

A Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer II. ütemének (Fenéki-tó) kémiai- anyagforgalmi monitoringja 2015-2018 között

Méhes Nikoletta* – Mátyás Kálmán

Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, Vízvédelmi és Vízyűjtő-gazdálkodási Osztály,
Vízvédelmi Laboratórium, 8360 Keszthely, Csík Ferenc sétány 4.

* mehes.nikoletta@nyuduvizig.hu

Kivonat

A KBVR kémiai-anyagforgalmi monitoring rendszer célja, hogy információt kapjunk a KBVR egyes funkcionális egységeinek aktuális vízminőségi állapotáról és a tápanyag-eltávolítási hatékonyságáról, amelyek segítik az üzemirányítást. 2015 nyarától végzünk vízminőségi vizsgálatokat a monitoring rendszer keretében a KBVR II. ütem területén. A mintavételek öt helyen, kétheti gyakorisággal történnek, amit követően az általános vízkémiai vizsgálatok mellett fito- és zooplankton biomassa méréseket is végzünk.

Az I. ütem (Hídvégi-tó) területéről planktonban gazdag és tápanyagban még mindig relatíve magas koncentrációjú víz érkezik a második ütem területére. A tápanyagok egy része fokozatosan kiülededik a Fenéki-tóban. A zoo- és fitoplankton biomassa is csökken Fenékpusztáig a folyásirány mentén. A fitoplankton mennyiségét vizsgálva látható, hogy kezdetben a Balatonhídvégihez hasonló volt, majd Fenékpusztá irányába jelentősen lecsökkent, miközben a szerkezete is megváltozott. A zooplankton szerkezeti összetételében is jelentős változások történtek a Fenéki-tó területén. A biomassa csökkenésével a kezdeti evezőlábú rák (Copepoda) dominancia eltűnt, ugyanakkor a Rotatoria fajok száma és biomasszája megnőtt. Ágascápú rák (Cladocera) dominancia csak időszakosan fordult elő, általában a nyári időszakban, különösen a tó „belső” mintavételi helyein, pl. az Ördög-sziget mellett. Valószínű, hogy ez utóbbi mintavételi hely a fő áramlási vonaltól kívül eső önálló „mozaikrészt” képez. A Balatonba jutó víz mind fito-, mind zooplanktonban szegény volt.

2017 nyarán kékalgás vízvirágzásokat figyeltünk meg a Fenéki-tóban, ami korábban nem volt jellemző. Ezeket a trópusi eredetű *Cylindrospermopsis raciborskii* faj okozta. A jelenség a kedvezőtlen ökológia körülményeknek (alacsony vízszint, szárazság, magas vízhőmérséklet) volt köszönhető. 2018-ban kékalgás vízvirágzások már nem fordultak elő a Fenéki-tó területén és a vízminőségi mutatók is jelentősen javultak.

Kulcsszavak: Kis-Balaton, tápanyag, klorofill-a, fitoplankton, zooplankton

Bevezetés

A Balaton vízminőségvédelmét célzó intézkedések egyik lényeges eleme volt a Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer (továbbiakban KBVR) létrehozása, melynek fő feladata a Zala folyón keresztül a Balatonba érkező külső tápanyagterhelés visszatartása (Pomogyi 1993). A KBVR I. üteme, a Hídvégi-tó 1985 nyara óta működik, mely sekély (~1,1 m átlagos

mélységű), 18 km² vízfelülettel rendelkező, főként algák által dominált hipertróf tó. A II. ütem (Fenéki-tó) Ingói-berek része 1992 novemberétől kezdődően került elárasztásra (Tátrai et al. 2000), de csak 2015-ben fejeződött be a II. ütem teljes rekonstrukciója. Az I. ütemtől eltérően, a Fenéki-tó vízi növényzet (főként nád [*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.]) által dominált mocsaras terület, mely kevés nyílt vízfelülettel rendelkezik.

2015-től kezdődően működik rugalmas üzemirányítási lehetőségekkel a KBVR, melynek célja, a tápanyag-eltávolítási és természetvédelmi-ökológiai szempontból optimalizált üzemállapot megvalósítása.

A KBVR területén több hazai intézmény szakemberei végeznek részletes és sokirányú ökológiai, talajtani, hidrológiai kutatómunkákat. Ezen intézetek közül a Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság Vízvédelmi Laboratóriuma 1985 óta monitoringszerűen vizsgálja a KBVR vízminőség-változásait. A 2015-től érvényes ideiglenes üzemirányítási szabályzatban foglaltaknak megfelelően a KBVR biomonitoring rendszerét az operatív és felügyeleti monitoring alkotja. Az operatív monitoring rendszer foglalja magába a kémiai-anyagforgalmi monitoring alrendszert, melyben azon paraméterek vizsgálata történik, amelyek néhány napon belül gyorsan változhatnak, havária helyzetet jelezhetnek, valamint a KBVR működési egységeinek állapotát jelzik. Ennél fogva a kémiai-anyagforgalmi monitoring alrendszer azzal a céllal működik, hogy információt adjon az egyes funkcionális egységek aktuális vízminőségi állapotáról és a tápanyag-eltávolítási hatékonyságáról, amelyek segítik az üzemirányítást és az éves üzemrend felülvizsgálatát.

