

## A halastavak környezeti terhelésének vizsgálata

Gál Dénes, Kerepeczki Éva, Szabó Pál és Pekár Ferenc

*Halászati és Öntözési Kutatóintézet, Szarvas*

### Kivonat

Célunk a tógazdasági haltermelés környezeti hatásainak felmérése, a termelő halastavak és környezetük közötti tápanyagforgalmi kölcsönhatások vizsgálata volt. Vizsgáltuk a halastavakba bejutó és onnan távozó nitrogén, foszfor és szervesanyag mennyiségeket, azok forrásait, valamint a halastavak által a befogadó vizekbe kibocsátott tápanyagok mennyiségét. A vizsgálati eredményekből megállapítható, hogy a halastavak jelentős mennyiségű tápanyag feldolgozására képesek; visszatartották a tavakba bekerült összes szervesszén mennyiségének átlagosan 74, a nitrogénnek 53 és a foszfornak 74%-át. A halbiomassza-gyapodással megkötött szervesszén, nitrogén és a foszfor összes bekerült tápanyagmennyiségek arányában átlagosan 6,8%; 18,4% és 10,4% volt.

A halastavak környezeti szerepét értékelve megállapítható, hogy a vizsgált halastavak csökkentették a befogadóvizek tápanyagterhelését azáltal, hogy átlagosan 48%-kal kevesebb nitrogén és 62%-kal kevesebb foszfor távozott a lecsapolásuk során, mint amennyi a vízfeltöltés és vízpótlás során a tavakba került. Ugyanakkor a halastavak a lecsapolás során távozó elfolyóvízzel átlagosan 78%-kal több szervesanyagot bocsátottak ki, mint amennyi a feltöltő vízzel odaérkezett.

Megfigyeléseink igazolták azt, hogy a hagyományos tógazdasági haltermelés azon kevés állattenyésztési technológiák egyike, melynek során a gazdálkodási tevékenység nem jelent komoly környezeti kockázatot. Sőt, az emberi táplálkozásban bizonyítottan egészséget fenntartó és javító halhús úgy állítható elő, hogy jelentős mértékben hasznosítjuk a más művelési ágak által kibocsátott, az ott nem hasznosult tápanyagokat.

**Kulcsszavak:** halastó, környezeti hatás, tápanyagmérleg, vízminőség, üledék

### Bevezetés

A tógazdasági haltermelés elfolyóvize által okozott környezeti hatásról megoszlanak a vélemények. Számosan érvelnek amellett, hogy a halastavak lecsapolásuk során kikerülő tápanyagokkal jelentősen terhelik a befogadó vizeket, tovább rontva azok minőségét. Ezzel szemben sokan hangsúlyozzák a tógazdálkodás pozitív környezeti hatásait (összefoglalva a halastavak által nyújtott ökoszisztéma szolgáltatásokat), kiemelve, hogy a tavak lecsapolásakor kibocsátott elfolyóvíz számottevő környezeti terhelést nem okoz. Ugyanakkor ezek az állítások adatokkal, tanulmányokkal, elemzésekkel kevésbé alátámasztottak. Mindezen túl, a

tógazdálkodás környezeti szerepének tisztázása elengedhetetlen egy halászati környezetgazdálkodási program kidolgozásához és annak indoklásához. Jelen tanulmány eredményei már részben bemutatásra kerültek (Gál és mtsai., 2006 és 2011), ugyanakkor az eddigi reakciókból a szerzők számára nyilvánvaló, hogy a szakma képviselői számára azok kevésbé ismertek. Mivel a halastavak és környezetük közötti tápanyagforgalmi viszonyok mind hazai, mind pedig nemzetközi viszonylatban kevésbé kutatott területnek számítanak, meglehetősen kevés információ áll rendelkezésre a termelő halastavak és környezetük közötti tápanyagforgalmi kölcsönhatások irányáról és mértékéről. A kevés tanulmány egyikében Oláh és munkatársai (1994) összegzik egy magyarországi halastó nitrogénforgalmáról szóló 20 éves megfigyeléseiket, ezen kívül két közlemény jelent meg (Schreckenbach et al., 1999; Knösche et al., 2000) a németországi halastavak nitrogén- és foszformérlegéről. Ezért vállalkoztunk arra, hogy a tavi haltermelés tápanyagforgalmi felméréséről szóló vizsgálatainkat – kiemelten a halastavak elfolyóvizére vonatkozó eredményeket – átdolgozva a Halászati Tudományos Napok résztvevői számára is bemutatjuk.

Vizsgálataink célja a tógazdasági haltermelés környezeti hatásainak felmérése, a termelő halastavak és környezetük közötti tápanyagforgalmi kölcsönhatások vizsgálata volt. Vizsgáltuk a halastavakba bejutó és onnan távozó nitrogén, foszfor és szervesanyag mennyiségeket, azok forrásait és a halastavak által a befogadó vizekbe kibocsátott tápanyagok mennyiségét, valamint értékeltük a modellként választott halastavak nitrogén-, foszfor- és szervesanyag mérlegét.

### **Anyag és módszer**

A vizsgálatba 23 különböző, 1998-ban és 1999-ben működtetett halastavat vontunk be. A halastavak mérete 0,6-117 hektár között változott. A halastavak a Magyarországon jellemző kiegészítő gabonatakarmanyozáson alapuló, pontydomináns, félintenzív tógazdálkodási technológiával üzemeltetett tavak közé tartoztak. Törekedtünk arra, hogy a tógazdálkodást folytató körzeteket jellemző (Észak-Alföld, n=6; Közép-Alföld, n=4; Dél-Alföld, n=4; Dunántúl, n=9), különböző nagyságú és népesítési szerkezetű tavakat egyaránt bevonjuk a vizsgálatba.

