősen zavart periódusban a kis méretű, és/vagy egysejtű, és/vagy erősen rögzülő, és/vagy gyorsan mozgó taxonok domináltak. (2.2) Továbbá kimutattuk, hogy a taxonómiai és filogenetikai diverzitás metrikák valamint a jelleg alapú diverzitás metrikák érzékenysége eltér a különböző mértékű zavarással jellemezhető időszakokban, azaz eltérő módon változtak meg a két periódusban. A taxonómiai és filogenetikai diverzitás, összhangban a köztes zavarás hipotézissel, szignifikánsan magasabb volt a közepes zavarású periódusban. A szélsőségekkel jellemezhető erős zavarású periódusban azonban a diverzitás szignifikánsan alacsonyabb volt. Ezzel szemben a funkcionális diverzitás metrikák, az FDis kivételével (magasabb a közepesen zavart időszakban), nem tértek el szignifikánsan a két periódusban. Azaz a szélsőséges vízjárás (mint a szárazodás, ill. villámárvíz) a rendszer funkcionalitását rövid távon nem tette tönkre. Ugyanakkor hangsúlyozni kell, hogy ebben a tanulmányban a szárazodás és nem a kiszáradás hosszát vizsgáltuk. – *Lukács et al., 2021 (Jelen pályázat vezető kutatója utolsó szerző a cikkben.)*

3. *Dombvidéki kiszáradó kisvízfolyásokban* különböző vízjárási fázisok (ún. száraz vs. vizes) kovaalga közösségének szerkezetét és diverzitását, valamint a vizek ökológiai állapotértékelésében alkalmazott kovaalga indexeket vizsgáltunk. (3.1) Igazoltuk, hogy a kovaalga közösség szerkezete mind taxonómia, mind jelleg alapon eltér egymástól: Míg a vizes fázist a nagyon kicsi (S1) és/vagy közepes méretű (S3), és/vagy alacsony profilú guildbe tartozó, és/vagy egysejtű, és/vagy pionír, és/vagy kerekdedebb (LW1 és LW2) taxonok jellemzik, addig a száraz fázisban a kis méretű (S2), és/vagy magas profilú guildbe tartozó, koloniális, és/vagy közepes erősséggel és/vagy gyengén rögzült taxonok voltak dominánsak. Az egyértelmű szerkezeti különbségek ellenére a két fázis biológiai sokfélesége sem a taxonómiai, sem pedig a funkcionális diverzitás metrikákban nem tért el egymástól. (3.2) Kimutattuk, hogy az állandó vízellátottságú vizekre kidolgozott állapotértékelő metrikák (kovaalga indexek) a kiszáradó kisvizek ökológiai állapotértékelésében is alkalmazhatóak. (3.3) Kimutattuk, hogy a monitorozó programban alkalmazott jelenlegi mintavételi és mintafeldolgozási protokoll nem, vagy csak megkötésekkel és módosításokkal alkalmas a kiszáradó dombvidéki kisvízfolyásokban végbemenő folyamatok feltérképezésére és ezen vizek ökológiai állapotértékelésére. – *B-Béres et al., 2022 (Jelen pályázat vezető kutatója első szerző a cikkben.)*

4. *Alföldi kiszáradó kisvízfolyásban* a szárazodás folyamatának (áramló vs. álló fázis) és a medermódosításnak (természetközeli vs. betonozott) a kovaalga közösségek szerkezetére és diverzitására, valamint a kovaalga indexekre (ökológiai állapotértékelés) gyakorolt hatását vizsgáltuk. (4.1) Kimutattuk, hogy míg a szárazodás két fázisában a közösségszerkezet egyértelműen eltért egymástól, a vizsgált diverzitásmetrikákban nem volt jelentős különbség. Az áramló fázisban koloniális, magas profilú guildbe tartozó, és/vagy közepes erősséggel rögzült taxonok domináltak, az álló fázisban pedig az egysejtű, és/vagy erősen rögzült, alacsony profilú guild fajtái jellemezték. Ezzel szemben a medermódosítás a közösség taxonómiai és jelleg alapú szerkezetét nem befolyásolta, ugyanakkor a betonozott mederszakasz biológiai sokfélesége magasabb volt, mint a természetközeli szakaszé (ok: dominancia viszonyok változása miatt előkerült „rejtett” fajok). (4.2) A kovaalga indexek egyértelműen magasabbak voltak az áramló, mint az álló fázisban. Ezzel szemben a medermódosítás nem okozott eltérést a metrikákban. – *Kiss et al., 2024 (Jelen pályázat vezető kutatója utolsó szerző a cikkben.)*