Tanulmányunkban a KBVR II. ütemén, 2015-2018 között történő kémiai-anyagforgalmi monitoring néhány fontosabb tápanyagforgalmi (összes nitrogén, összes foszfor, összes lebegőanyag, klorofill-a, összes szerves szén-koncentráció) és biológiai (fito- és zooplankton biomassa) paramétereinek az eredményeit mutatjuk be.

Anyag és módszer

A KBVR új kémiai-anyagforgalmi monitoring programja 2015 júliusában kezdődött. 2015. augusztus 17-től ideiglenesen „by-pass” üzemrend szerint, rövidített úton továbbították a Zala vizét a Balatonba a KBVR területén keresztül. A „by-pass” üzem az I. ütemen október 8-án, a II. ütemen szeptember 8-án fejeződött be. A továbbiakban a normál téli és nyári üzemállapotnak megfelelően üzemelt a KBVR.

A legfontosabb tápanyagforgalmi mutatókat (1. táblázat) napi gyakorisággal mértük a Zala balatonhídvégi (z11) és fenékpusztai mintavételi helyein (z27), valamint kéthetente a Fenéki-tó öt mintavételi helyén (1. ábra, 2. táblázat). A tápanyagforgalmi paraméterek mérése a Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság akkreditált Vízvédelmi Laboratóriumában történt, a megfelelő vízvizsgálati szabványoknak (1. táblázat) megfelelően.

A fito- és zooplankton biomassa vizsgálatokhoz a mintavételt a vegetációs időszakban márciustól októberig kéthetente végeztük a KBVR mintavételi helyein (1. ábra és 2. táblázat). A fitoplankton mintavétel merítéssel, a zooplankton mintavétel planktonszűrő használatával (2×10 liter víz, 63 µm lyukbőségű hálón szűrve) történt. A plankton mintákat Lugol-oldattal tartósítottuk. A fitoplankton biomassa becslését Utermöhl-módszerrel, a zooplankton

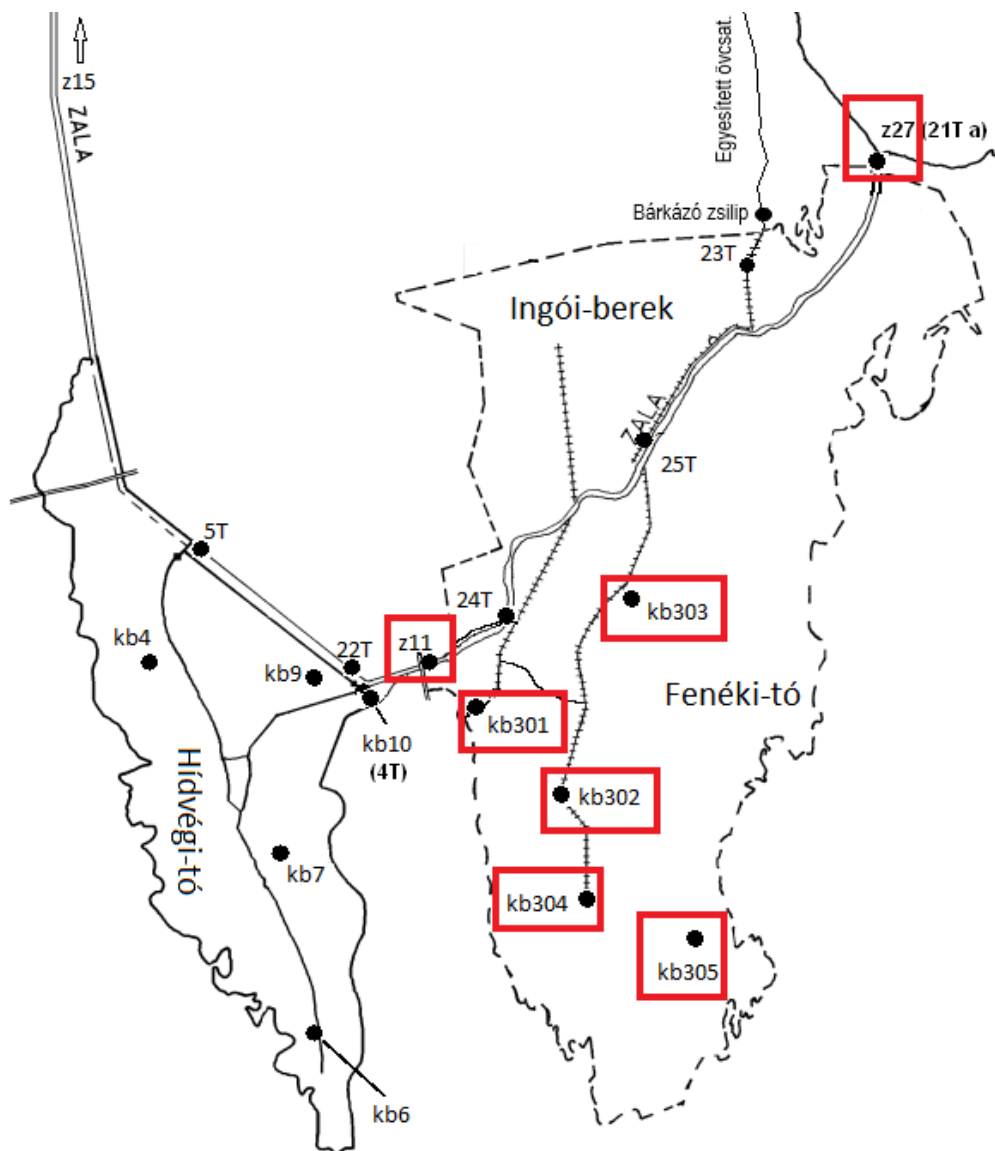
biomassza becslését a testhossz-tömeg összefüggés alapján végeztük. Az azonosított fajok nagy száma miatt az eredmények szemléltetéséhez nagyobb taxonómiai csoportokba vontuk össze adatainkat (3. táblázat).