Az elemzések elvégzése érdekében a tavak technológiai paramétereit (népesítés, lehalászás, takarmányozás, trágyázás) a halastavak termelési nyilvántartása alapján összesítettük. Az elfolyóvíz mennyiségét a tavak térfogatából, a feltöltő víz mennyiségét a tenyésztési időszak alatti veszteséggel ( $k=1,6$ ) megnövelt térfogatokból becsültük. A tavak be- és elfolyóvizének, valamint üledékének nitrogén-, foszfor- és szervesszén-tartalmát laboratóriumi analízissel határoztuk meg (a mért paraméterek a 1. táblázatban láthatóak). A vízkémiai paraméterek mérése az MSZ, MSZ ISO és APHA szabványok, a klorofill meghatározás Németh (1998) szerint történt. A takarmány, a trágya és a halbiomassza tápanyagtartalmát szakirodalmi adatokból számoltuk. A halastavak felső 10 cm-es üledékének szervesszén-, nitrogén- és foszfor koncentrációit a tenyésztési időszak azonos időszakában vizsgáltuk (augusztus utolsó hete-szeptember első hete). Az üledékmintákat Adamik-féle mintavevővel vettük (Janurik, 1985). Minden tóból három mintavételi ponton 3 kiszúrással, összesen 9 részmintát vettünk, amelyekből tavanként képeztünk egy átlagmintát. Az üledékminta nedvességtartalmának és izzítási

veszteségének meghatározása az MSZ 12379-2:1978 és MSZ 318-3:1979 szabvány szerint, a nitrogén- és foszfortartalom meghatározása pedig Felföldy (1987) által leírt eljárással történt.

A begyűjtött és mért adatok alapján minden tó esetében az alábbi nitrogén-, foszfor- és szervesanyag mérlegeket számítottuk ki:

(1) *egyszerűsített tápanyagmérleget*, amelyet a befolyó vízzel, a népesítéssel, a trágyával és a takarmánnyal bekerült összes tápanyagmennyiség, illetve a tavakból lehalászott halbiomasszával és az elfolyóvízzel kikerült összes tápanyagmennyiség közötti különbségként kaptunk meg (Knösche et al., 2000; Schneider et al., 2005), amely kifejezhető hektáronkénti tápanyagtömegben (kg ha<sup>-1</sup>), vagy az összes input százalékában egyaránt;

(2) a *víz-tápanyag mérleget* a tavak környezetükre gyakorolt hatásának elemzése érdekében, a feltöltő vízzel érkező és az elfolyóvízzel távozó tápanyagmennyiségek különbségéből kalkuláltuk. Arra a kérdésre, hogy a vizsgált halastavak a befogadó természetes vizeket terhelték-e tápanyag-kibocsátásukkal, a víz-tápanyag mérleg ad választ;

(3) a *haltermelés transzformációs hatékonyságát*, amelyet a haltömeg gyarapodás formájában (nettó hozam) visszatartott tápanyagok arányában fejeztünk ki az összes input százalékában.

## Eredmények és értékelésük

A vizsgált halastavak jellemző vízkémiai paramétereit a 1. táblázatban tüntettük fel. A be- és elfolyóvíz vízkémiai paramétereit között szignifikáns különbséget ( $P < 0,05$ ) nem találtunk, bár a nitrogén- és foszforformák számtani átlaga az elfolyóvizek esetében mindig alacsonyabb volt, csak a szerves lebegőanyag esetében haladta meg a tápvizek átlagát. A 2. táblázat tartalmazza a vizsgált halastavak nitrogén, foszfor és szervesanyag mérlegeit, amelyek részletes kifejtése az alábbiakban található.

*1. táblázat A vizsgált halastavak feltöltő- és elfolyó vizének főbb vízkémiai paramétereit*

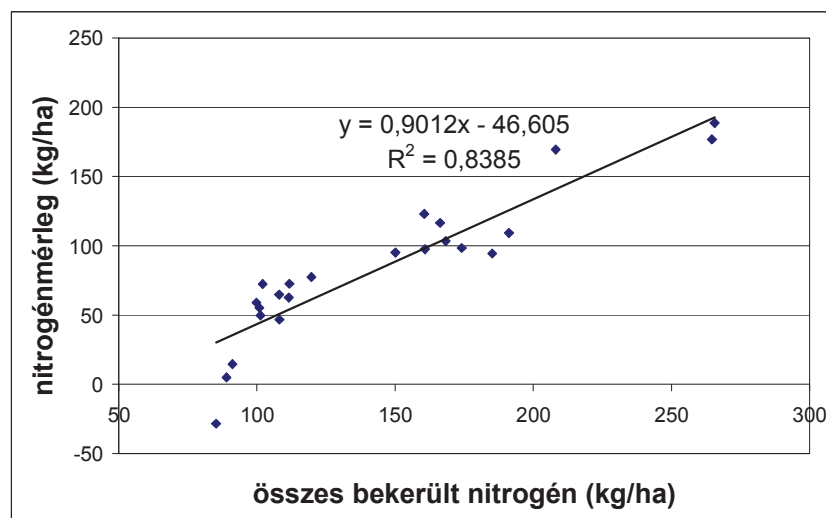
|                            | <b>Feltöltő víz</b> | <b>Elfolyó víz</b> |
|----------------------------|---------------------|--------------------|
| Vezetőképesség (ms/m)      | 63,4±23,5           | 63,1±23,5          |
| NH <sub>4</sub> -N (mg/l)  | 0,106±0,078         | 0,079±0,146        |
| NO <sub>2</sub> -N (mg/l)  | 0,059±0,051         | 0,033±0,022        |
| NO <sub>3</sub> -N (mg/l)  | 0,452±0,331         | 0,220±0,148        |
| Összes N (mg/l)            | 2,51±1,25           | 1,64±2,19          |
| PO <sub>4</sub> -P (mg/l)  | 0,222±0,139         | 0,199±0,267        |
| Összes P (mg/l)            | 0,573±0,572         | 0,366±0,509        |
| Szerves lebegőanyag (mg/l) | 23,8±13,4           | 30,2±20,5          |
| KOI <sub>sMn</sub> (mg/l)  | 10,8±3,46           | 9,31±2,53          |
| Klorofill-a (µg/l)         |                     | 83,1±52,7          |

