

Halastavak hidrobiológiai vizsgálata a Balaton déli vízgyűjtőjén

Körmendi Sándor*

Abstract **Hydrobiological research of fish ponds on the southern catchment area of Lake Balaton.** This article is designed to bind former fish production in fish ponds in the south basin of Lake Balaton to the present work, and thus provide the basis for efficient, environmentally friendly technology and development. We also aim to illustrate the problems that can contribute to the solution of the protection of the waters of the southern basin of the lake and water quality.

Keywords hydrobiology • fish ponds • water quality • zooplankton

Bevezetés

A Balaton déli vízgyűjtőjén található halastavak vizsgálatát az akkori Balatoni Halászati Rt megbízásából 1996–2004. között végeztük.

A kutatási munka első szakaszában (1996–1999) a balatonlelle-irmapusztai, fonyód-zardavári, varászlói, buzsáki, marcali üzemegységekben elsősorban a halastavak tápanyagforgalmával, vízminőségének alakulásával, a természetes haltáplálékkészlet (zooplankton) dinamizmusával, kvalitatív és kvantitatív összetételével, a kacsahal rendszerek halhozamra és vízminőségre gyakorolt hatásaival és különböző takarmányozási rendszerekben a halnövekedés vizsgálatával foglalkoztunk más és más halnépesítési sűrűség, szerkezet és korosztály esetében.

2000–2003. között alapvető célkitűzésünk volt, hogy rendszeres hidrobiológiai vizsgálatokkal a halastavak, mint mesterségesen létesített és fenntartott vizek vízminőségét, annak változását monitorozzuk és adatokat szolgáltatassunk az ökológiai alapokon nyugvó, gazdaságos, környezetkímélő halgazdálkodás kialakításához, valamint vizsgáljuk a halastavak környezetre (Balatonra) gyakorolt hatását.

A Balaton déli vízgyűjtőjén található halastavak vízminőségének változásáról és vízbiológiai állapotáról korábban alig volt irodalom (Jaczó, 1939, Ponyi et al. 1973, 1974), csupán saját vizsgálataink eredményei állnak rendelkezésre (Körmendi 1997, 2000, 2001, 2002), valamint a kutatási jelentések (Körmendi, 1996–2004)

* Kaposvári Egyetem Agrár- és Környezettudományi Kar
E-mail: kormendi.sandor@ke.hu

Jelen dolgozatban a Balaton déli vízgyűjtőjén található fonyód-zardavári, balatonlelle-irmapusztai és varászlói halastavak vizsgálatának (1996–2004) eredményeit mutatjuk be.

Az 1996–2003. között folytatott kutatások alapját képezik a 2013-2014. között folyó kutatásainknak. Célunk, annak feltárása, hogy a megváltozott környezeti, gazdasági és tulajdon-viszonyok között milyen és milyen mértékű változások történtek a halastavak vízminőségében.

Anyag és módszer

Balaton Halászati Rt. vizsgált üzemegységei:

Fonyód-Zardavári	F.1 (42 ha), F.2 (48 ha), F.3.(43 ha);
Balatonlelle-Irmapusztai	I.2 (25 ha), I.8 (71 ha), I.9 (69 ha);
Varászlói	V.5 (65 ha), V.9 (23 ha);

1. táblázat • A népesítési sűrűség és népesítési szerkezet változása 1999–2003 között

	1999	2000	2001	2002	2003
Népesítési szerkezet: tenyész (ponty:egyéb)	84:16	84:16	82:18	82:18	86:14
Népesítési sűrűség (ponty db/ha)					
<u>kihelyezés:</u> tenyész	1187	878	714	846-1578	628-923
ivadék	7303	4467	2759	3775	3790-8846 (13262 !!)
Népesítési sűrűség (ponty kg/ha)					
<u>kihelyezés:</u> tenyész	390	366	297	362-650	189-369
ivadék	261	249	140	131	237-326

Megjegyzés: 1999–2001. évi adatok a BHRT valamennyi tavának átlagait, míg a 2002. évi adatok csak a vizsgált tavak kihelyezési adatait tartalmazzák.

Ivadéknevelés az I.2. és V.9. tavakban, a töbi tóban tenyész és étkezési hal előállítására folyt.

Vizsgálatainkat április és október között végeztük. A vízkémiai és zooplankton vizsgálatokhoz kétheti mintavételi gyakorisággal sávosan vettük a merített és mélységi átlagmintákat.

A vizsgált paraméterek az alábbiak voltak:

- pH, vezetőképesség, átlátszóság, hőmérséklet, anorganikus-N formák, foszfát-P, KOI_{sMn} , klorofill-a, lúgosság, vízkeménység
- zooplankton fajösszetétel, egyedszám, ülepített szeszon, hasznosítható zooplankton mennyiség.

A vízkémiai vizsgálatok során a pH-t, vezetőképességet, anorganikus-N formákat és a foszfát foszfort HANNA rendszerrel műszeresen ill. fotometriásan, az átlátszóságot Secchi-módszerrel a helyszínen mértük, a KOI-t permanganometriásan, a klorofill-t fotometriásan, a keménységet komplexometriásan, a lúgosságot acidi-alkalimetriásan a laboratóriumban határoztuk meg (Felföldy, 1987).

A zooplankton vizsgálatokhoz 50 liter vizet szűrtünk át 25 és 60 μ -s planktonhálón, majd a tartósítás formalinnal történt. A mikroszkópi feldolgozás során a Rotatoria, Cladocera, Copepoda fauna kvalitatív és kvantitatív meghatározása történt Bancsi (1986, 1988), Bottrell et al. (1976), Németh (1998), Gulyás és Forró (1999, 2001), Einsle (1993) munkái alapján. Az ülepített szeszton mennyiségét Imhof-kehellyel 60 perces ülepítéssel, míg a hasznosítható zooplankton mennyiségét a domináns fajok méretfelvételezését követően tömegmeghatározással számoltuk ki.

A tóiszap kémiai vizsgálata 3 alkalommal a Kaposvári Egyetem Központi Laboratóriumában történt. Szervesanyag-, szárazanyag-tartalom, összes-N, összes-P, makro- és mikroelemek analízisét végezték el Msz-ISO szabvány szerint.

A statisztikai analíziseket SPSS 8.0 programcsomag segítségével végeztük el.

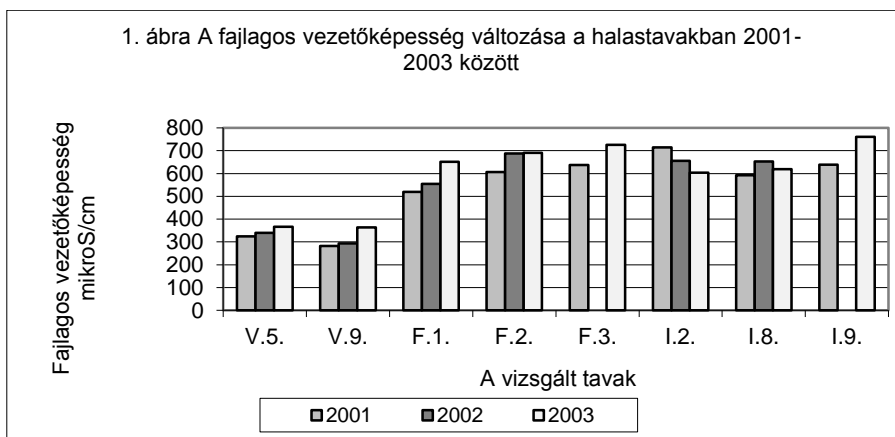
Eredmények

A vízkémiai vizsgálatok eredményei

Az 1996–1999. évekkel összehasonlítva a 2000–2003. közötti meleg és csapadékszegény időjárás következtében kialakult vízhiány miatt a tenyészidőszakban az üzemi vízszint tartása nehézségeket okozott. Emiatt jelentős mértékű a vízminőség változás a tavakban a korábbi években mért adatokkal összehasonlítva. Ez az eltérés megmutatkozik a vizsgált paraméterek koncentráció-értékeinek alakulásában és a paraméterek szezonális változásában is.