1. táblázat. A kémiai-anyagforgalmi monitoring során vizsgált fontosabb jellemzők és vizsgálati módszerük, illetve szabványuk.

Rövidítés	A vizsgált paraméter	A vizsgálat módszere/szabványa
ÖN	Összes nitrogén koncentráció	MSZ 12750-20:1972
ÖP	Összes foszfor koncentráció	MSZ 448-18:2009
Összleb	Összes lebegőanyag koncentráció	MSZ 12750-6:1971
TOC	Összes szerves szén koncentráció	MSZ EN 1484:1998
klorofill-a	Klorofill-a koncentráció	MSZ ISO 10260:1993
fitoplankton	Fitoplankton biomassza	Utermöhl (1958)
zooplankton	Zooplankton biomassza	Downing & Rigler (1984)

2. táblázat. Mintavételi helyek a Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer II. ütem területén, valamint a Zalán.

Sorszám a fő folyásirány szerint	Kód	A mintavételi helyek elnevezése
1	z11	Zala folyó, Balatonhídvég közúti híd
2	kb301	Kis-Balaton II. ütem, Fenéki-tó, 29T-műtárgy
3	kb302	Kis-Balaton II. ütem, Fenéki-tó, 28T-műtárgy
4	kb304	Kis-Balaton II. ütem, Fenéki-tó, 2. terelőtöltés vége
5	kb305	Kis-Balaton II. ütem, Fenéki-tó, Ördögsziget áramlásjavító csatorna
6	kb303	Kis-Balaton II. ütem, Fenéki-tó, Zala-Somogyi határárok a 2. terelőtöltésnél
7	z27	Zala folyó, Fenékpuszta, 21T műtárgy alatt



1. ábra. Mintavételi helyek a Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer területén, valamint a Zalán (a mintavételi helyek kódjait a 2. táblázat tartalmazza).