5. Hosszú távú adatsor feldolgozásával az extrém időjárási események kovaalga közösségre (szerkezet, diverzitás) és az ökológiai állapotot leíró kovaalga indexekre gyakorolt hatását vizsgáltuk a *nagy vízgyűjtőjű dombvidéki, majd torkolatnál síkvidékvé váló Rába teljes hazai szakaszán*. Míg nagy folyók esetében a klímaváltozás és a planktonikus algaközösségekben bekövetkező változások közti összefüggések vizsgálata viszonylag gyakori, a fitobentonra vonatkozóan elenyészően kevés, és jellemzően kis időintervallumra vonatkozó információ áll rendelkezésre. Tanulmányunkban kétféle megközelítésben vizsgáltuk a témát: a teljes időintervallum (2007-2021) két, jól elkülönülő periódusát (fluktuáló – 2007-2016; és szárazodó – 2017-2021), valamint a csapadékatlagokból számított három szignifikánsan eltérő periódust (csapadékos, átlagos és aszályos) vizsgáltuk. (5.1) Kimutattuk, hogy a kétféle megközelítés eredményei eltértek egymástól: A fluktuáló és szárazodó időszakban a Rába kovaalga közösségének szerkezete egyértelműen elkülönült. Míg a fluktuáló periódusban a motilis és/vagy mérsékelten megnyúlt taxonok voltak jellemzőek a közösségre, a szárazodó időszakban a kerekded, és/vagy kis méretű, és/vagy pionír fajok domináltak. Ezzel szemben a csapadékatlagok szerinti felosztás szerinti elemzések nem mutattak szerkezeti eltérést a fitobentonban. (5.2) A közösségszerkezetben tapasztalható eltérések, ill. azok hiánya a diverzitásmetrikákban is megjelentek: Kimutattuk, hogy a száraz periódus biológiai sokfélesége kisebb, mint a fluktuáló időszakban. Ugyanakkor az eltérő csapadékatlagokkal jellemezhető időszakokban a diverzitásmetrikák szignifikánsan nem tértek el egymástól. (5.3) Az ökológiai állapot leírására alkalmas kovaalga indexekben felosztástól függetlenül nem találtunk eltérést az egyes időszakok között. – *Nemes-Kókai et al., 2023 (Jelen pályázat vezető kutatója utolsó szerző a cikkben.)*

6. A klímaváltozás okozta éves csapadékeloszlás változása, a talajvízszint drasztikus csökkenése nemcsak a vízfolyásokat, hanem az állóvizeket is veszélyezteti. A pályázat maga a vízfolyások szárazodására, vízjárásváltozásaira fókuszál ugyan, a terepi mintavételek, valamint az adatrendezések során felfigyeltünk a kisvízfolyások szárazodása és kiszáradása, valamint a velük kapcsolatban álló kis