A halastavakban 7,7 és 10,10 közötti **pH értékeket** mértünk. Az ivadéknivelő tavakban (I.2. és V.9. tavak) a legnagyobb mértékű a pH ingadozása és e tavakra jellemzőek a legmagasabb pH értékek is. Ezért különös figyelmet kell fordítani a továbbiakban a pH csökkentésére (pl. mészkőpor adagolása).

A **fajlagos vezetőképesség** (összes ion-koncentráció). A csapadékszegény időjárás és a rendszeres vízpótlás hiánya miatt a vezetőképesség évenkénti átlagai valamennyi tóban növekedtek az I.2. és I.8. tavak kivételével. Az I.2. tóban a jelentős vízszint csökkenés mellett a teljes vízfelszint elborító makrovegetáció az elmúlt időszakot figyelembe véve először jelent meg. A vezetőképesség csökkenését a biogén mészkőkiválás és a kacsatrágya hiánya okozta. Az I.8. halastóban a vezetőképesség gyakorlatilag nem változott 2001-2003 között. A vizsgált tavakban a fajlagos vezetőképesség 190 és 780 mikroS/cm értékek közötti, tehát összességében megfeleltek a halastavakra kialakított határértékeknek. A Balaton melletti (F.1., F.2., F.3., I.2., I.8. I.9.) tavakban szignifikánsan ($P < 0,0001$) magasabb a vezetőképesség, mint a varáslói üzemegység tavaiban.. A F.1. halastó vezetőképessége szignifikánsan ($P < 0,001$) kisebb a másik fonyódi tó és az irmapusztai tavakétól. Ennek oka az, hogy e halastóba rendszeres vízpótlás történt a Keleti-Bozótól illetve a Balatonból, az irmapusztai tavak esetében viszont a Tetves-patakól alig volt vízutánpótlás.(1. ábra)



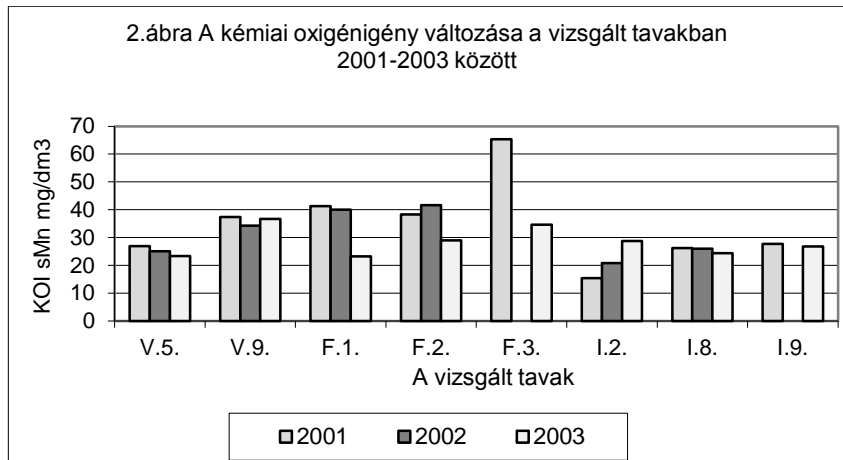
A **szervesetlen növényi tápanyagok (N és P formák)** általában meghaladták a halastavakra termelésbiológiai szempontból meghatározott határértékeket. Vagyis a szervesetlen N (ammónia-ammónium-N, nitrit-N, nitrát-N) mennyisége általában $1,1 \text{ mg/dm}^3$, az oldott reaktív foszfát-P $0,15 \text{ mg/dm}^3$ felett volt. Mivel a tavak vizének lúgossága $2,1\text{--}7,7 \text{ mmol/dm}^3$ közötti volt, ezért a tenyésztési időszak túlnyomó részében a primer produkció szempontjából tápanyag limitáció nem volt, annak ellenére, hogy a tavakban semmilyen tápanyagpótlás nem történt (mű- és szervestrágyázás). A halastavi kacsatartás 1999-ben befejeződött.

Az ammónia-ammónium-N koncentráció a tenyésztési időszak alatt $0,4$ és $1,8 \text{ mg/dm}^3$ között változott. A legalacsonyabb értékeket a V.9., I.8., míg a legmagasabbakat az I.2. tavakban mértük. Ez utóbbi halastavakban volt a legnagyobb mértékű az ammónia-ammónium koncentráció ingadozása. Az oldott reaktív foszfát-P koncentrációk $0,00$ és $2,90 \text{ mg/dm}^3$ közöttiek a vizsgált tavakban. A $\text{PO}_4\text{-P}$ koncentrációk szezonális alakulása a vizsgált tavak többségében a magyarországi halastavakra általánosan jellemző tendenciájú, az I.2. tó kivételével. Ennek valószínű oka, hogy a kacsatenyésztés megszűnése óta nem telt még el annyi idő, hogy a kacsatrágya hatása még mindig ne érvényesüljön. Ennek pontos kiderítése további alapos vizsgálatokat igényel.

A **vízkeménység** $6,3\text{--}20,7 \text{ NK}^\circ$ között változott az egyes tavakban. A legalacsonyabb értékeket a varászlói és nagyatádi, míg a legmagasabbakat a fonyódi üzemegység tavaiban mértük. A V.9. tó alacsony víz keménysége a vízinövények (mikro- és makrofíták) intenzív fotoszintetikus tevékenysége miatt bekövetkező biogén mész-kiválással magyarázható (Ezzel egy időben kialakuló asszimilációs lúgosodás jelentősen növeli a víz protonaktivitását).