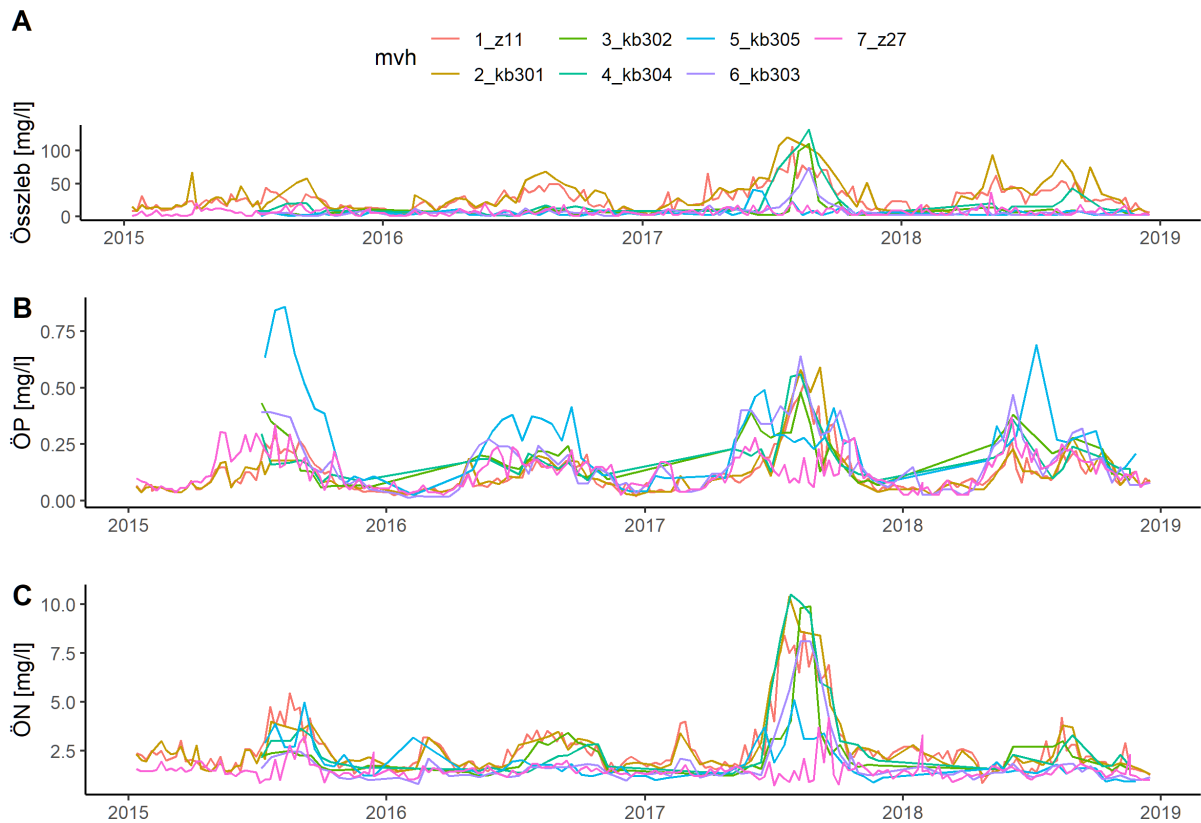
Eredmények és értékelésük

Balatonhídvégtől (z11) a fő folyásirány mentén csökkent a lebegőanyag koncentrációja (2/A ábra), azonban 2017-ben a melegvízi időszakban a II. ütem belső területein (kb302, kb304, kb305, kb303) a korábbiakhoz képest nagyságrendekkel magasabb koncentrációkat mértünk.

Az összes foszfor (ÖP), valamint az összes nitrogén (ÖN) koncentrációk változásai erőteljes szezonalitást mutattak, különösen a z11-es mintavételi helyen. ÖP esetén a hidegvízi időszakok 0,1 mg/l alatti értékei 2015 és 2016 nyarán 0,25 mg/l értékig emelkedtek, kivéve a

kb305-ös mintavételi helyen, ahol 0,75 mg/l feletti értéket is mértünk. 2017-től a melegvízi időszakokban már gyakran mértünk 0,35 mg/l feletti értékeket is (2/B. ábra).

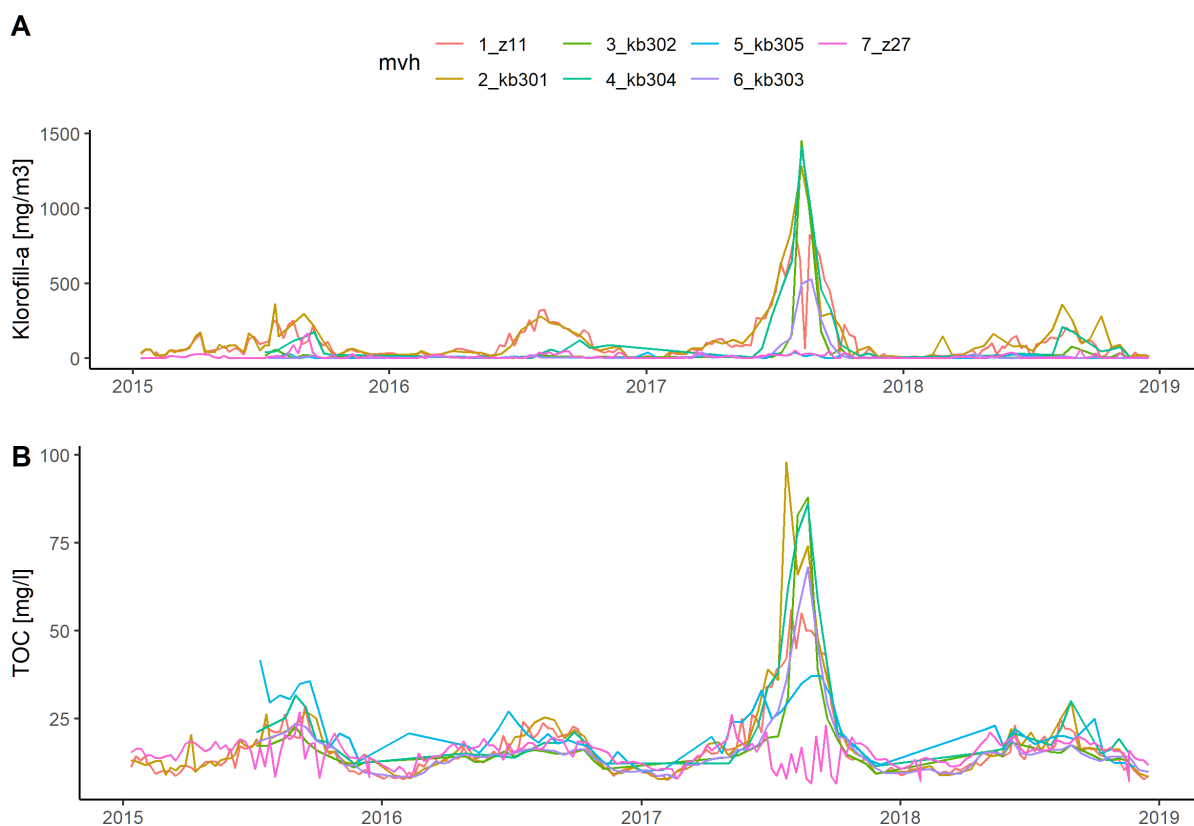
ÖN esetén 2015-2018 közötti időszakban általában 1,2-5 mg/l közötti koncentrációkat mértünk a mintavételi helyeken, kivéve 2017 nyarát, amikor 10 mg/l feletti értékeket is mértünk (2/C. ábra).