## Nitrogénforgalmi vizsgálatok

### Tápanyagmérleg

Az összesített adatok alapján a vizsgált halastavakba a befolyó vízzel, a halnépítéssel, a trágyázással és a takarmányozással átlagosan évente 144 kg/ha nitrogén került be. A halastavak legjelentősebb nitrogénforrása a takarmány és a feltöltő víz volt. A tavakba bekerült összes nitrogénnek átlagosan a  $44 \pm 13$  %-a a takarmánnyal,  $36 \pm 12$  %-a a feltöltő vízzel,  $8 \pm 5$  %-a a kihelyezett hallal jutott be. Trágyázás 17 tóban történt, ahol a trágyával bejuttatott nitrogén átlagosan  $29 \pm 22$  kgN/ha ( $18 \pm 11$  %) volt, ugyanakkor az összes vizsgált halastóra vetítve a trágyázással a nitrogén  $13 \pm 12$  %-a került a tavakba (2. táblázat).

A halastavak nitrogénmérlege átlagosan 84 kgN/ha volt, amely évi 53 %-os nitrogén visszatartásnak felelt meg (2. táblázat). Negatív nitrogénmérleg – vagyis amikor több nitrogén távozott a halastóból, mint amennyi bekerült – csak egy tónál (No 13) fordult elő. A halastavakba bekerült összes nitrogén mennyisége és a nitrogén-visszatartás között pozitív ( $r^2=0,89$ ;  $P<0,001$ ) összefüggést találtunk (1. ábra). Ugyanakkor a halastavak termelési intenzitása – amelyet a bruttó halhozammal jellemeztünk – és az elfolyóvíz nitrogéntartalma között már nem találtunk összefüggést ( $r^2=0,36$ ;  $P>0,10$ ), amely arra enged következtetni, hogy az alkalmazott termelési intenzitás a hagyományos tógazdasági gyakorlat esetében nem befolyásolta az elfolyóvíz nitrogéntartalmát.



1. ábra A halastavak nitrogénmérlegének változása az összes bekerült nitrogén mennyiségének függvényében

### A halhozamok hatása

A halastavakból csak a lehalászáskor lecsapolt vízzel és a lehalászott hal mennyiséggel távozott értékelhető mennyiségű tápanyag, átlagosan 61 kg N ha<sup>-1</sup> mennyiségben. A kikerülő nitrogén  $61 \pm 19$  %-a lehalászott haltömegként,  $39 \pm 19$  %-a az elfolyóvízzel távozott. A halbiomassza-gyarapodás (nettó hozam) formájában 28 kgN/ha akkumulálódott, amely a halastavakba bekerült nitrogén mennyiségének 18 %-a volt (2. táblázat).

2. táblázat: A vizsgált halastavak nitrogén (N), foszfor (P) és szerves anyag (C) mérlegei