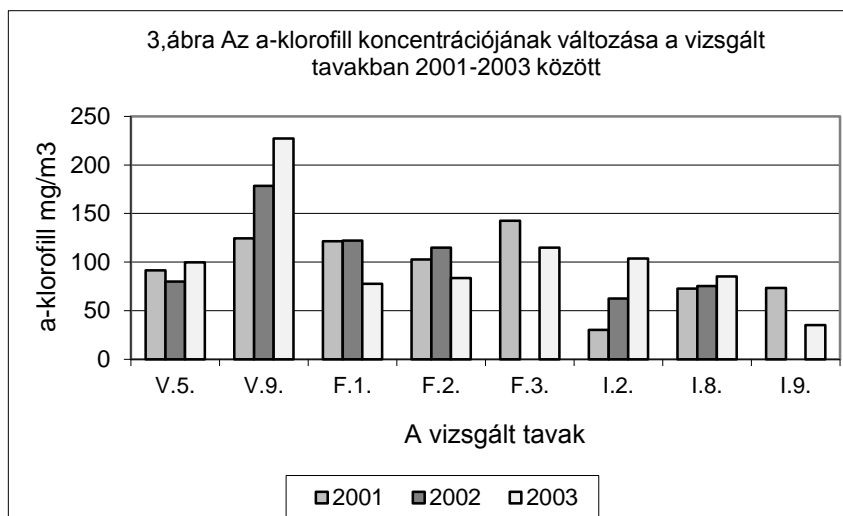
A **kémiai oxigénigény (KOI_{SMN})** valamennyi tóban tavasztól ősziig, természetesen az egyes tavakban eltérő mértékben, fokozatosan növekedett. Júliustól valamennyi tóban meghaladta a halastavakra megadott határértékeket. Ennek ellenére a legtöbb vizsgált tóban jelentős mértékű halpusztulás nem volt. A nem szűrt (eredeti) mintákból meghatározott KOI $7,8\text{--}60,8 \text{ mg/dm}^3$ értékek közötti volt a vizsgált tavakban. Az ivadéknevelő tavakban a legnagyobb KOI értékeket a vízvirágzásokkor mértük. Ezzel szemben a fonyódi tavakban az igen magas KOI értékeket a fitoplankton mellett a szél miatt felkeveredő tözeges iszap okozta.

Megállapítható, hogy a KOI ilyen mértékű növekedése a jövőben a haltermelés korlátozó tényezője lehet, ezért a továbbiakban meg kell találni a megfelelő módszereket e probléma megoldására (2. ábra).



A fitoplankton mennyiségét kémiai módszerrel, az **a-klorofill koncentrációjának** mérésével határoztuk meg. A KOI változásához hasonlóan az ivadéknevelő tavakban a legnagyobb mértékű a tenyidőszakon belüli változás a rendszeresen kialakuló vízvirágzások miatt.

Termelésbiológiai szempontból az irodalmi adatok szerint $100\text{--}200\text{ mg/m}^3$ (átlagosan 150 mg/m^3) a-klorofill koncentráció a megfelelő (3. ábra).



A statisztikai vizsgálatok szerint a KOI, az a-klorofill és az átlátszóság értékek között valamennyi halastó viszonylatában az alábbi összefüggéseket találtuk:

	Pearson koreláció	Szignifikancia
KOI – a-klorofill	0,870	0,01
a-klorofill - átlátszóság	-0,531	0,01
KOI - átlátszóság	- 0657	0,01

Lehalászáskor az elfolyó vízzel eltávozó szervesetlen N és P mennyisége

A számítások során 1m átlagvízmélységet vettük alapul, tehát $1 \text{ ha} = 10.000 \text{ m}^3$.

Szervesetlen-N = $\text{NH}_3\text{-NH}_4^+\text{-N} + \text{NO}_2^-\text{-N} + \text{NO}_3^-\text{-N}$

Szervesetlen-P = $\text{PO}_4\text{-P}$

2. táblázat • Az elfolyó szervesetlen N és P mennyisége

Halastó jele	Elfolyó szervesetlen-N kg/ha	Elfolyó szervesetlen-P kg/ha
V.5.	13,8	2,2
V.9.	9,9	0,4
F.1.	15,6	3,1
F.2.	16,3	3,1
F.3.	16,9	3,5
I.2.	14,4	3,3
I.8.	12,9	1,9
I.9.	13,2	2,0

A 2. táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a halastavakról az elfolyó vízzel jelentős mennyiségű növényi tápanyag távozik, ami környezetvédelmi (pl. a Balaton eutrofizálódása) és gazdasági (pl. a természetes hozam növelése) szempontból is a vízforgalom, a vízkormányzás lehetőségeinek átgondolását, a víztakarékos technológiák kialakításának kutatását teszi szükségessé.

A halastavakról elfolyó víz KOI és a-klorofill tartalma meghaladja a befogadókra meghatározott határértéket. Ugyanakkor azonban megjegyzendő, hogy az elfolyó vízben számos olyan „anyag” van, amely nem a haltenyésztési technológia során keletkezik (pl. tőzeges tavak huminanyagai) és sok formált szervesanyag (pl. fito-, és zooplankton szervezetek), amik a módszerből fakadóan (savas roncsolás) jelentős mértékben megnövelik a víz oxigénfogyasztását. Mindebből fakadóan egy a halászati szempontokat szemelőlő tartó intenzív tógazdasági technológia a szigorú környezetvédelmi előírásokat nem tudja betartani. (Az egy külön konzultációt megérdemelné, hogy ezek a határértékek milyen szakmai indokok alapján lettek meghatározva!) Ezért a tógazdaságokat rendszeresen megbüntetik. Ugyanakkor azonban nem lehet összehasonlítani a halastavakról elfolyó vizet pl. a kommunális szennyvízzel. Másképpen megfogalmazva, a halastavakból azonnali élelmezési célra lehet a halat értékesíteni, de az a közeg, amiben ezt a terméket előállították szennyvíznek minősül?

A vizsgálataink igazolták, hogy a halastavakról elfolyó víz vízkémiai értékei nem rosszabbak, mint a lápos területekről átemelt vizek összetétele.

Nehezen értelmezhető az is, hogy a szakhatóságok miért nem veszik figyelembe a halastó és a befogadó védett felszíni víz (pl. Balaton) közötti tér és időbeli távolságot, mert a kibocsátó és a védett befogadó közötti akár több kilométernyi távolságon (pl. a halastó és a védett víztér közötti vízfolyásban a nagy tartózkodási idő, egyéb más szennyező forrás miatt) a víz minősége jelentős mértékben megváltozhat, ami nem lehet a halastavakat üzemeltető felelőssége. A halgazdálkodást évek óta sújtja a nagymértékű csapadékhiány. Ezért a tenyésztésidőszakban általában vízpótlás történik és átfolyó víz nem jelenik meg a műtárgyaknál. Ebből fakadóan a befogadó vizek terhelése csak a tenyésztésidőszak végén az őszi lehalászások idején történik. A halastavi eredetű tápanyagterhelés tehát nem folyamatos. Az utóbbi években tápanyag-utánpótlás (pl. a

klasszikus halastavi technológiák szerinti mű- és szervestrágyázás) nem jellemző illetve nem lehetséges a halastavakban.

A tóiszap-vizsgálatok eredményei

A mintákat minden esetben az etetősávoktól és etetőkaróktól távol jelöltük ki.

Az adatok alapján az iszapban jelentős - hektáronként 20-30 cm-s iszaprétegben több száz kg-nyi - nitrogén és foszfor mennyiség van, ezért megfelelő feltárási, hasznosítási eljárások a tápanyagpótlás legkézenfekvőbb megoldásai lehetnek (3. táblázat). Különösen így van ez a Balaton, mint kiemelt vízminőségvédelmi terület közelében, ahol másfajta (pl. szerves vagy műtrágyázás) beavatkozások elképzelhetetlenek.