tavak szárazodása és kiszáradása közti hasonlóságokra (gyakoriság, időtartam, stb.). Mivel a pályázathoz kapcsolódóan a mintavételekre és feldolgozásra fordítható anyagi támogatás már nem tette volna lehetővé ezen kisvizek esetében a pótlólagos, havi gyakoriságú mintagyűjtést, ezért egy hosszú távú adatsoron (2005-2017) végzett vizsgálatokba vontuk be a rendelkezésünkre álló adatokat. Az elemzések során nem magára a szárazodásra, hanem az állóvizek természetvédelmi oltalmára és területhasznosítására fókuszáltunk. A vizsgálatokba bevont, kiszáradással fenyegetett kis tavak a nem védett és horgászott kategóriába tartoztak. (6.1) A pályázat témájához kapcsolódóan kimutattuk, hogy ezeknek a kisvizeknek a kovaalga közösségszerkezete nem tér el a nem védett és a horgászott mellett vízi sportokkal is jellemezhető, valamint a védett de horgászott, vagy védett, horgászott és vízi sportokkal is jellemezhető vizekétől. Egyedül a védett és a hivatalos források alapján kevésbé (nem aktívan) horgászott állóvizek közössége különült el a vizsgálatokban. (6.2) Kimutattuk, hogy hasznosítástól függetlenül a védett területek diverzitása alacsonyabb volt, mint nem védett vizeké. A pályázat témájához kapcsolódóan ki kell emelni (melyet a cikkben is megtettünk), hogy a nem védett, szárazodással fenyegetett kis tavak diverzitása azért lehet magasabb, mint a védett, gyakran nagy vízfolyások mentén elhelyezkedő nagyobb vizeké, mert az áradások nem/kevésbé fenyegetik őket (nincs átöblítés és az ezzel járó pionír, r-stratégista fajdominancia, vagy planktonikus fajok dominanciája), valamint a mikrohabitatok száma is magasabb itt. Ugyanakkor hosszú távon ki vannak téve az elhúzódo kiszáradásnak, ami természetesen negatívan hat a diverzitásmetrikákra. – *B-Béres et al., 2021 (Jelen pályázat vezető kutatója első szerző a cikkben.)*

7. A bevonatalkotó kovaalgák jelentős szerepet játszanak az ökoszisztéma szolgáltatásokban. A szabályozó (regulating) szolgáltatások szerves részét képezi a klímaszabályozás is, ami témájában jelen pályázathoz köthető. A *Hydrobiologia* (Springer, Q1) folyóirat associate editor-ának megkeresésére egy review cikket nyújtottunk be a kovaalgák ökoszisztéma szolgáltatásokban betöltött szerepéről. (7.1) A projekthez kapcsolódóan ennek az összefoglaló cikknek a „Regulating services – Climate regulation, dimethylsulphide” alfejezetében a projekthez kapcsolódó ismeretekről, a klímaváltozás közösségformáló szerepéről, ennek következményeiről értekezünk. A pályázathoz kapcsolódó kutatási eredményeket, valamint a pályázat során szerzett szakmai ismeretanyagot foglaltuk össze a cikk alfejezetében. – *B-Béres et al., 2023. (Jelen pályázat vezető kutatója első szerző a cikkben.)*

8. A szalinizáció globálisan egyre nagyobb környezeti problémát jelent. A kiszáradó vízfolyásokban a szárazodás folyamata során ionkoncentráció figyelhető meg. Ez pedig jelentős szerepet játszik abban, hogy a közösség szerkezete a kiszáradás különböző fázisaiban átalakul. A *Hydrobiologia* (Springer, Q1) folyóirat associate editor-ának megkeresésére egy review cikket nyújtottunk be a szalinizáció kovaalga közösségekre gyakorolt hatásáról. (8.1) Ennek az összefoglaló cikknek az „Effect of climate change” fejezetében többek között azt foglaltuk össze röviden, milyen szerkezeti változások következnek be a szárazodás (álló vízi fázis – töményedés), valamint a kiszáradás során a perifitonban. – *Stenger-Kovács et al., 2023 (Jelen pályázat vezető kutatója társszerző a cikkben. A cikk elsősszerzője jelen pályázatba bevont kutató.)*