| Tó<br>No     | Tápanyag input |             |             | Tápanyag output |            |            | Tápanyagmérleg |           |             | Víz-tápanyagmérleg |             |           | Halhozamban megkötött tápanyag |           |            |           |             |            |             |             |            |             |            |            |
|--------------|----------------|-------------|-------------|-----------------|------------|------------|----------------|-----------|-------------|--------------------|-------------|-----------|--------------------------------|-----------|------------|-----------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|
|              | N              | P           | C           | N               | P          | C          | kg/ha          | %         | kg/ha       | %                  | kg/ha       | %         | N                              | P         | C          | kg/ha     | %           | kg/ha      | %           |             |            |             |            |            |
| 1            | 266            | 73,7        | 6219        | 94,4            | 8,3        | 686        | 171,2          | 64        | 65,5        | 89                 | 5333        | 89        | 9,1                            | 28        | 2,1        | 48        | 34          | 27         | 71,0        | 26,7        | 6,0        | 8,2         | 592        | 9,5        |
| 2            | 210            | 19,1        | 3104        | 61,5            | 5,8        | 575        | 148,6          | 71        | 13,3        | 70                 | 2529        | 81        | 2,5                            | 7,7       | 1,5        | 32        | -184        | -144       | 21,3        | 10,8        | 1,8        | 9,5         | 178        | 5,7        |
| 3            | 108            | 14,5        | 2225        | 43,3            | 4,2        | 369        | 64,7           | 60        | 10,3        | 71                 | 1856        | 83        | 30                             | 65        | 1,7        | 48        | 12          | 8          | 17,7        | 16,4        | 1,5        | 10,3        | 148        | 6,7        |
| 4            | 101            | 11,7        | 2146        | 51,6            | 5,1        | 478        | 49,7           | 49        | 6,6         | 56                 | 1668        | 78        | 28                             | 62        | 1,8        | 45        | 44          | 19         | 19,8        | 19,5        | 1,7        | 14,5        | 165        | 7,7        |
| 5            | 120            | 16,5        | 2995        | 42,3            | 4,1        | 362        | 77,4           | 65        | 12,4        | 75                 | 2633        | 88        | 29                             | 64        | 3,9        | 67        | 48          | 25         | 14,0        | 11,7        | 1,2        | 7,2         | 116        | 3,9        |
| 6            | 108            | 13,9        | 2414        | 61,4            | 5,4        | 514        | 46,7           | 43        | 8,5         | 61                 | 1900        | 79        | 22                             | 49        | 3,0        | 58        | 12          | 6          | 23,4        | 21,6        | 2,0        | 14,3        | 195        | 8,1        |
| 7            | 161            | 24,6        | 3805        | 63,4            | 5,9        | 553        | 97,4           | 61        | 18,6        | 76                 | 3252        | 85        | 25                             | 48        | 0,8        | 22        | -10         | -4         | 28,2        | 17,5        | 2,4        | 9,8         | 235        | 6,2        |
| 8            | 265            | 32,2        | 5012        | 87,8            | 9,4        | 716        | 176,8          | 67        | 22,7        | 71                 | 4296        | 86        | 25                             | 48        | -0,6       | -16       | 33          | 14         | 60,8        | 23,0        | 5,2        | 16,1        | 507        | 10,1       |
| 9            | 161            | 51,0        | 3438        | 37,5            | 4,7        | 960        | 123,0          | 77        | 46,3        | 91                 | 2478        | 72        | 33                             | 71        | 18,0       | 87        | -429        | -129       | 10,4        | 6,5         | 0,9        | 1,7         | 86         | 2,5        |
| 10           | 150            | 57,9        | 3382        | 55,1            | 6,2        | 1107       | 95,0           | 63        | 51,7        | 89                 | 2275        | 67        | 17                             | 35        | 24,4       | 86        | -455        | -102       | 18,9        | 12,6        | 1,6        | 2,8         | 158        | 4,7        |
| 11           | 112            | 41,2        | 2701        | 48,9            | 4,3        | 1072       | 62,6           | 56        | 37,0        | 90                 | 1629        | 60        | 30                             | 63        | 27,0       | 94        | -249        | -44        | 27,0        | 24,2        | 2,3        | 5,6         | 226        | 8,4        |
| 12           | 102            | 50,0        | 1884        | 29,8            | 8,1        | 1988       | 72,3           | 71        | 41,9        | 84                 | -104        | -6        | 29                             | 65        | 21,8       | 76        | -1410       | -309       | 8,4         | 8,2         | 0,7        | 1,4         | 70         | 3,7        |
| 13           | 85             | 10,1        | 1990        | 114             | 2,9        | 1000       | -28,5          | -33       | 7,2         | 71                 | 990         | 50        | -49                            | -114      | 3,3        | 75        | -209        | -34        | 8,7         | 10,2        | 0,7        | 7,3         | 73         | 3,7        |
| 14           | 91             | 10,6        | 2085        | 76,6            | 3,1        | 1013       | 14,5           | 16        | 7,4         | 70                 | 1072        | 51        | -7,5                           | -17       | 3,1        | 77        | -316        | -66        | 12,4        | 13,6        | 1,1        | 10,0        | 104        | 5,0        |
| 15           | 89             | 11,1        | 2415        | 84,0            | 3,5        | 1373       | 5,0            | 6         | 7,6         | 69                 | 1042        | 43        | -15                            | -34       | 3,2        | 72        | -480        | -71        | 19,3        | 21,7        | 1,6        | 14,7        | 161        | 6,7        |
| 16           | 112            | 15,7        | 2638        | 39,2            | 3,9        | 772        | 72,5           | 65        | 11,7        | 75                 | 1866        | 71        | 39                             | 90        | 4,0        | 81        | -356        | -287       | 24,6        | 22,0        | 2,1        | 13,5        | 206        | 7,8        |
| 17           | 168            | 23,9        | 4803        | 64,9            | 6,3        | 757        | 103,4          | 61        | 17,6        | 74                 | 4046        | 84        | 39                             | 90        | 3,8        | 77        | -127        | -102       | 42,1        | 25,0        | 3,6        | 15,0        | 352        | 7,3        |
| 18           | 101            | 14,8        | 2015        | 45,7            | 2,8        | 422        | 55,2           | 55        | 12,0        | 81                 | 1593        | 79        | 19                             | 44        | 4,0        | 81        | -116        | -94        | 21,8        | 21,6        | 1,9        | 12,6        | 182        | 9,0        |
| 19           | 100            | 13,3        | 1978        | 40,9            | 4,0        | 1017       | 58,9           | 59        | 9,3         | 70                 | 961         | 49        | -3,1                           | -4,9      | 3,8        | 77        | -608        | -490       | 19,1        | 19,1        | 1,6        | 12,2        | 160        | 8,1        |
| 20           | 166            | 18,9        | 2591        | 49,8            | 5,8        | 551        | 116,4          | 70        | 13,1        | 69                 | 2040        | 79        | 68                             | 83        | 5,5        | 66        | -42         | -20        | 21,5        | 12,9        | 1,8        | 9,7         | 180        | 6,9        |
| 21           | 185            | 21,2        | 3428        | 90,8            | 8,4        | 737        | 94,3           | 51        | 12,7        | 60                 | 2691        | 79        | 49                             | 60        | 4,8        | 58        | -42         | -20        | 36,9        | 19,9        | 3,1        | 14,8        | 308        | 9,0        |
| 22           | 174            | 30,9        | 5102        | 75,8            | 13,0       | 1144       | 98,3           | 56        | 17,9        | 58                 | 3958        | 78        | 32                             | 61        | 1,6        | 16        | -132        | -24        | 49,6        | 28,5        | 4,2        | 13,7        | 414        | 8,1        |
| 23           | 173            | 34,5        | 6618        | 81,9            | 7,1        | 990        | 91,3           | 53        | 27,4        | 79                 | 5628        | 85        | 6,6                            | 26        | 10,5       | 86        | -278        | -153       | 58,4        | 30,5        | 5,0        | 14,4        | 487        | 7,4        |
| <b>Átlag</b> | <b>144</b>     | <b>26,6</b> | <b>3260</b> | <b>60,9</b>     | <b>5,8</b> | <b>833</b> | <b>83,6</b>    | <b>53</b> | <b>20,8</b> | <b>74</b>          | <b>2427</b> | <b>74</b> | <b>21,5</b>                    | <b>43</b> | <b>6,7</b> | <b>62</b> | <b>-229</b> | <b>-78</b> | <b>27,6</b> | <b>18,4</b> | <b>2,4</b> | <b>10,4</b> | <b>231</b> | <b>6,8</b> |
| Szórás       | 53             | 17,4        | 1387        | 21,6            | 2,4        | 375        | 52,2           | 25        | 16,4        | 10                 | 1454        | 21        | 23,5                           | 46        | 8,0        | 27        | 322         | 126        | 17,4        | 6,7         | 1,5        | 4,4         | 145        | 2,1        |
| Medián       | 120            | 19,1        | 2701        | 55,1            | 5,42       | 757        | 77,4           | 60        | 13,1        | 71                 | 2040        | 79        | 28,3                           | 60        | 3,8        | 72        | -132        | -44        | 21,5        | 19,6        | 1,8        | 10,3        | 180        | 7,3        |