2. ábra. Az összes lebegőanyag (A), összes foszfor (B) és összes nitrogén (C) koncentráció változása a KBVR II. ütem mintavételi helyein 2015-2018 között (mvh: a mintavételi helyek kódjait a 2. táblázat tartalmazza).

A klorofill-a (3/A. ábra) és az összes szerves szén (TOC) koncentráció (3/B. ábra) esetében is hasonló változásokat figyelhettünk meg. 2015 augusztusától, a „by-pass” üzemrend kezdetétől Fenépusztán (z27) megnövekedett a klorofill-a és a TOC koncentráció, ami a normál üzemiállapotra történő visszatérés után lecsökkent. 2017-ben a klorofill-a koncentráció a melegvízi időszakban néhány esetben extrém magas, az 1000 mg/m³ értéket is meghaladó, a korábbiakhoz képest 4-5-ször magasabb értékeket mértünk májustól kezdődően. A TOC esetén is megfigyelhettük ezt a tendenciát.

Mindegyik vizsgált tápanyagforgalmi változó esetében megfigyeltük, hogy a Balatonhídvégen (z11) és a Fenéki-tó befolyó szakaszán (kb301) magas koncentrációk a fő folyásirány mentén fokozatosan csökkentek, így Fenépusztánál (z27) mértük a legalacsonyabb értékeket az esetek döntő hányadában.



3. ábra. A klorofill-a (A) és az összes szerves szén (B) koncentráció változása a KBVR II. ütem mintavételi helyein 2015-2018 között (mvh: a mintavételi helyek kódjait a 2. táblázat tartalmazza).

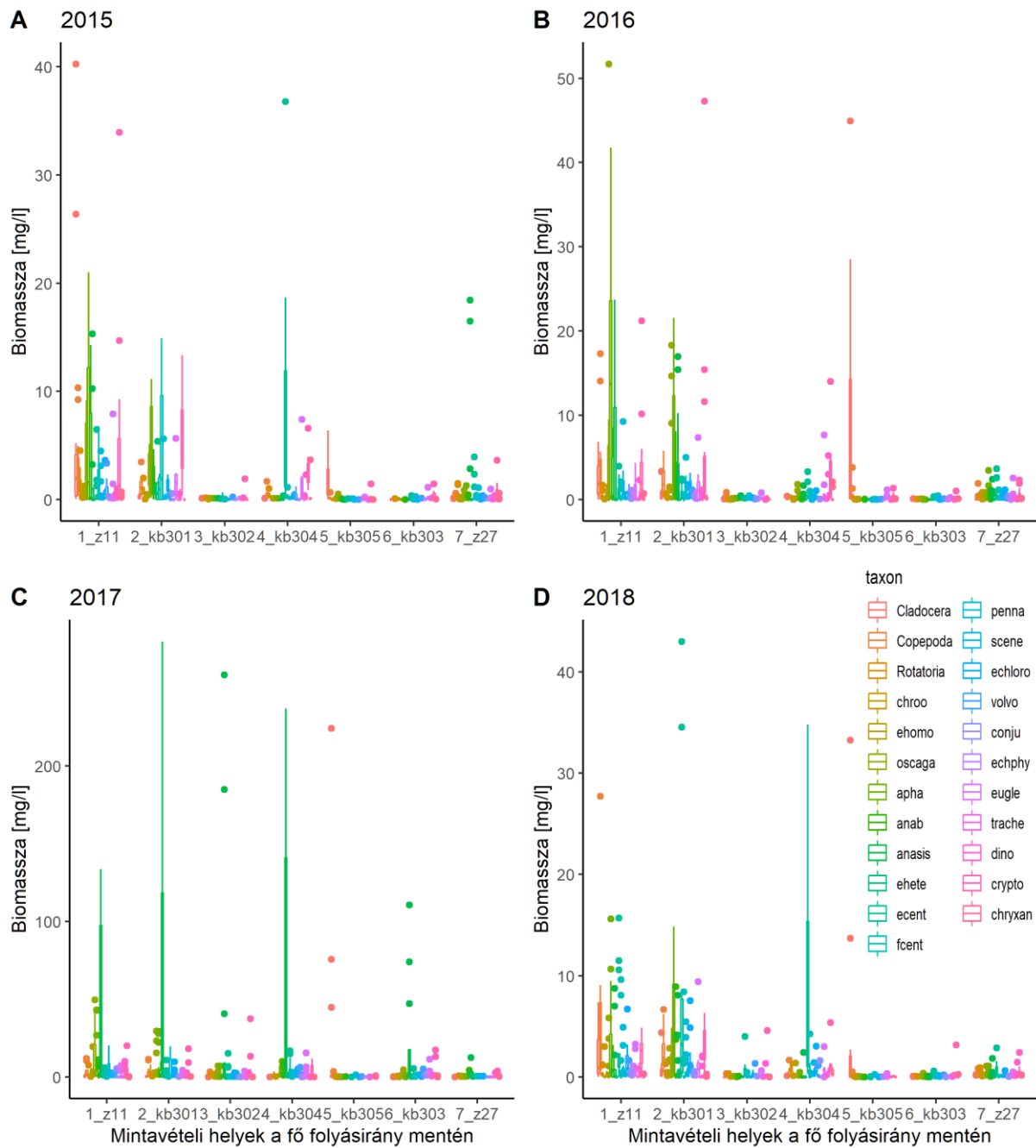
A Zalán tápanyagban gazdag, de planktonban szegény víz érkezik általában a Hídvégtóba. A rendelkezésre álló tápanyagnak, a jó fényviszonyoknak és a vízsebesség csökkenésének köszönhetően mind a fito-, mind a zooplankton mennyisége nagyságrendekkel megnő az I. ütem területén (Mátyás et al. 2004).

