

## A fitoplankton közösség hosszútávú változásainak értékelése a fitoplankton funkcionális csoportjainak összetétele alapján a Stechlin-tóban (Németország)

Selmeczy Géza Balázs\*, Kajan Katarina\*\*, Szabó Beáta\*., Casper Peter\*\*\* és Padisák Judit\*.

\* Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Környezettudományi Intézet, Limnológia Tanszék, 8200 Veszprém, Egyetem u. 10. (E-mail: selmeczy.geza@gmail.com)

\*\* Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Cara Hadrijana 8/A, 31000 Osijek, Croatia

\*\*\* Department of Experimental Limnology, Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Alte Fischerhütte 2, 16775 Stechlin, Germany

\*\*\*\* MTA-PE Limnológiai Kutatócsoport, 8200, Veszprém, Egyetem u. 10.

### Kivonat

A Stechlin-tó eredendően egy mély, dimiktikus, oligotróf tó; melynek fitoplanktonjáról az 1950-es évektől kezdődően vannak adataink, azonban egybefüggő adatsor csak 1994-től áll rendelkezésre. Az utóbbi 20 év során lassú eutrofizáció tapasztalható a fitoplankton éves szukcessziója alapján: melynek jele a 2000-tól gyakorivá váló két csúcscsal megjelenő biomassza maximum a korábbi kizárólagos tavaszi csúcs helyett, valamint a fonalas cianobaktérium fajok növekvő dominanciája a nyári fitoplankton közösségben. A megfigyelt változások kiváltó okai nem ismertek, viszont szerepe lehet a felszín alatti vízutánpótlás esetleges megváltozásának, az üledékből származó belső terhelésnek és a klímaváltozásnak is. Munkánk során arra kerestük a választ, hogy a különböző morfo-funkcionális csoportosítások (FG, MFG, MBFG) Q indexszel történő értékelésével mennyire követhetők a megfigyelt változások, mely során az FG klasszifikáció adta a legpontosabb értékeket, igen érzékenyen reagálva a H1 kodonba tartozó fajok biomasszájának növekedésére.

### Kulcsszavak

Fitoplankton funkcionális csoportok, Q index, Stechlin-tó, hosszú távú fitoplankton adatsor, kodon

## Evaluation of long-term changes of the phytoplankton assemblages according to the morpho-functional groups in Lake Stechlin (Germany)

### Abstract

Basically, Lake Stechlin is a deep, dimictic, oligotrophic lake. Some qualitative data on the phytoplankton community are available starting from the 1950s, however, continuous dataset is available only from 1994. During the last 20 years signals of eutrophication were observed on the yearly succession: bimodal annual biomass replaced the previously registered solely spring maxima from 2000 and the dominance of filamentous cyanobacteria increased especially in the summer assemblages. The reason of the observed changes has not been known and might be attributable to several background processes such as changing groundwater inflow, nutrient loading from the sediments and climate change. Our aim was to evaluate the observed changes based on the assessment of morpho-functional classifications (FG, MFG, and MBFG) with Q index. FG classification shows the most precious values, which was most sensitive to the increased biomass of species belonging to the H1 codon.

### Keywords

Morpho-functional groups, Q index, Lake Stechlin, long-term phytoplankton dataset, codon

### BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

A fajok csoportosítása strukturális és funkcionális karakterisztikájuk alapján már hosszú ideje foglalkoztatja az ökológusokat, s ennek alapvető célja az ökoszisztéma funkciók és ökológiai szerepek jobb megértése (*Salmaso és Padisák 2007*). Eleinte a táplálkozási stratégiák csoportosításával hoztak létre klasszifikációkat, később egyre komplexebb és több összetevőt (méret, alak, habitat preferencia, taxonómiai kritériumok, stb.) tartalmazó csoportosítások jöttek létre. A fitoplankton ökológiában is több klasszifikáció jelent meg, melyek közül a leggyakrabban vizsgált az FG (*Functional Groups, Reynolds és társai 2002, Padisák és társai 2009*), az MFG (*Morpho-Functional Groups, Salmaso és Padisák 2007*) és az MBFG (*Morphologically Based Functional Groups, Kruk és társai 2010*). Mivel a környezeti paraméterek változásai egyszerre szelektálnak olyan fajcsoportokat, melyek hasonló életstratégiáik révén érzékenyek az adott paraméterre, ezért az említett klasszifikációk általában jobban alkalmazhatók monitoring vizsgálatok értékelésére, mint az egyes