Az elfolyóvíz minősége és a termelési paraméterek között nem volt szignifikáns összefüggés ( $P > 0,10$ ). Szintén nem találtunk összefüggést a ponty arányával jellemzett népesítési szerkezet és a haltömeg-gyarapodás formájában visszatartott tápanyagok aránya, a nitrogén- és víz-nitrogén mérleg, valamint a klorofill-a tartalom között.

#### *Víz-tápanyag mérleg*

A halastavak és környezetük kölcsönhatásának vizsgálatához összehasonlítottuk a befolyó vízzel érkező és az elfolyóvízzel távozó nitrogénformák mennyiségét. A halastavakból elfolyó vízzel távozó nitrogén a feltöltő vízzel bekerült nitrogén mennyiségének átlagosan mindössze 43 %-át tette ki. A tavak átlagos víz-nitrogén mérlege 22 kg/ha volt, azonban a kapott eredmények nagy szórást mutatnak (2. táblázat).

A tavakat feltöltő vizek átlagos összes nitrogén koncentrációja 2,51 mg/L volt, amely 2,03 és 3,95 mg/L közötti intervallumban változott, míg az elfolyóvíz nitrogéntartalma átlagosan 1,64 mg/L volt, amely 1,51 és 9,23 mg/L között változott (1. táblázat). Negatív víz-nitrogén mérleg, amikor több nitrogén távozott az elfolyóvízzel, mint amennyi bejutott a tavakba, csak négy tó esetében fordult elő. Ezekben a tavakban kiugróan magas összes nitrogén értékeket mértünk (5,01-9,23 mg/L), valamint jellemző volt a magas oldott szerves nitrogén (3,07-4,49 mg/L) és ammónium-nitrogén (1,04-2,33 mg/L) tartalom.

#### *Üledékvizsgálatok*

A halastavak üledékének szárazanyagra vonatkoztatott átlagos nitrogéntartalma  $5,8 \text{ g kg}^{-1}$  volt. Az üledék és az elfolyóvíz nitrogéntartalma között pozitív kapcsolatot találtunk ( $r^2=0,60$ ;  $P < 0,001$ ), vagyis az elfolyóvízzel távozó nitrogénmennyiség nagymértékben függött az üledék nitrogéntartalmától. Negatív víz-nitrogén mérleg – vagyis, amely tavak több nitrogént bocsátottak ki, mint amennyit vízfeltöltés során befogadtak – azokban a tavakban fordult elő, ahol az üledékben kiugróan magas nitrogén koncentrációt mértünk (13,7-20,6 gN/kg száraz üledék). A halastavak üledékének és elfolyóvizének nitrogéntartalma közötti összefüggésből arra lehet következtetni, hogy a halastavakról távozó víz nitrogéntartalmát elsősorban az üledék nitrogéntartalma határozza meg. Amennyiben az üledék nitrogéntartalma meghaladta a száraz üledékre vonatkoztatott kb. 10 mg/g koncentrációt, az elfolyóvíz nitrogén koncentrációja jelentősen megnőtt. A 10 mg/g száraz üledék nitrogén koncentráció alatti tavakban nem találtunk összefüggést az elfolyóvíz minősége és az üledék nitrogéntartalma között.

### **Foszforforgalmi vizsgálatok**

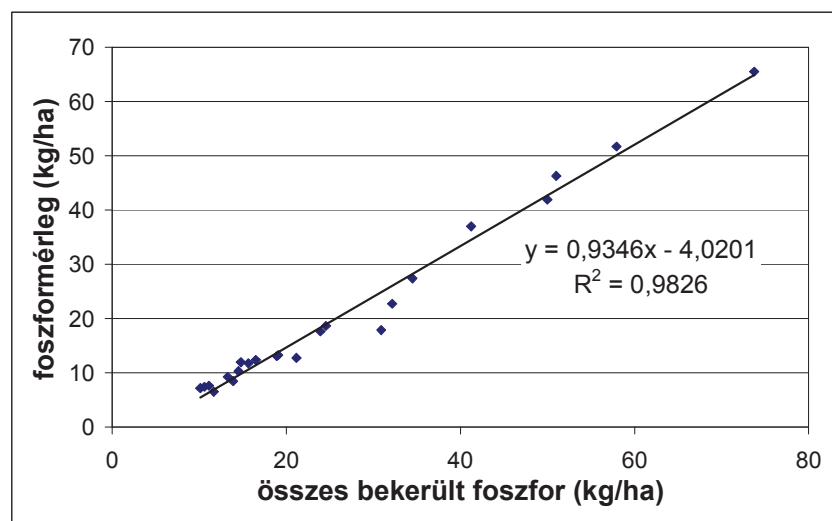
#### *Tápanyagmérleg*

A vizsgált tavak foszformérlege minden esetben pozitív volt, vagyis minden tóba több foszfor került a tenyésztési időszak folyamán, mint amennyi onnan távozott. Az átlagos foszformérleg 21 kg/ha volt, amely 74 %-os foszfor-visszatartásnak felelt meg. A tavakba átlagosan 27 kg/ha foszfor került be, a bejutott foszformennyiségek közül – a nitrogénhez hasonlóan – a takarmány jelentős mennyiségű foszfort tartal-



mazott, amely az összes bekerült foszfor  $42 \pm 17$  %-a volt (2. táblázat). Ugyanakkor a befolyóvízzel ( $35 \pm 14$  %) és a trágyával ( $26 \pm 17$  %) is számottevő mennyiségű foszfor jutott a halastavakba, míg a népesítőanyaggal bekerült foszformennyiség az összes input  $4,8 \pm 3,8$  %-át tette ki.