A z11-es és kb301-es mintavételi helyek plankton biomasszája és taxon-összetétele 2015 és 2018 között hasonlóan alakult. Ezeken a helyeken 2015-ben és 2016-ban az *Aphanizomenon* sp. (apha), *Anabaena* sp. (anab), valamint a *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju (anasis) nitrogénkötő kéalgák dominanciája volt jellemző, míg a Fenéki-tó belső területein az egysejtű és fonalas Centrales (ecent, fcent) kovaalgák, valamint a *Cryptomonas* fajok fordultak elő nagyobb mennyiségben. 2015 augusztusában, a „by-pass” üzemelés alatt kiugró fitoplankton biomassza értékeket mértünk, amit a korábban említett nitrogénkötő kéalgák jelenléte okozott. A normál üzemrendre történő visszaállás után a fitoplankton biomassza is csökkent, így a Balatonba a továbbiakban már planktonban szegény víz jutott (4/A ábra). A zooplankton összetételében jelentős változások voltak megfigyelhetők a Fenéki-tó belső területein. A biomassza csökkenésével a kezdeti evezőlábú rák (Copepoda) dominancia eltűnt, ugyanakkor a kerekeshéreg (Rotatoria) fajok száma és biomasszája megnőtt.

2016-ban a kb304 mintavételi helyen, ahol a fitoplankton biomassa valamelyest megnőtt azonban a fajszerkezet a Fenéki-tó bevezető szakaszához képest (z11, kb301) teljesen eltérő volt. A kép alapján úgy tűnik, hogy ez a mintavételi hely önálló, áramlástól kevésbé befolyásolt terület. A kb305-ös mintavételi helyen kiugróan magas Cladocera biomassa értékeket mértünk, amit a *Daphnia pulex* Leydig, 1860 ágascsapú rák jelenléte okozott. Valószínű, hogy a mintavételi hely a főbb áramlási vonalaktól távolabb esik, így önálló „mozaikrészt” képez a Fenéki-tavon.

A 2017-es évben mind a tápanyagforgalmi, mind a biológiai paraméterek esetén a korábbiakban nem tapasztalt, extrém magas értékeket mértünk (2., 3., 4/C ábrák, 3. táblázat). A fitoplankton mennyisége és szerkezete a Fenéki-tó belső mintavételi helyein a z11 és a kb301 mintavételi helyeken tapasztaltakat tükrözte: magas biomassa, nyári kéalgás vízvirágzások, *Cylindrospermopsis raciborskii* (anasis) tömegprodukcói. A kb305 Cladocera biomassája a 2016-os évhez hasonlóan alakult, a fitoplankton biomassa alacsony értékeket mutatott. A Balatonba fito- és zooplanktonban szegény víz jutott (4/C ábra).