A felső iszapréteg tápanyag-, makro- és mikroelem tartalma lényegesen nagyobb a tőzegénél. A kitermelt iszap és a szerkezetet adó tőzeg megfelelő arányban történő együttes értékesítése kiváló talajjavító termék, aminek értékesítése jelentős árbevételt jelenthet.

3. táblázat • A tóiszap vizsgálatok átlageredményei (n=3)

A vizsgált tavak		V.5.	V. 9.	F. 1.	F. 2.	F. 3.
Szárazanyag-tartalom	%	22,6	36,2	19,8	21,2	21,8
100 % szárazanyagra vonatkoztatva						
Szervesanyag-tartalom	%	17,5	12,9	39,1	38,1	34,3
Nitrogén	%	0,89	0,66	1,84	1,75	1,79
Foszfor	g/kg	1,27	1,18	1,03	0,99	0,87
Kalcium	g/kg	86,8	58,5	176,7	202,9	232,4
Magnézium	g/kg	5,7	6,3	9,1	11,1	10,8
Nátrium	g/kg	0,50	0,44	0,33	0,36	0,39
Kálium	g/kg	1,8	2,2	0,7	0,9	1,1
Mangán	mg/kg	571,7	841,0	428,3	321,7	408,1
Réz	mg/kg	8,7	8,0	11,5	9,5	11,8
Cink	mg/kg	49,1	66,9	32,6	28,7	32,1
Vas	mg/kg	20043	31875	2721	2531	2061

A vizsgált tavak		I. 2.	I. 8.	I. 9.
Szárazanyag-tartalom	%	32,1	19,0	20,9
100 % szárazanyagra vonatkoztatva				
Szervesanyag-tartalom	%	15,1	28,0	28,5
Nitrogén	%	1,18	1,43	1,24
Foszfor	g/kg	1,76	0,83	0,89
Kalcium	g/kg	148,0	97,2	98,7
Magnézium	g/kg	10,5	11,1	10,9
Nátrium	g/kg	0,50	0,39	0,40
Kálium	g/kg	1,7	1,3	1,3
Mangán	mg/kg	620,3	334,6	385,8
Réz	mg/kg	14,2	9,2	11,1
Cink	mg/kg	61,9	37,3	39,9
Vas	mg/kg	16028	6657	6992

A zooplankton vizsgálatok eredményei

A kvalitatív vizsgálatok célja elsősorban a halastavak vízminőségének jellemzése és monitoring alapján a változások (pl. szukcessziós folyamatok) analízise, valamint a halastavak termelésbiológiai állapotának jellemzése, a produkciós biológiai vizsgálatokhoz szükséges alapadatok gyűjtése.

A halastavakban a vizsgálati időszak alatt 63 Rotatoria, 29 Cladocera és 14 Copepoda taxont találtunk. Az előforduló taxonok döntő többsége euriók, kozmopolita (Illies, 1978), melyek Magyarország vizeiben általánosan elterjedtek.

Figyelemre méltó néhány ritka, hazai halastavakban eddig még meg nem talált taxon rendszeres, nagy egyedszámban való előfordulása: *Brachionus diversicornis* f. *homoceros* Wierzejski, *Brachionus forficula* f. *forficula* Wierzejski.

A nyíltvízi zónában vett mintákban az euplanktonikus taxonok 35-50%-ban (Rotatoria 40%, Cladocera 35%, Copepoda 50%) fordulnak elő a többi taxon elsősorban metafitikus, de fenéklakó is gyakran előfordult.

A biológiai indikáció alapján (Arora, 1966; Lannan et al., 1986; Gulyás, 1998) a taxonok többsége β -mezozaprób és α -mezozaprób (poliszaprób), valamint mezo-eutróf, eu-politróf vízminőséget jelez. A fajösszetétel tavon belüli átalakulása a tenyészedőszakban jelzi a tápanyag dúsulási folyamatot.

A ponty monokultúrás (1965 előtti időszak) és a polikultúrás haltermelési rendszerekben (1965 után) a zooplankton taxonok előfordulási gyakorisága a tenyészedőszak folyamán lényegesen különbözik. Donászy (1965) eredményeit összehasonlítva (274 magyarországi halastóból gyűjtött 1881 zooplankton minta) saját vizsgálataink során kapott adatokkal (12 dél-dunántúli halastóból vett 864 zooplankton minta) az alábbiak állapíthatók meg:

- mind monokultúrás, mind polikultúrás halastavi rendszerekben a domináns szervezetek a Cyclopoida taxonok az előfordulási gyakoriság alapján.
- polikultúrás halastavi rendszerekben csökken a *Daphnia*, *Diaphanosoma* és néhány Rotatoria taxon, de jelentősen nő a *Moina*, *Ceriodaphnia*, *Bosmina*, *Calanoida*, valamint a *Brachionus* taxonok jelentősége.
- a halnépesítési sűrűség csökkenése a legnagyobb mértékben a *Calanoida* taxonok előfordulási gyakoriságát növeli meg.

Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy a ponty monokultúrás tavakban a *Bosmina*-*Cyclopoida* adult dominancia jellemző.

Az ivadéknevelő tavakban a tavaszi *Daphnia pulex*, *D. magna* dominanciát június végétől a *Moina*-*Bosmina*-*Cyclopoida* juvenilis váltja fel.

A valószínűleg a környezeti tényezők (vízminőség, az időjárás (éghajlat?) és a halgazdálkodás, stb.) változásának hatására a meghatározott zooplankton taxonok előfordulási gyakorisága is jelentős mértékben átalakult (5. táblázat). E tény megmagyarázása további kutatásokat igényel.

4. táblázat • A halastavakban talált zooplankton taxonok listája

Rotatoria	
<i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse)	<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott)
<i>Asplanchna brightwelli</i> Gosse	<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)
<i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse)	<i>Keratella cochlearis</i> v. <i>macracantha</i> (Lauterborn)
<i>Asplanchnopus multiceps</i> (Schrank)	<i>Keratella cochlearis</i> v. <i>tecta</i> (Gosse)
<i>Brachionus angularis</i> Gosse	<i>Keratella quadrata</i> (O.F.Müller)