Negatív foszformérleg, amikor több foszfor távozott a halastóból, mint amennyi bekerült, egyetlen tó esetében sem fordult elő. A halastavakba bekerült összes foszfor mennyisége és a foszfor-visszatartás között erős ( $r^2=0,97$ ,  $P<0,001$ ) összefüggést találtunk (2. ábra). Ugyanakkor nem volt összefüggés ( $r^2=0,03$ ;  $P>0,1$ ) a bruttó halhozammal jellemzett termelési intenzitás és az elfolyóvíz foszfortartalma között, amely arra utal, hogy a termelés intenzitása – a nitrogénforgalomhoz hasonlóan – nem volt hatással az elfolyóvíz foszfortartalmára.



**2. ábra:** A halastavak foszformérlegének változása a bekerült összes foszfor mennyiségének függvényében

#### A halhozamok hatása

Lehalászásakor összesen  $5,8$  kgP/ha került ki a vizsgált halastavakból, amelynek az  $58 \pm 16$  %-a a halhozammal,  $42 \pm 16$  %-a pedig az elfolyóvízzel távozott. A halbiomassza-gyarapodás formájában (nettó hozam)  $2,4$  kgP/ha akkumulálódott, azaz az összes bekerült foszfor mennyiségének átlagosan  $10,4$  %-a transzformálódott halhússá (2. táblázat).

#### Víz-tápanyag mérleg

A halastavak és környezetük kölcsönhatásának feltárása érdekében a nitrogén vizsgálatához hasonló számításokat végeztünk a foszfor esetében is. A halastavakból az elfolyóvízzel távozó foszfor mennyisége a befolyóvízzel bekerült foszfor mennyiségének átlagosan a  $62$  %-a volt. Az adatok alapján az átlagos be- és elfolyóvíz foszformérleg  $6,7$  kg/ha volt, azaz a vizsgált tavak évente átlagosan ennyivel kevesebb foszfort adtak le hektáronként, mint amennyi a befolyóvízzel oda érkezett.

A befolyóvíz összes foszfortartalma nagy változékonyságot mutatott; az átlagos foszfortartalom  $0,573$  mg/L volt a  $0,223$  és  $1,79$  mg/L közötti intervallumban, míg az elfolyóvíz átlagos foszfortartalma  $0,366$  mg/L volt a  $0,093$  és  $0,682$  mg/L közötti

intervallumban. Negatív víz-foszfor mérleg csak egyetlen vizsgált tó (No 8) esetében fordult elő.

#### *Üledékvizsgálatok*

A vizsgált halastavak üledékének szárazanyagra vonatkoztatott foszfortartalma 0,52 és 3,83 g/kg között változott, az átlagos érték 1,25 gP/kg volt. A halastavak nitrogénforgalmától eltérően nem találtunk összefüggést sem az üledék és az elfolyóvíz összes foszfortartalma ( $r^2=0,01$ ;  $P>0,1$ ), sem az üledék foszfortartalma és a foszformérleg ( $r^2=0,16$ ;  $P>0,05$ ) között. Egyedüli kapcsolatot az üledék foszfortartalma és a népesítési szerkezeten belüli ponty arány között találtunk ( $r=-0,51$ ;  $P<0,001$ ). A ponty arány emelkedésével csökkent az üledék foszfor tartalma, amely a pontyok üledéket keverő hatásával magyarázható. Ugyanakkor a nitrogén és a szervesanyag esetében ilyen összefüggés nem volt felfedezhető. Szintén nem volt összefüggés az üledék foszfortartalma és a bruttó halhozam ( $r=0,01$ ;  $P>0,1$ ) között.

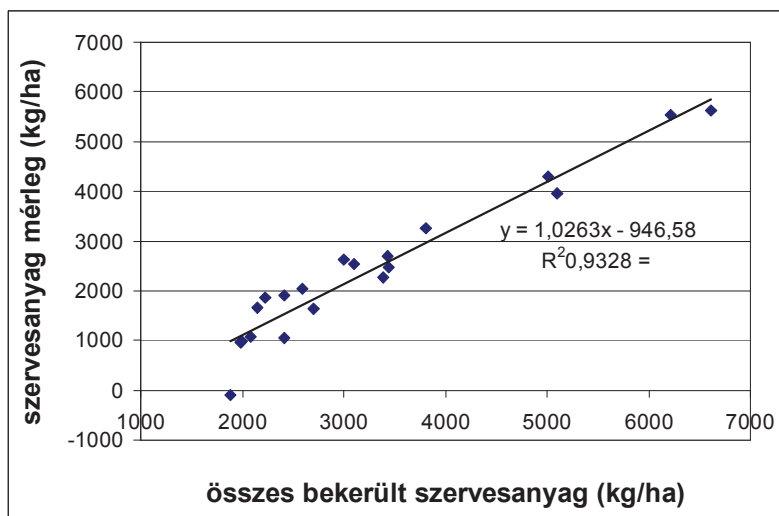
#### **Szervesanyag-forgalmi vizsgálatok**

##### *Tápanyagmérleg*

A befolyóvízzel (293 kg/ha; 11 %), a halnépesítéssel (81 kg/ha; 2,5 %), a trágyázással (399 kg/ha; 12 %) és a takarmányozással (2488 kg/ha; 76 %) bejutó összes szervesanyagot összevetve a lehalászott hallal (311 kg/ha, 37 %) és az elfolyóvízzel (522 kg/ha; 63 %) kikerült szervesanyag mennyiségekkel, a vizsgált halastavak átlagos szervesanyag-visszatartása 2427 kg/ha volt, ami az összes bekerült szervesanyag-mennyiség 74 %-a. Halbiomassza gyarapodás formájában  $231\pm 145$  kg/ha szervesanyag – az összes bekerült mennyiség  $6,6\pm 2,1$  %-a – kötődött meg (2. táblázat).