fajok eltűnésének, megjelenésének és abundanciájának adatai (*Izaguirre és társai 2012, Abonyi és társai 2014*).

Az általunk vizsgált Stechlin-tóban lassú eutrofizációs folyamatok figyelhetők meg, melynek egyik legfőbb jele, hogy a nyári fitoplankton közösségben egyre nagyobb biomasszával jelentek meg fonalas cianobaktérium fajok (*Padisák és társai 2010*). Így munkánk során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a fent említett különböző morfo-funkcionális csoportosítások Q indexszel történő értékelésével mennyire követhetők a megfigyelt változások.

### ANYAG ÉS MÓDSZER

A Stechlin-tó egy dimiktikus, oligo-mezotróf, mély tó, melynek legnagyobb mélysége 69,5 méter, területe pedig 4,25 km<sup>2</sup>. Az eufotikus zóna mélysége 20-25 méter között változik. A tó fitoplankton közössége a nyíltvízben egységesnek tekinthető (*Fuchs és társai 2016*), melyben tipikus a következő éves szukcesszió: a tavaszi fitoplankton közösséget a **B** kodonba tartozó fajok (például:



*Stephanodiscus neoastraea* Håkansson & Hickel) jellemzők, a nyári maximum során pedig a **H1** (tipikusak a *Dolichospermum* nemzetségbe tartozó fajok és az *Aphanizomenon flosaquae* Ralfs ex Bornet & Flahault) és **L<sub>0</sub>** (leginkább a Chroococcales rendbe tartozó taxonok és a *Ceratium hirundinella* (O.F.Müller) Dujardin jellemzők) csoportok dominánsak. A legtöbb év során a metalimnionban mélyrétegi maximumot okoznak a **Z** kodonba tartozó pikocianobaktérium fajok, például a *Cyanobium* sp..

A fitoplankton mintavétel a tó legmélyebb pontjánál az eufotikus zónából történt, úgy hogy a felszíntől az eufotikus zóna aljáig 5 méterenkénti alminták lettek összekeverve, majd lugol oldattal tartósítva. A mintavétel a nyári rétegzett időszakban kéthetente, az év többi részében pedig havonta az 1994 és 2014 közötti időszakban történt. A minták mikroszkópos elemzése *Uthermöhl (1958)* módszerrel történt. A minták fajonkénti abundancia adatait évenként átlagoltuk, majd a fajokat besoroltuk az FG, MFG, és MBFG klasszifikációk osztályaiba. Ezt követően minden csoportot 0-5 skálán osztályoztunk, aszerint hogy az adott osztályba tartozó fitoplankton fajok a tóra jellemző közösséget indikálnak-e. Azután pedig a Q indexet (*Padisák és társai 2006*) felhasználva kiszámoltuk az egyes évekre vonatkozó értékeket.

### EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKEKELÉS

A Stechlin-tó 21 éves vizsgálata alatt 273 fitoplankton taxon került elő, melyek az FG klasszifikáció 27 csoportját ölelik fel (a 40-ből), az MFG csoportosítás szerint 29 osztályba tartoznak (a 31-ből), továbbá az MBFG klasszifikáció mind a 7 osztályába kerültek fajok a tó faj-