9. A pályázati forrásnak köszönhetően összesen 459 bevonatalkotó kovaalga (kiszáradó és állandó, alföldi és dombvidéki vízfolyásokból, kiszáradó vízfolyások esetében áramló, álló és száraz fázisból) mintát és 404 felszíni vízmintát gyűjtöttünk és dolgoztunk fel, valamint ezek adatai értékeltük ki. A pályázat ugyan 2024. novemberében lezárult, de ez az adatbázis messzemenően alkalmas arra, hogy a pályázat témájához kapcsolódóan a fenti cikkeken túl további publikációkat jelentessünk meg magas rangú nemzetközi folyóiratokban. (9.1) *Jelenleg egy review cikk* van megírás alatt, melynek központi témája, hogyan befolyásolja a kiszáradás és szárazodás bentikus algaközösségek szerkezetét (jellegek és funkcionális csoportok fókuszban). A 2010-es évek második felétől kezdődően egyre nő a kiszáradó vizekkel kapcsolatos ismeretanyag. Ezt azonban a bevonatalkotó közösségekre vonatkozó kutatások nem igazán követik le, mai napig az éves szinten megjelenő cikkek töredéke foglalkozik csak ezen vizek mikroszkopikus fotoszintetizáló szervezeteivel. Ennek köszönhetően a kiszáradó kisvízfolyásokban zajló közösségszerkezeti változásokkal kapcsolatban, azaz hogy milyen taxonok és jellegek indikálják ezeket a vizeket, számos, egymásnak látszólag ellentmondó eredmény született a 2010-es évek második felében. Ennek többek között a korábbi ismerethiányból fakadó nem egységes mintavételi módszertan

az oka, azaz nem került feltüntetésre, hogy milyen hidrológiai fázisban, milyen áramlási viszonyok mellett került sor a mintavételekre. Emellett a cikkek döntő többsége a Mediterrán régióra fókuszál. A pályázathoz kapcsolódóan megjelent cikkünk (Várbíró et al., 2020) azonban rávilágított arra, hogy az egyes régiók között jelentős eltérés van. A kérdést tovább árnyalja az is, hogy a Mediterrán régióban elsősorban a kevésbé terhelt, kis trofitású, gyakran hegyvidéki vizeket vonták be a vizsgálatokba. A síkvidéki, mérsékelt övi kisvízfolyások azonban többségében tápanyaggal terheltek, gyakran mezőgazdasági területekkel, vagy településekkel övezve. Ez a trofitásbeli eltérés természetesen már önmagában, a szárazodás (áramlási viszonyok megváltozása) és a kiszáradás nélkül is alap közösségszerkezeti eltéréseket feltételez. A készülő cikkben ezeket szem előtt tartva mutatjuk be a témával kapcsolatos jelenleg rendelkezésre álló ismereteket. (9.2) A megírás alatt lévő *primary reserach paper kéziratunkban* egy, a pályázati támogatásnak köszönhetően született alföldi adatbázis (havi mintavétel, száraz fázis bevonva) elemzéseinek eredményeit mutatjuk be. Az alábbi ismereteket és eredményeket foglaltuk össze: (9.2.1) Az állandó és a kiszáradó vízfolyások (áramló fázis) között jelentős közösségszerkezeti eltéréseket mutattunk ki mind taxonómiai, mind jelleg szinten. Az állandó vízfolyások biológiai sokfélesége magasabb volt a kiszáradó vizekénél (taxonómiai és funkcionális metrikák). Ezzel szemben a kovaalga alapú minősítő indexek értékei a kiszáradó vizekben voltak nagyobbak. A (9.2.2) Kiszáradó vízfolyásokban az egyes fázisok (áramló, álló, száraz) közösségszerkezete csak taxonómiai szinten tért el egymástól, jelleg alapon nem. Nem volt kimutatható biodiverzitás változás a fázisok között. A vizsgált kovaalga indexek sem tértek el egymástól szignifikánsan. Ezek az eredmények egyértelműen azt mutatják, hogy a kiszáradó kisvízfolyásokat az állandóktól el kell különíteni a vízgazdálkodási gyakorlatban (monitorozó program). A jelenleg gyakorlatban használt, állandó vizekre kidolgozott metrikák megkötésekkel használhatók a kiszáradó vízfolyások állapotértékelése során. Bár jelen vizsgálatban nem tapasztaltunk funkcióvesztést a kiszáradás előrehaladtával, ez feltehetően csak azt jelenti, hogy a száraz fázis időtartalma nem lépte át az a küszöböt (száraz napok száma), ami már drasztikusan veszélyeztetné ezen vizek kovaalga közösségének biodiverzitását. A hőmérséklet növekedése és a csapadékeloszlás szélsőséges változása miatt (nyár száraz, meleg) várható a száraz fázis időtartalmának növekedése. Emiatt a küszöbérték meghatározása elengedhetetlen természetvédelmi, konzervációbiológiai szempontból.