A halastavakba bekerült szervesanyag mennyisége és a szervesanyag-mérleg (3. ábra), vagyis a visszatartott szervesanyag mennyiségek között szoros pozitív kapcsolatot találtunk ( $r=0,92$ ;  $P<0,001$ ). A szervesanyag-mérleg csak egy tó esetében volt negatív, a többi halastó jelentős mennyiségű szerves anyagot tartott vissza. A halastavakba bekerült szerves anyag fő forrása a takarmány ( $76\pm 11$  %) volt, amelynek mennyiségét a népesítési intenzitás befolyásolta jelentősen.





**3. ábra:** A halastavak szervesanyag-mérlege és az összes bekerült szerves anyag közötti összefüggés

#### *A halhozamok hatása*

A halastavak bruttó halhozammal jellemzett termelési intenzitása és az elfolyóvíz szervesanyag-tartalma között – a nitrogénhez és a foszforhoz hasonlóan – nem találtunk összefüggést ( $r=0,03$ ;  $P>0,1$ ), vagyis a vizsgált halastavaknál a termelési intenzitás nem befolyásolta az elfolyóvíz szervesanyag-tartalmát.

#### *Víz-tápanyag mérleg*

A halastavak víz-szerves anyag mérlege megítélése már korántsem olyan pozitív, mint a nitrogén és a foszfor esetében volt. A kapott eredmények alapján átlagosan hektáronként 229 kg-mal több szervesanyag távozott a halastavak lecsapolása során, mint amennyi a feltöltő vízzel odaérkezett. A vizsgált tavak között mutatkozó nagy egyedi eltérések azonban nem az alkalmazott technológiából adódtak, mivel sem az alkalmazott népesítési sűrűség, sem a halhozam, sem a tóméret nem volt hatással az elfolyóvíz szervesanyag-tartalmára.

#### *Üledékvizsgálatok*

A vizsgált halastavak üledékének szárazanyagra vonatkoztatott szervesszén-tartalma  $30,5 \pm 44,3$  g/kg volt, azonban a tavak között jelentős eltérések mutatkoztak (2,1-162 g/kg száraz üledék). Az üledék és az elfolyóvíz szervesanyag-tartalma között nem találtunk összefüggést ( $r^2=0,07$ ;  $P>0,1$ ). Ugyancsak nem volt kapcsolat az üledék szervesanyag-tartalma és a szervesanyag-mérleg ( $r^2=0,12$ ;  $P>0,1$ ), illetve a népesítési szerkezeten belüli ponty arány ( $r^2=0,01$ ;  $P>0,1$ ) között sem.

### **Következtetések**

A vizsgálati eredményekből megállapítható, hogy a halastavak jelentős mennyiségű tápanyag visszatartására képesek. A vizsgálatba bevont halastavak évente hektáronként átlagosan 84 kg (53%) nitrogént, 21 kg (74%) foszfort és 2400 kg (74%)

szervesanyagot tartottak vissza. A vizsgálatba bevont tavak esetében a termelési intenzitás növekedésével, vagyis az elért hozamokkal nem járt együtt a halastavakból az elfolyóvízzel kibocsátott tápanyagok mennyiségének növekedése. Ezt támasztja alá a bekerült nitrogén-, foszfor- és szervesanyag mennyiségek és a visszattartásuk között meglévő erős lineáris regressziós kapcsolat ( $r^2=0,80$ ;  $0,97$  és  $0,92$ ), ami arra enged következtetni, hogy a halastavak tápanyag-feldolgozási kapacitása meghaladta az alkalmazott nitrogén-, foszfor- és szervesanyag-terheléseket. Más megközelítésből, de ugyanerre következtethetünk a tápanyagmérlegek fajlagos (kg/ha) és relatív (%) varianciájának összehasonlításából is. A nitrogénmérlegnél a területegységre számított mérleg varianciája [cv%] 62% ( $84\pm 52$  kgN/ha), míg a relatív mérlegé 48 % ( $53\pm 25$  %) volt. A foszformérleg esetében a varianciák közötti különbség tovább nőtt: (cv%=79,  $20,8\pm 16,4$  kgP/ha, illetve cv%=14 %,  $74\pm 10$  %), a szervesanyag-mérleg esetében pedig cv%=79 ( $20,8\pm 16,4$  kg/ha), illetve cv%=28 ( $74\pm 21$  %) volt. Mindez arra utal, hogy a vizsgált halastavak relatív tápanyag-visszattartása a bekerült tápanyagmennyiségektől függetlenül viszonylag állandó volt.

A halastavak környezeti szerepét értékelve megállapítható, hogy a vizsgált halastavak képesek voltak csökkenteni a befogadó vizek tápanyagterhelését, azáltal, hogy átlagosan 48 %-kal kevesebb nitrogén és 62 %-kal kevesebb foszfor távozott a lecsapolásuk során, mint amennyi a vízfeltöltés és vízpótlás során a tavakba került. Ugyanakkor a halastavakból távozó víz átlagosan 78 %-kal több szervesanyagot tartalmazott, mint amennyi oda a feltöltő vízzel érkezett, a lecsapoláskor megnövekedő szerves lebegőanyag koncentrációk következtében. Ezért a halastavak szervesanyag-terhelésének csökkentése érdekében javasolt a tavak lassú, felkeveredést nem okozó apasztása, valamint a lecsapolás végén kialakuló magas lebegőanyag-tartalmú elfolyóvizek utólagos szűrése, valamely kis beruházás igényű, egyszerű technikával, például a lecsapoló csatornák átalakításával (pl. áramlási sebességet csökkentő beavatkozással, mint szélesítés, növényesítés, stb.).