2018-ban a fitoplankton mennyisége és a kéalgák részaránya is jóval kisebb volt az előző évhez képest. A z11 és kb301 mintavételi helyeken kezdetben a nitrogénkötő *Aphanizomenon* sp., később a *Planktotrix agardhii* dominált. A mintavételi helyekre jellemző volt a balatoni fecskemoszat (*Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Dujardin, 1841) megjelenése, amely korábban csak ritkán fordult elő és mezotróf vízminőséget jelez (Wiśniewska & Paczuska 2013). Augusztusban a kb301-en és a kb304-en egysejtű Centrales kovaalga tömegprodukción figyeltünk meg, kéalgák alig fordultak elő a Fenéki-tó belső mintavételi helyein. A zooplankton biomassa a z11-en és kb301-en még relatíve magas volt, Copepoda dominanciával. A belső mintavételi helyeken (kb302, kb304, kb303) a zooplankton mennyisége jelentősen lecsökkent, a Cladocera plankton gyakorlatilag eltűnt, kivéve a kb305-ön májusban, amikor a *Daphnia pulex* nagy mennyiségben megjelent a zooplanktonban. A Balatonba jutó víz ebben az évben is algában és zooplanktonban szegény volt (4/D ábra).



4. ábra. A fito és zooplankton biomassza változásai a Zalán és a Fenéki-tóban 2015-ben (A), 2016-ban (B), 2017-ben (C), valamint 2018-ban (D) a fő folyásirány mentén (a mintavételi helyek kódjait a 2. táblázat, a taxonok rövidítéseit a 3. táblázat tartalmazza).

3. táblázat. A fito- és zooplankton évenkénti átlagos biomasszája taxononkénti bontásban a Zala és a Fenéki-tó mintavételi helyein.

	Rövidítés	Taxon neve	Évenkénti átlagos biomassza (mg/l)			
			2015	2016	2017	2018
zooplankton	Cladocera	Cladocera (ágascsapú rákok)	1,710	2,047	3,592	1,183
	Copepoda	Copepoda (evezőlábú rákok)	1,055	1,146	1,280	1,538
	Rotatoria	Rotatoria (kerekesférgek)	0,549	0,170	0,762	0,238
fitoplankton	chroo	Chroococcales	0,010	0,014	0,042	0,076
	ehomo	Egyéb Homocystineae	0,074	0,148	0,533	0,149
	oscaga	<i>Oscillatoria agardhii</i>	1,160	1,378	3,413	0,354
	apha	<i>Aphanizomenon</i> sp.	1,861	3,439	2,653	1,350
	anab	<i>Anabaena</i> sp.	1,092	0,724	0,841	0,417
	anasis	<i>Anabaenopsis</i> sp.	1,208	1,593	36,518	0,499
	ehete	Egyéb Heterocystineae	0,139	0,001	0,035	0,006
	ecent	Egysejtű Centrales	1,513	0,449	1,389	3,265
	fcent	Fonals Centrales	0,861	0,120	0,042	0,501
	penna	Pennales	0,342	0,511	1,651	0,407
	scene	<i>Scenedesmus</i> sp.	0,060	0,111	0,224	0,180
	echloro	Egyéb Chlorococcales	0,339	0,313	0,438	0,709
	volvo	Volvocales	0,266	0,191	0,360	0,233
	conju	Conjugatophyceae	0,013	0,023	0,067	0,056
	echphy	Egyéb Chlorophyta	0,000	0,019	0,002	0,014
	eugle	Euglena csoport	0,617	0,610	0,807	0,517
	trache	Trachelomonas csoport	0,022	0,002	0,004	0,016
	dino	Dinoflagellatae	0,144	0,185	0,415	0,220
	crypto	Cryptophyta	2,387	2,153	2,697	1,310
	chryxan	Chrysophyceae+Xanthophyceae	0,104	0,093	0,036	0,064

Összefoglalás

A KBVR fő feladatai közül a legfontosabb, hogy a Zalán és a mellékvízfolyásain érkező lebegőanyagot és a hozzákötött tápanyagot kiülepítse, és csapdaként tárolja (VIZITERV, 1984). A tápanyag visszatartás alapvető folyamata abban áll, hogy a Zalán érkező oldott növényi tápanyagokat a Hídvégi-tó algái gyorsan felveszik, aminek köszönhetően az oldott ortofoszfát és a nitrát-nitrogén koncentrációja jelentősen csökken, a partikulált és az oldott szerves tápanyagok részaránya viszont jelentősen megnő (Pomogyi, 1991). E folyamatok eredményeképpen a Hídvégi tavat nagy mennyiségű szerves anyag (főleg alga) hagyja el. A tározóban képződő, formált szerves anyag 1993-ig közvetlenül a Balatonba jutott, 1993-tól azonban a II. ütem részlegesen elárasztott területének (Ingói-berek), majd a 2015-től teljesen elkészült Fenéki-tó üzembe helyezésével, a Balaton alga eredetű terhelése megszűnt, mivel a területen lévő magasabbrendű növényzet (nádas) árnyékoló hatása révén az algák nagy része kiüledik.