készletéből. Mindhárom klasszifikáció alapján történt értékelés a legtöbb évben a kiváló kategóriába sorolta a fitoplankton közösség állapotát (*1. táblázat*). Az 1998-as év rosszabb eredményeit a *Planktothrix rubescens* (De candolle ex Gomont) Anagnostidis & Komárek kiugró abundancia értékei (*Padisák és társai 2003*) okozták. A 2000-től jellemző éves biomassa bimodális eloszlása nem csökkentette a Q index értékeit az első években, mivel a *Ceratium hirundinella* adta a nyári biomassa jelentős részét, mely a tóban korábban is megtalálható volt. 2005/2006-tól kezdődően, azonban a nyári időszakban, valamint az utóbbi években ősszel is egyre gyakrabban megjelenő heterocitás cianobaktériumok, főként *Dolichospermum* fajok és az *Aphanizomenon flosaquae* lettek dominánsak, melyek a kiválnál gyengébb értékek megjelenéséért felelősek. A legrosszabb értékeket a 2010-es évben kaptuk, melyet az *Aphanizomenon flosaquae* dominanciája jellemzett. A faj a nyári időszakban elérte a 2381  $\mu\text{g L}^{-1}$  biomasszát is, mely az összbiomassa 91 százaléka volt. A Stechlin-tó fitoplankton közösségének változásait mindhárom klasszifikáció viszonylag hasonlóan követi, de a megfigyelt változásokkal leginkább az FG klasszifikáció alapján történő értékelés egyezik, mely a legérzékenyebben reagált a **H1** kodonba tartozó fajok megjelenésére. A változások fitoplankton alapján történő értékelése konzisztens azzal, amit az epilimnionos diatómák elemzése alapján kaptak (*Szabó és társai, 2017*). Fontos azonban megemlíteni, hogy a megfigyelt változások kiváltó okai nem ismertek, többlet tápanyagbejutás nem mutatható ki, viszont szerepe lehet a felszín alatti vízutánpótlás esetleges megváltozásának, a belső terhelésnek és a klímaváltozásnak is.

1. táblázat. FG, MFG és MBFG csoportosítások értékelésének eredménye Q indexszel az 1994-2014-es időszakban  
Table 1. Results of assessment of FG, MFG and MBFG groupings with Q index during the 1994-2014 period

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
FG	4,74	4,78	4,50	4,54	3,65	4,66	4,32	Kiváló
MFG	4,32	4,42	4,28	4,21	3,54	4,22	4,19	
MBFG	4,61	4,62	4,49	4,46	3,65	4,48	4,39	
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Jó
FG	4,60	4,60	4,65	4,42	4,50	3,96	3,68	Közepes
MFG	4,25	4,25	4,35	4,30	4,23	4,06	3,98	
MBFG	4,49	4,54	4,60	4,46	4,46	4,16	4,06	
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
FG	4,25	3,48	2,74	3,69	4,00	3,85	3,81	
MFG	4,14	3,95	3,66	4,00	4,07	3,84	4,07	
MBFG	4,33	3,94	3,48	4,10	4,27	4,09	4,15	

### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetüket fejezik ki a terepi munkálatok elvégzésében nyújtott nélkülözhetetlen segítségükért a

következő kollégáknak: Monika Papke, Michael Sachtleben, Ute Beyer, Elke Zwirnmann, Uta Mallok és Marén Lentz.



## IRODALOMJEGYZÉK

Abonyi A., Leitão M., Stanković I., Borics G., Várbiro G., Padisák J. (2014). A large river (River Loire, France) survey to compare phytoplankton functional approaches: do they display river zones in similar ways? *Ecological Indicators*, 46:11–22.

Fuchs A., Selmeczy G. B., Kasprzak P., Padisák J., Casper P. (2016). Coincidence of sedimentation peaks with diatom blooms, wind, and calcite precipitation measured in high resolution by a multi-trap. *Hydrobiologia*, 763:329–344.

Izaguirre I., Allende L., Escaray R., Bustingorry J., Pérez G., Tell G. (2012). Comparison of morpho-functional phytoplankton classifications in human-impacted shallow lakes with different stable states. *Hydrobiologia*, 698: 203–216.