A pályázat hazai vízfolyásokra vonatkozó eredményeit, azaz a klímaváltozás közösségszerkezetre, biológiai sokféleségre és az állapotértékelésben alkalmazott kovaalga indexekre gyakorolt hatását az 1. ábrán foglaltuk össze.

A pályázat közleményeihez a fent részletesen bemutatott cikkeken túl csatoljuk még a pályázat során született két PhD dolgozatot, valamint azt a öt cikket, melyek közvetlenül nem kapcsolódnak a projekt témájához, de melyekben a pályázat vezető kutatója kiemelt, általában utolsó szerző, a cikkek első szerzője pedig a projekt támogatásnak köszönhetően alkalmazva volt a pályázatban.

A pályázat költségtervével kapcsolatos megjegyzések

Az 5 év alatt a pályázatot költségvetésében az alábbi, a projekt szakmai megvalósulását nem befolyásoló eltérések voltak (éves beszámolók alapján összegezve): (1) A COVID járvány miatt számos nemzetközi konferenciát 2020-2021 évben nem tartottak meg, vagy elhalasztottak, ill. online tartottak meg. Így a külföldi konferencia részvételi költségek alatta maradtak a tervezettnél. Ugyanakkor a járványügyi korlátozások (zárlat) után évi gyakorisággal legalább egy nemzetközi konferencián előadást tartottunk a projekt eredményeiből. (2) A készletbeszerzési költségek az eredeti tervnél magasabbak voltak. Ez egyrészt az elmúlt 5 év inflációs mutatóival magyarázható. Továbbá a mintavétel évei kifejezetten aszályosak voltak. Ahhoz, hogy a pályázatban megfogalmazott kérdéseket meg tudjuk válaszolni, a jelenlegi szabványoktól eltérő, egyedi módszertant is alkalmaznunk kellett (egyidejűleg, ha volt nedves és száraz mederszakaszok mintázása; állóvízi és csörgedező szakaszok mintázása; stb.): alkalmanként ennek megfelelően nőtt az egy helyről vett minták száma. Így a fogyóeszköz és vegyszerköltségek is magasabbak voltak, mint alkalmankénti egy minta esetén. (3) A pályázat idejére teljes munkaidőben terveztünk kutatót alkalmazni. Ám külső tényezők miatt ez a pályázat második felében ebben a formában nem teljesült, csak részmunkaidőben foglalkoztattunk kutatókat. Ennek oka, hogy az érintett

kollégák saját pályázatokat nyertek el. A pályázat megvalósítását ez nem befolyásolta, egyrészt mert az érintett kollégák továbbra is aktívan részt vettek az adatok feldolgozásában, értékelésében, cikkírásban. Valamint a minták feldolgozásába, határozásba fiatal, fokozattal még nem rendelkező kollégákat, ill. mérnököt vontunk be. Ennek köszönhetően viszont a nem kutatói költségek emelkedtek meg.

A fenti változások alapvetően technikai változtatások voltak csak. A pályázat megvalósítását nem befolyásolták.

1. ábra A klímaváltozás hazai vízfolyások kovaalga közösségeire, biológiai sokféleségére és ökológiai állapotára gyakorolt hatása. (a) dombvidéki kiszáradó kisvízfolyások fázisai; (b) nagy folyók; (c) síkvidéki kiszáradó kisvízfolyások – részben Lukács et al. 2021 alapján; (d) síkvidéki állandó és kiszáradó kisvízfolyások; (e) síkvidéki kiszáradó kisvízfolyások fázisai.