<i>Brachionus budapestinensis</i> Daday	<i>Keratella valga</i> (Ehrenberg)
<i>Brachionus calyciflorus f. anuraeiformis</i> (Brehm)	<i>Lecane bulla</i> (Gosse)
<i>Brachionus calyciflorus f. amphiceros</i> (Ehrenberg)	<i>Lecane closterocerca</i> (Schmarda)
<i>Brachionus calyciflorus f. calyciflorus</i> Pallas	<i>Lecane cornuta</i> (O.F.Müller)
<i>Brachionus calyciflorus f. dorcas</i> (Gosse)	<i>Lecane hamata</i> (Stokes)
<i>Brachionus calyciflorus f. spinosus</i> (Wierzejski)	<i>Lecane luna</i> (O.F.Müller)
<i>Brachionus diversicornis</i> (Daday)	<i>Lecane obtusa</i> (Murray)
<i>Brachionus diversicornis f. homoceros</i> Wierzejski	<i>Lecane quadridentata</i> (Ehrenberg)
<i>Brachionus falcatus</i> Zacharias	<i>Lepadella patella</i> (O.F.Müller)
<i>Brachionus forficula</i> Wierzejski	<i>Notholca acuminata</i> (Ehrenberg)
<i>Brachionus leydigi</i> Cohn	<i>Platyas patulus</i> (O.F.Müller)
<i>Brachionus quadridentatus f. brevispinus</i> (Ehrenberg)	<i>Platyas quadricornis</i> (Ehrenberg)
<i>Brachionus quadridentatus f. quadridentatus</i> Hermann	<i>Polyarthra dolichoptera</i> (Idelson)
<i>Brachionus rubens</i> Ehrenberg	<i>Polyarthra euryptera</i> (Wierzejski)
<i>Brachionus urceolaris</i> O.F.Müller	<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin
<i>Cephalodella catellina</i> (O.F.Müller)	<i>Pompholyx complanata</i> Gosse
<i>Cephalodella exigua</i> (Gosse)	<i>Proalides tentaculatus</i> Beauchamp
<i>Colurella adriatica</i> Ehrenberg	<i>Synchaeta oblonga</i> Ehrenberg
<i>Colurella uncinata</i> (O.F.Müller)	<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg
<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet	<i>Testudenella patina</i> (Hermann)
<i>Enteroplea lacustris</i> Ehrenberg	<i>Trichocerca capucina</i> (Wierzejski et Zacharias)
<i>Epiphanes senta</i> (O.F.Müller)	<i>Trichocerca cylindrica</i> (Imhof)
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg	<i>Trichocerca longiseta</i> (Schrank)
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg)	<i>Trichocerca pusilla</i> (Lauterborn)
<i>Filinia opoliensis</i> (Zacharias)	<i>Trichocerca rattus</i> (O.F.Müller)
<i>Hexarthra mira</i> (Hudson)	<i>Trichocerca vernalis</i> (Hauer)
	<i>Trichotria pocillum</i> (O.F.Müller)
Cladocera	
<i>Alona affinis</i> (Leydig)	<i>Leptodora kindti</i> (Focke)
<i>Alona costata</i> Sars	<i>Megafenestra aurita</i> (Fischer)
<i>Alona quadrangularis</i> (O.F.Müller)	<i>Moina brachiata</i> (Jurine)
<i>Alona rectangula</i> Sars	<i>Moina macrocopa</i> (Straus)
<i>Alonella excisa</i> (Fischer)	<i>Moina micrura</i> Kurz
<i>Alonella nana</i> (Baird)	<i>Oxyurella tenuicaudis</i> (Sars)
<i>Bosmina longirostris</i> (O.F.Müller)	<i>Pleuroxus aduncus</i> (Jurine)
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O.F.Müller)	<i>Pleuroxus truncatus</i> (O.F.Müller)
<i>Ceriodaphnia reticulata</i> (Jurine)	<i>Pseudochydorus globosus</i> (Baird)
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F.Müller)	<i>Scapholeberis mucronata</i> (O.F.Müller)
<i>Daphnia cucullata</i> Sars	<i>Sida crystallina</i> (O.F.Müller)
<i>Daphnia longispina</i> O.F.Müller	<i>Simocephalus exspinosus</i> (Koch)

<i>Daphnia magna</i> Straus	<i>Simocephalus vetulus</i> (O.F.Müller)
<i>Daphnia pulex</i> Leydig em. Scourfield	<i>Tretocephala ambigua</i> (Lilljeborg)
<i>Diaphanosoma brachiurum</i> (Liévin)	
Copepoda	
<i>Acanthocyclops robustus</i> (Sars)	<i>Macrocyclops albidus</i> (Jurine)
<i>Cyclops strenuus</i> Fischer	<i>Macrocyclops fuscus</i> (Jurine)
<i>Cyclops vicinus</i> Ulianine	<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine)
<i>Diacyclops bicuspidatus</i> (Claus)	<i>Mesocyclops leuckharti</i> (Claus)
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer)	<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer)
<i>Eucyclops macrurus</i> (Sars)	<i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars)
<i>Eudiaptomus gracilis</i> (Sars)	<i>Paracyclops fimbriatus</i> (Fischer)

5. táblázat • A zooplankton taxonok előfordulási gyakorisága a minták %-ában

TAXONOK	A VIZSGÁLATI IDŐSZAK		
	1957–1962 (DONÁSZY)	1996–1999	2000–2004
Asplanchna sp.	87	82	86
Brachionus angularis	47	42	28
B. calyciflorus	31	90	96
B. diversicornis	6	83	82
B. falcatus	5	27	20
Filinia sp.	11	37	32
Euchlanis dilatata	5	7	7
Hexarthra sp.	20	4	3
Keratella cochlearis	58	46	77
K. quadrata	29	51	42
Polyarthra sp.	67	82	73
Trichocerca sp.	1,5	18	39
„Egyéb Rotatoria”	7	0,5–13	1–16
Alona sp.	0	6	19
Bosmina longirostris	66	98	94
Chydorus sp.	22	33	65
Diaphanosoma sp.	5	0,5	0,5
Daphnia sp.-k	72	41	38
Ceriodaphnia sp.	0	11	10
Leptodora kindti	0	6	5
Moina sp.-k	0	51	44
Nauplius	86	100	100
Cyclopoida sp.-k	87	100	100
Calanoida sp.-k	13	27	41

A zooplankton kvantitatív vizsgálatának eredményei

A kvantitatív vizsgálatok célja halastavakban elsősorban az optimális takarmányozási technológia kialakítása, a természetes hozam növelése. Következésképpen halastavi rendszerekben a halak által hasznosítható zooplankton tömegének és időbeli változásának meghatározása alapvető fontosságú, ezért az egy-, két-, háromnyaras

halakat nevelő tavak esetén 500 µm feletti mérettartományú zooplankton állomány tömegét javasoljuk megadni, rendszertani hovatarozás nélkül (Körmendi és Hancz, 2000).

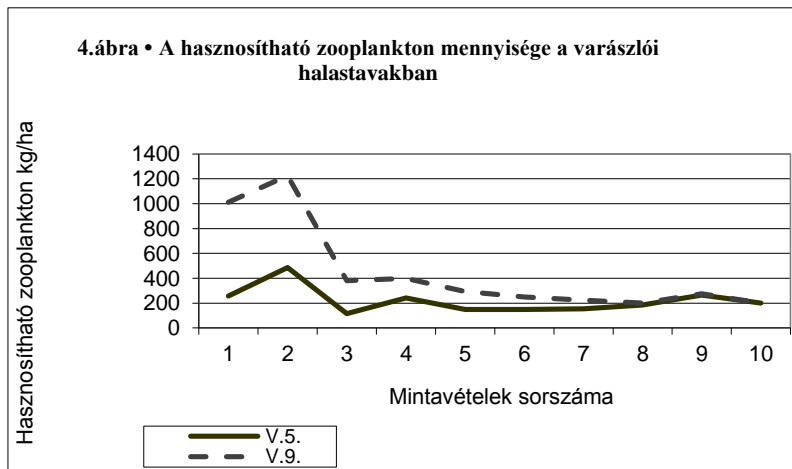
Vizsgálataink szerint a domináns taxonok az egyedszám alapján a halastavakban az alábbiak: *Brachionus calyciflorus*, *B. diversicornis*, *B. falcatus*, *Keratella cochlearis*, *K. quadrata*, *Asplanchna sp.*, *Bosmina longirostris*, *Daphnia longispina*, *Moina micrura*, *M. brachiata*, *Cyclops sp.*, *Acanthocyclops robustus*, *Eudiaptomus gracilis*.