Kruk C., Huszar V. L. M., Peeters E. T. H. M., Bonilla S., Costa L., Lürling M., Reynolds C. S., Scheffer M. (2010). A morphological classification capturing functional variation in phytoplankton. *Freshwater Biology*, 55:614–627.

Padisák J., Borics G., Grigorszky I., Soróczki-Pintér É. (2006). Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive: the assemblage index. *Hydrobiologia*, 553:1–14.

Padisák J., Crossetti L. O., Naselli-Flores L. (2009). Use and misuse in the application of the phytoplankton

functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia*, 621:1–19.

Padisák J., Hajnal É., Krienitz L., Lakner J., Üveges V. (2010). Rarity, ecological memory, rate of floral change in phytoplankton – and the mystery of the Red Cock. *Hydrobiologia* 653:45–64.

Padisák J., Scheffler W., Kasprzak P., Koschel R., Krienitz L. (2003). Interannual variability in the phytoplankton composition of Lake Stechlin (1994–2000). *Archiv für Hydrobiologie, Special Issues, Advances in Limnology* 58:101–133.

Reynolds C. S., Huszar V., Kruk C., Naselli-Flores L., Melo S. (2002). Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, 24:417–428.

Salmaso N., Padisák J. (2007). Morpho-Functional Groups and phytoplankton development in two deep lakes (Lake Garda, Italy and Lake Stechlin, Germany) *Hydrobiologia* 578:97–112.

Szabó B., Padisák J., Selmeczy G. B., Krienitz L., Casper P., Stenger-Kovács C. (2017). Spatial and temporal patterns of benthic diatom flora in Lake Stechlin, Germany. *Turkish Journal Of Botany* 41:211–222.

Utermöhl H. (1958). Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitteilungen der internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 9:1–38.

## A SZERZŐK



**SELMECZY GÉZA BALÁZS** Egyetemi tanársegéd a Pannon Egyetem, Limnológia Intézeti Tanszékén. Kutatási területe: fitoplankton ökológia édes és brakvizekben, mélyrétegi maximum ökológiája, a globális klímaváltozás hatása tavi fitoplankton közösségre, fitoplankton ökológiai vizsgálatok mezokozmosz kísérletekben, makroszkópikus gerinctelenek és az avarlebontás kapcsolata. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja 2010 óta.

**KATARINA KAJAN** Egyetemi hallgató, J. J. Strossmayer Egyetem, Biológia Tanszék, Eszék, Horvátország. Kutatási terület: Fitoplankton ökológia édes vizekben.

**SZABÓ BEÁTA** Tudományos segédmunkatárs, MTA-PE, Limnoökológiai Kutatócsoport 8200 Veszprém, Egyetem utca 10. Kutatási területe a diatóma diverzitás és fajösszetétel vizsgálat különböző ökoszisztémákban, felszíni vizek ökológiai állapotbecslése

diatóma indexekkel, alga tenyésztés és ökofiziológiai vizsgálatok, illetve az adatelemzéshez szükséges biostatistikai módszerek alkalmazása. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja 2015 óta.

**PETER CASPER** Vezető kutató. Üledékbiológiai csoport, Kísérleti Limnológia Tanszék, Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Neuglobsow, Németország. Kutatási területe a mikrobiológiai folyamatok vizsgálata üledékekben, üvegházhatású gáz-áramok üledék/víz határfelületeken.

**PADISÁK JUDIT** MTA doktora, egyetemi tanár, intézetigazgató, Pannon Egyetem, Limnológia Intézeti Tanszék. Kutatási területe fitoplankton társulásökológia. A Balaton és a Stechlin-tó fitoplanktonjának hosszútávú változásai. Trópusi tavak, tározók fitoplanktonjának ökológiai jellemvonásai. A globális klímaváltozás hatása a fitoplanktonra. Magyarország folyó és állóvizeinek ökológiai állapota a Víz Keretirányelv alapján. A Magyar Hidrológiai Társaság Tagja 1981 óta.