Az I. ütem (Hídvégi-tó) területéről, Balatonhídvégen keresztül planktonban gazdag és tápanyagban még mindig relatíve magas koncentrációjú víz érkezik a második ütem területére. A tápanyagok egy része fokozatosan kiüledik a Fenéki-tóban. A zoo- és fitoplankton biomassa is csökken Fenéktusztáig a folyásirány mentén. A fitoplankton mennyiségét vizsgálva látható, hogy kezdetben a Balatonhídvégihez hasonló volt, majd Fenéktusztára irányába jelentősen lecsökkent, miközben a szerkezete is megváltozott. A zooplankton szerkezeti összetételében is jelentős változások történtek a Fenéki-tó területén. A biomassa csökkenésével a kezdeti evezőlábú rák (Copepoda) dominancia eltűnt, ugyanakkor a Rotatoria fajok száma és biomasszája megnőtt. Ágascápú rák (Cladocera) dominancia csak időszakosan fordult elő, általában a nyári időszakban, különösen a tó „belső” mintavételi helyein, pl. az Ördög-sziget mellett. Valószínű, hogy ez utóbbi mintavételi hely a fő áramlási vonaltól kívül eső önálló „mozaikrészt” képez. A Balatonba jutó víz mind fito-, mind zooplanktonban szegény volt.

2015 nyár végén a KBVR „by-pass” üzemeltetése alatt Fenéktusztán magasabb klorofill-a és fitoplankton biomassa értékeket mértünk, amik a normál üzemrendre történő visszatérés után a korábbiakban megfigyelt értékekre csökkentek.

2017 nyarán kékalgás vízvirágzásokat figyeltünk meg a Fenéki-tóban, ami korábban nem volt jellemző. Ezeket a trópusi eredetű *Cylindrospermopsis raciborskii* faj okozta. A jelenség a kedvezőtlen ökológia körülményeknek (alacsony vízszint, szárazság, magas vízhőmérséklet) volt köszönhető. 2018-ban kékalgás vízvirágzások már nem fordultak elő a Fenéki-tó területén és a vízminőségi mutatók is jelentősen javultak.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk köszönetet mondani a NYUDUVIZIG Vízügyi Laboratórium dolgozóinak az egész évben nyújtott kimagasló szakmai munkájukért.

Irodalom

- Downing, J. A., & F. H. Rigler [Eds.]. 1984. A manual on methods for the assessment of secondary production in fresh waters, IBP Handbook No. 17, 2nd edition. Blackwell Sci. Publ., Oxford. 500 pp.
- Mátyás, K., Korponai, J., Tátrai, I. Paulovits, G., 2004. Long term effect of Cyprinid fishes on phytoplankton and zooplankton communities in a shallow water protection reservoir. *International Review of Hydrobiology* 89: 68-78.
- MSZ 448-18:2009. Ivóvízvizsgálat. 18. rész: Az ortofoszfát és az összes foszfor meghatározása spektrofotometriás módszerrel. 5 pp.
- MSZ 12750-6:1971. Felszíni vizek vizsgálata. Összes oldott- és lebegőanyag-tartalom meghatározása. 3 pp.
- MSZ 12750-20:1972. Felszíni vizek vizsgálata. Összes és szerves nitrogén meghatározása. 6 pp.
- MSZ EN 1484:1998. Vízelemzés. Az összes szerves széntartalom (TOC) és az oldott szerves széntartalom (DOC) meghatározásának irányelvei. 14 pp.
- MSZ ISO 10260:1993. vízminőség. A biokémiai paraméterek mérése. Az a-klorofill-koncentráció spektrofotometriás meghatározása. 7 pp.
- Pomogyi, P., 1991. A Kis-Balaton Védőrendszer kémiai, biológiai, anyagforgalmi vizsgálatai. Összefoglaló jelentés az 1985-1990 közötti kutatásokról. NYUVIZIG-KÜM, Szombathely-Keszthely.
- Pomogyi, P., 1993. Nutrient retention by the Kis-Balaton water protection system. *Hydrobiologia* 251: 309–320.
- Tátrai, I., Kálmán, M., Korponai, J., Paulovits, G., Pomogyi, P., 2000. The role of the Kis-Balaton Water Protection System in the control of water quality of Lake Balaton, *Ecological Engineering* 16: 73–78.
- Utermöhl, H., 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-methodik. *Mitt. int. Verein. theor, angew. Limnol.*, 9: 5-46.
- VIZITERV 1984: Kis-Balaton Védőrendszer. Összefoglaló ismertetés, VTV, Budapest, 1984 35 pp.
- Wiśniewska, Marzena & Paczuska, Bogna. (2013). Dynamics of the phytoplankton community in mesotrophic Lake Borwno. *Oceanological and Hydrobiological Studies*. 42: 202-208.