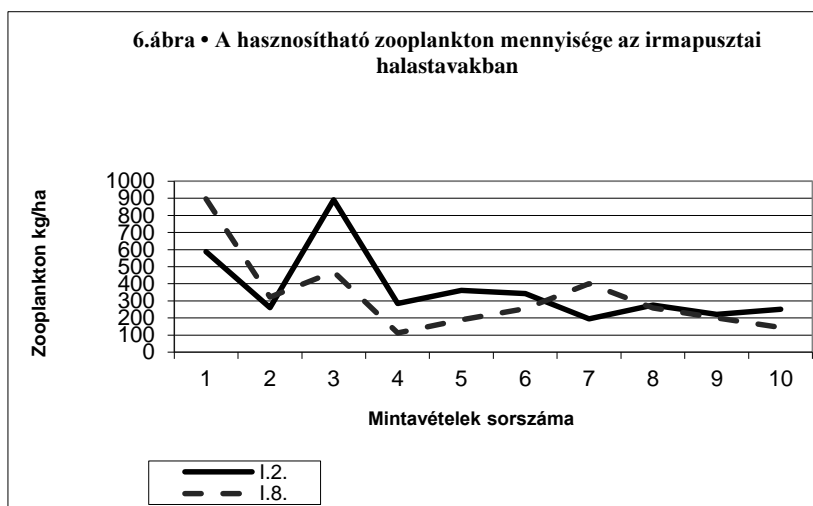
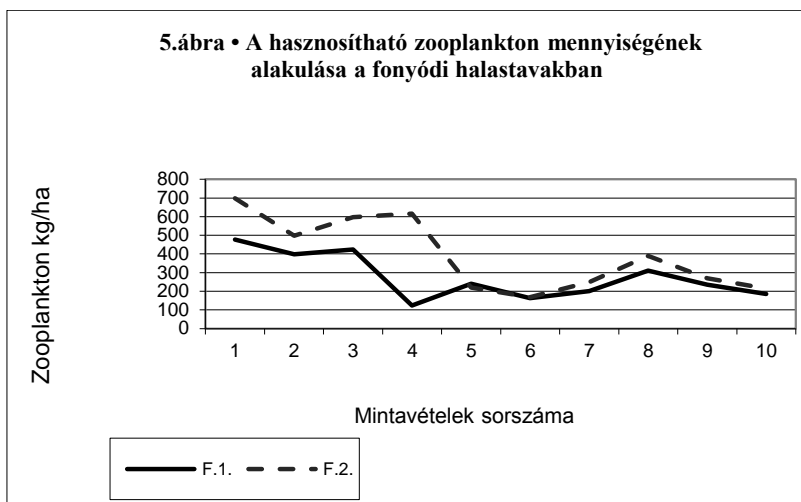
A domináns taxonok a biomassa alapján: *Bosmina longirostris*, *Daphnia longispina*, *D. cucullata*, *Moina sp.-k*, Cyclopoida és Calanoida adult taxonok. A zooplankton biomassa szezonális változását a 4. 5. 6. ábrákon mutatjuk be.

A fonyódi tavakban és az irmapusztai 2. tóban a tenyészedőszakban átlag zooplankton értékek az országos átlag fölöttiek (290 kg/ha szesztton Donászy szerint), a varászlói és az irmapusztai 8. és 9. tavak átlag alattiak. E tavakban általában már júniustól kezdődően rendkívül kis tömegű zooplankton volt megfigyelhető.

A fonyódi tavakban a nagy tömegű zooplankton állomány (*Bosmina longirostris*) ellenére igen magas klorofill-a koncentrációkat és mindezekkel összefüggésben KOI értékeket mértünk. Ugyanakkor megállapítható, hogy a csapadékszegény időjárásból fakadó vízhiány miatti alacsony vízszint, a korábbi évek alatt felhalmozódó, az aktuális vízmélységet több helyen meghaladó iszapvastagság és a ponty dominanciás haltelepítésből fakadó “iszapátmozgatás” jelentős mértékben növelhette a növényi tápanyag mennyiségét, ami rövid időn belül formált élő szervesanyagban (pl. fito-, és zooplankton) rögzült, ugyanakkor a csökkentett népesítési sűrűség és a pontyok által csak részben hasznosítható zooplankton méret (*Bosmina sp. !!*) nem tette lehetővé a természetes táplálékkészlet jobb hatásfoku hasznosulását. Ezért feltétlenül szükséges a tóiszap kezelése és a halnépesítési rendszer átakaitása.

4. ábra • A zooplankton biomassa változása a halastavakban (2002)





A halastavak biológiai és ökológiai vízminősége

A halastavak biológiai vízminősítését Felföldy (1987) /jele: F/ , az ökológiai vízminősítését Dévai (1992) (jele:D/ alapján végeztük el. (6..táblázat)

6. táblázat

Halastavak	M.R.	H	T	K	Sz	D
V.5.	F	3	6		6	
	D	3		4	4-7	7-9
V.9.	F	3	6-8		7	
	D	3		7	4-8	7-9

F.1.	F	4	6		6	
	D	6		4	5-7	6-9
F.2.	F	4	6		6-7	
	D	6		4	6-7	7-9
F.3.	F	4	6		6-7	
	D	6		5	6-8	7-9
I.2.	F	4	6-7		5-7	
	D	6		5	4-8	6-9
I.8.	F	4	4-7		6-7	
	D	6		4	5-7	7-9
I.9.	F	4	4-5		6-7	
	D	5		3	5-7	7-8

(M.R. = minősítési rendszer : F=Felföldy-féle, D=Dévai és mtsai-féle rendszer)

H: halobitás; T: trofitás;K:konstruktivitás;SZ: szaprobitás;D:destruktivitás

A Felföldy-féle biológiai vízminősítési rendszer alapján a vizsgált halastavak **halobitása** alfa-oligohalobikus és oligo-mezohalobikus kategóriák közötti, mely a tízes fokozatú (0–9) rendszerben 3. és 4. fokozatnak felel meg. A Dévai és mtsai-féle ökológiai vízminősítési rendszer alapján a vizsgált tavak aktuális halobitás-tipológiai besorolása tanulmányozható a 6. táblázatban. A vizsgált halastavakra a globális halobitás-tipológiai értékelés szerint kis mértékű sótartalom változás és mérsékelt -erős pH változás jellemző (4). *A felszíni vizek minőségére vonatkozó határértékek (MSZ 12749) szerint a halastavak vize I. (kiváló) és II. (jó) kategóriájú, termelésbiológiai szempontból megfelelő só-koncentrációjú víz.*

A halastavak **trofitása** mezo-politróf (4–8 kategória) között változott, a tenyészidőszak előrehaladtával általában emelkedő tendenciájú. Az ökológiai vízminősítési rendszer szerint a halastavakban a **trofitás** a szervesanyagok koncentrációja szerint meghatározott aktuális tipológia alapján számított globális tipológia értékeit figyelembe véve gazdag-igen gazdag (3,5– >6,5) kategóriába sorolható.

A halastavak horizontális és vertikális különbségeire vonatkozó megállapítások további kutatások tárgyát képezhetik. (Iszapvizsgálatok, víz-üledék interakciók, akkumuláció, ökotoxikológiai vizsgálatok stb.)

A **konstruktivitás** tipológiai vizsgálatok alapján a halastavak építő szervezetekben mérsékelttel gazdagok illetve gazdagok (globális tipológia:3-4).

A halastavak a trofitás- és konstruktivitás-értékek alapján termelésbiológiai szempontból kiváló minősítésűek.

A felszíni vizekre vonatkozó határértékek alapján (MSZ 12749) a tenyészidőszak előre haladtával azonban a halastavak vize III.– V. osztályúvá (tűrhető-erősen szennyezett) válik. Ebből a szempontból megállapítható, hogy az ivadéknevelő tavak vize kedvezőtlenebb.

A halastavak **szaprobitása** a biológiai vízminősítési rendszer alapján alfa-mezoszaprobikus és a poliszaprobikus (6–7. kategória) zóna között változik. Az ivadéknevelő tavak és a tözeges tavak szaprobitása szignifikánsan ($P > 0,001$ - $P > 0,0001$) nagyobb a többi halastóéval összehasonlítva. Az ökológiai vízminősítési rendszer alapján számított aktuális tipológiai adatokból levezetve a halastavak globális tipizálása 3–5. közötti, vagyis *a vizek szerves táplálékkal való ellátottsága mérsékelttel gazdag-igen gazdag kategóriájú.* (Ennek értékelésekor figyelembe kell venni a tavak korát és a megváltozott haltermelési technológiát is.)

A halastavak (zooplankton biomasszája alapján meghatározott) **destruktivitása** az aktuális tipológia határértékei alapján 5–9. fokozatok között változnak, mely azt mutatja, hogy a halastavak vízében a lebontó szervezetek mennyisége megfelelő.

A halastavak **toxicitása** a biológiai és az ökológiai vízminősítési rendszer alapján 0 ill. 1. (nem mérgező). Ugyanakkor azonban meg kell jegyezni, hogy a halastavakban különösen a víz-iszap interfaciálisán elsősorban az autochton eredetű szerves anyagok mennyiségére és azok növekedésére visszavezethető toxikus anyagok (pl. ammónia, kén-hidrogén) felszabadulása, az oldott oxigén koncentrációjának kritikus értékek alá csökkenése, valamint a víztömegben a hajnali oxigén-hiány kialakulása a jelenlegi termelési struktúrában a termelés biztonságát nagymértékben befolyásoló, sőt több esetben gátló tényező is lehet. A vizsgált halastavakban az asszimilációs lúgosodás miatt bekövetkező ammónia mérgezés és a halastavak iszapjának 5–15 cm-s rétegében kialakuló anaerob viszonyok miatt (meghatározott időjárási feltételek között) a szerves anyagok bakteriális bomlása során kialakuló kén-hidrogén és egyéb gáz felszabadulás a haltermelés biztonságát és a halegészségügyi állapotokat kedvezőtlenül befolyásolhatja, jelentős halpusztulást „eredményezhet.”

Összefoglalás

Vizsgálatainkat a Balatoni Halászati Rt halastavaiban végeztük., mely jelenleg Balatoni Halászati Nonprofit Zrt-ként működik. Az akkor vizsgált halastavakból már csupán a balatonlelle-irmapusztai tavak felügyelete tartozik hozzá, a többi tó más tulajdonosi-bérleti rendszerben működik.

Jelen cikk célja, hogy a Balaton déli vízgyűjtőjén található halastavakon folytatott korábbi haltermeléshez kötődő munkákat bemutassa, és ezáltal alapot nyújtson a hatékony, környezetbarát technológiák kialakításához, fejlesztéséhez. Bemutassa azokat a problémákat, melyek megoldásával hozzájárulhat a déli vízgyűjtő vizeinek és a Balaton vízminőségének védelméhez.

A meleg és csapadékszegény időjárás esetén a halastavakban az üzemi vízszint tartása nagy nehézségeket okozott. A vízhiány a víz minőségének változásán kívül sokszor halélettani szempontból kritikus értékeket ért el, emiatt többször a termelési technológia átalakítása szükségessé vált és ez alapvetően meghatározta az egyes üzemegységekben folytatott munka gazdaságosságát is. A jövőben a vízhiányból eredő problémák megoldására sokkal nagyobb figyelmet kell fordítani. (tórekonstrukciós munkák, iszapeltávolítás, vízkormányzás-recirkuláció, stb.)

- A tenyészidőszak jelentős részében a tavakról elfolyó víz nincs, ezért a Balaton vízminőségét károsan a turisztikai időszakban nem befolyásolja. Nagy esőzések idején azonban lehetséges elfolyó víz, de ennek vízminősége nem rosszabb, mint a természetes lápokról átemelt felesleges víz minődége.
- A Balaton vízgyűjtője megadott 50 mg/l KOI (k) betartása még extenzív halastavi technológia esetén sem betartható, a természetes lápos mocsaras területekről elfolyó víz is meghaladja ezt az értéket!
- A vizsgált halastavak a vízkémiai és vízbiológiai vizsgálatok alapján előhaladott szukcessziós állapotban vannak: eu-politróf, β - , és α -mezoszaprób vizek .
- A primer produkció szempontjából tápanyag (N,P) limitáció nincs. Ezért a tavak trágyázására nincs szükség.
- Mivel a halastavak iszapjában jelentős mennyiségű N és P található, ennek tóban vagy tó területén kívüli hasznosítása jelentős gazdasági haszonnal járna (megfelelő műszaki, technológiai háttér kialakításával).

- A hasznosítható zooplankton mérésével kiküszöbölhetők a korábbi problémák, amik elsősorban a rendszertani kategóriák szerinti csoportosítás alapján jellemezték a természetes haltáplálékkészletet.
- A vízkémiai és vízbiológiai viszonyokat figyelembe véve - a népesítési sűrűséghez hasonlóan - át kellene alakítani a népesítési szerkezeteket és növelni kellene a planktonfogyasztó őshonos halállomány arányát. Különös hangsúlyt kellene fordítani a ragadozó halak optimális faj és egyedszám arányának meghatározására.
- A kvantitatív zooplankton vizsgálatok eredményei alapján nem csupán a különböző pontykorosztályokat nevelő halastavak között van különbség, de a mennyiségi adatokat lényegesen befolyásolja a népesítési sűrűség is. Pl. 2001. évi adatok szerint a tenyésztőidőszakra vonatkozó átlagos zooplankton mennyiség az ivadékos tóban 265,1 kg/ha, a tenyészhalat nevelő tóban 495,9 kg/ha, az általában alkalmazott népesítési sűrűségű étkezési halat nevelő tóban 233,6 kg/ha, míg az alulnépesített étkezési halat nevelő tóban 613,8 kg/ha volt.
- A legnagyobb természetes hozamot az alulnépesített tenyészhalat és étkezési halat nevelő tóban mértük.

A BHRT kutatott tavaiban az eddigi vizsgálatok alapján meghatározhatók azok főbb technológiai lépések, üzemeltetési feladatok, amelyek alapján nagy biztonsággal hatékonyan lehet halat termelni, de a további vizsgálatok szükségesek az eddig fel nem tárt összefüggések megállapításához és a monitoring vizsgálatok hozzájárulnak az évenkénti és szezonális tendenciózus változások kiderítéséhez, ezáltal a megbízhatóbb környezetkímélő technológia kialakításához.

Köszönetnyilvánítás

Jelen munka az Európai Unió támogatásával és az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával készült, a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0038 projekt keretében.

Irodalomjegyzék

- Arora, H. C. 1966. Rotifera as indicators of trophic nature of environments. *Hydrobiologia* 27, 146–159.
- Bancsi I. 1986. *A kerekesférgek (Rotatoria) kishatározója I.* Vízügyi hidrobiológia 15. VÍZDOK, Budapest, 1–172.
- Bancsi I. 1988. *A kerekesférgek (Rotatoria) kishatározója 2.* Vízügyi hidrobiológia 17. VízDOK, Budapest, 173–577.
- Bottrell, H. H., Duncan, A., Gliwicz, Z. M., Grygierek, E., Herzig, A., Hillbricht-Ilkowska, A., Kurosawa, H., Larsson, P., Weglenska, T. 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. *Norw. J. Zool.*, 24:419–456.
- Dévai Gy (szerk.) 1992. Vízminőség és ökológiai vízminősítés. *Acta Biol. Debr. Oecol. Hung.* 4.
- Donászy J. 1965. *A zooplankton a magyarországi halastavakban.* Országos Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézet Vízélettani Osztály, Budapest, 1–32.
- Einsle U. 1993. *Crustacea, Copepoda, Calanoida und cyclopoida.* Gustav Fischer Verlag, Jena, 1–206.
- Felföldy L. 1987. *A biológiai vízminősítés.* Vízügyi hidrobiológia 16. VÍZDOK, Budapest, 1–258.

- Gulyás P. 1998. *Szaprobiológiai indikátorfajok jegyzéke*. Vízi Természet- és Környezetvédelem 6. KGI Budapest, 1–96.
- Gulyás P., Forró L. 1999. *Az ágascsapú rákok (Cladocera) kishatározója*. Vízi Természet- és Környezetvédelem 9. KGI Budapest, 1–237.
- Gulyás P., Forró L. 2001. *Az evezőlábú rákok (Copepoda) kishatározója*. Vízi Természet- és Környezetvédelem 14. KGI Budapest, 1–199.
- Illies, J. 1978. *Limnofauna Europea*. G.F. Verlag, 54–91.
- Jaczó I. 1939. Beiträge zur Kenntnis der Protozoen, Rotatorien, Copepoden und Phyllopoden einiger Fischteiche im Balatongebiet. *Fragm. Hung.* 2, 5–9.
- Kőrmendi, S., Szári, Zs. 1997. Evaluation of an integrated duck-fish farming system at the Balaton Fishing Co. Ltd. in Hungary. Problems and Solutions in Environmental Pollution Short Intensive Course on Selected Topics in Environmental Biotechnology. ICER TEMPUS, Baja, 43–60.
- Kőrmendi, S., Hancz, Cs. 2000. Qualitative and quantitative investigation of the zooplankton in fish ponds. *Acta Agraria Kaposvariensis* 4/2, 95–107.
- Kőrmendi, S., Ponyi, J. 2001. Somogy megye rákfaunájának (Crustacea) katalógusa. *Natura Somogyiensis* 1. Somogy Megyei Múzeumok Igazgatósága, Kaposvár, 71–82.
- Kőrmendi, S., P. Zánkai N. 2001. Somogy megye kerekeshéreg faunájának katalógusa. (Aschelminthes: Rotatoria). *Natura Somogyiensis* 1. Somogy Megyei Múzeumok Igazgatósága, Kaposvár, 17–28
- Kőrmendi, S. 2002. Dél-dunántúli halastavak zooplanktonjának vizsgálata. *Hidrológiai Közlöny* I–XII., 68–70.
- Lannan, J. E., Smitherman, R.O., Tchobonoglous, G. 1986. Principles and practices of pond aquaculture. Oregon State Univ. Press, Corvallis, 1–252.
- Németh J. 1998. *A biológiai vízminősítés módszerei*. Vízi Természet- és Környezetvédelem 7. KGI Budapest, 1–303.
- Ponyi J., Bíró P., Oláh J., P. Zánkai N., Tamás G., Csekei T., Kiss Gy., Morvai T., Bancsi I. 1973. Limnological investigations of a fish-pond supplied with sewage-water in vicinity of Lake balaton. I. *Annal. Biol. Tihany* 40, 227–284.
- Ponyi J., Bíró P., P. Zánkai N., Oláh J., Tamás G., Csekei T., Kiss Gy., Morvai T. 1974. Limnological investigations of a fish-pond supplied with sewage-water in vicinity of Lake Balaton II. *Annal. Boiol. Tihany* 41, 235–288.

Melléklet

Kutatási jelentések

- Kőrmendi S. 1996. A Balatoni Halászati Rt. Irmapusztai II.sz. tavának hidrobiológiai vizsgálata. Kaposvár–Balatonlelle, 1–15.
- Kőrmendi S. 1997. Hidrobiológiai vizsgálatok a Balatoni Halászati Rt. kijelölt halastavaiban I. Kaposvár–Siófok, 1–108.
- Kőrmendi S. 1998. Hidrobiológiai vizsgálatok a Balatoni Halászati Rt. kijelölt halastavaiban II. Kaposvár–Siófok, 1–90.
- Kőrmendi S. 1999. Hidrobiológiai vizsgálatok a Balatoni Halászati Rt. kijelölt halastavaiban III. Kaposvár–Siófok, 1–65.
- Kőrmendi S. 1999. A halastavi kacsatartás hatása a halastavak vízminőségére. Kaposvár–Siófok, 1–15.

- Körmendi S. 2000. Hidro-, hal-, és halászatbiológiai vizsgálatok a tógazdasági haltenyésztési technológia fejlesztése érdekében a Balatoni Halászati Rt. kijelölt halastavaiban I. Kaposvár–Siófok, 1–30.
- Körmendi S. 2001. Hidro-, hal-, és halászatbiológiai vizsgálatok a tógazdasági haltenyésztési technológia fejlesztése érdekében a Balatoni Halászati Rt. kijelölt halastavaiban II. Kaposvár–Siófok, 1–47.
- Körmendi S. 2002. Hidro-, hal-, és halászatbiológiai vizsgálatok a tógazdasági haltenyésztési technológia fejlesztése érdekében a Balatoni Halászati Rt. kijelölt halastavaiban III. Kaposvár–Siófok, 1–56.
- Körmendi S. 2003. Hidro-, hal-, és halászatbiológiai vizsgálatok a tógazdasági haltenyésztési technológia fejlesztése érdekében a Balatoni Halászati Rt. kijelölt halastavaiban IV. Kaposvár–Siófok, 1–61.
- Körmendi S. 2004. Hidro-, hal-, és halászatbiológiai vizsgálatok a tógazdasági haltenyésztési technológia fejlesztése érdekében a Balatoni Halászati Rt. kijelölt halastavaiban V. Kaposvár–Siófok, 1–72.