Az elfolyóvízzel távozó nitrogén mennyiségét tekintve a tavak között jelentős különbségek mutatkoztak. Az eredmények alapján megállapítható, hogy az elfolyóvízzel távozó nitrogénmennyiség elsősorban az üledék nitrogéntartalmától függött. A lecsapoláskor az elfolyóvízzel távozó nitrogén mennyisége azokban a tavakban haladta meg a vízfeltöltéssel érkezett mennyiségeket, ahol az üledékben magas nitrogén koncentráció volt mérhető ( $>10$  mg N g száraz üledék<sup>-1</sup>). Ez arra enged következtetni, hogy elsősorban a rossz műszaki állapotban lévő, feliszapolódott, illetve nem megfelelő tógazdasági gyakorlatot folytató halastavak esetén okozhat problémát az elfolyóvíz magas nitrogéntartalma.

A halastavakba bekerült szervesszén, nitrogén és foszfor tömegaránya 52:5,4:1 volt, ami kissé alacsony nitrogén ellátottságra utal. Ugyancsak az elsődleges termelés nitrogén limitáltságára utal, hogy a halastavak vizében az algák számára hozzáférhető szervetlen nitrogén (TIN) aránya szintén alacsony volt (TOC:TIN:PO<sub>4</sub>-P=102:2,3:1). Részben a nitrogén limitáltság lehet az oka, hogy a vizsgált halastavakban a természetes halhozam mennyiségek átlaga mindössze  $248\pm 253$  kg/ha ( $-179 - 799$  kg ha<sup>-1</sup>), az összes hozam arányában pedig 21 % ( $-37,3 - 46,7$  %) volt. Ami okszerűbb tápanyag-gazdálkodással, a halastavak termelőképességének fokozásával valószínűleg növelhető.

## Összefoglalás

A halastavak környezeti szerepét értékelve megállapítható, hogy a vizsgált halastavak csökkentették a befogadó vizek nitrogén- és foszforterhelését azáltal, hogy átlagosan 48 %-kal kevesebb nitrogén és 62 %-kal kevesebb foszfor távozott lecsapolásuk során, mint amennyi a vízfeltöltés és vízpótlás során a tavakba került. Ugyanakkor a halastavakból távozó víz átlagosan 78 %-kal több szerves anyagot tartalmazott, mint amennyi a feltöltő vízzel érkezett, a haltermelés által megnövekedett szerves lebegőanyag koncentrációk következtében.

Megfigyeléseink igazolták azt, hogy a tógazdasági haltermelés azon kevés állattenyésztési technológiák egyike, melynek során a gazdálkodási tevékenység nem jelent komoly környezeti kockázatot. Sőt, az emberi táplálkozásban bizonyítottan egészséget fenntartó és javító halhús úgy állítható elő, hogy jelentős mértékben hasznosítjuk a más művelési ágak által kibocsátott, az ott nem hasznosult tápanyagokat. A tógazdasági haltermelés során képesek vagyunk a megújuló természeti erőforrások hasznosítására. Megfelelő tógazdasági gyakorlat alkalmazásával, a tavi életközösségekben zajló folyamatokra építve, a befogadó vizek terhelésének minimalizálásával folytatható gazdaságos haltermelés, összhangban a természeti környezet megóvására vonatkozó törekvésekkel.

## Irodalomjegyzék

- Felföldy L. 1987. Biológiai vízminősítés. Vízügyi hidrobiológia 16, Vízgazdálkodási Intézet, Budapest. 258. p.
- Gál D., Kerepeczki É., Szabó P. és Pekár F., 2006. A tógazdasági haltermelés környezeti hatásainak felmérése. Agrártudományi Közlemények, 21: 19-24.
- Gál D., Kerepeczki É., Szabó P. és Pekár F. A tógazdasági haltermelés tápanyagforgalmi elemzése és az elfolyóvíz kibocsátás környezeti hatásainak felmérése. Halászat, 104(2): 57-64.
- Janurik E., 1985. Mintavétel. In: Oláh J., Janurik E., (szerk.) Sekély tavak nitrogénforgalmának mérési módszerei. A halhústermelés fejlesztése 12, Haltenyésztési Kutató Intézet, Szarvas. 31-42.
- Knösche, R., Schreckenbach, K., Pfeifer, M., Weissenbachm, H., 2000. Balances of phosphorus and nitrogen in carp ponds. Fisheries Management and Ecology 7: 15-22.
- Németh J., 1998. A biológiai vízminősítés módszerei. Vízi Természet- és Környezetvédelem 7, Környezetgazdálkodási Intézet, Budapest. 304. p.
- Oláh, J., Szabó, P., Esteky, A.A., Nezami, S.A., 1994. Nitrogen processing and retention in Hungarian carp farm. Journal of Applied Ichthyology 10: 335-340.
- Schneider, O., Sereti, V., Eding, E.H., Vereth, J.A.J., 2005. Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems. Aquacultural Engineering 32: 379-401.
- Schreckenbach, K., Knösche, R., Wedekind, H., Pfeifer, M., Weissenbach, H., Janurik, E., Szabó, P., 1999. Pond management and aquaculture. Institute für Binnenfischerei e. V. Potsdam, Sacrow. Project report, 34.

**Dénes Gál, Éva Kerepeczki, Pál Szabó and Ferenc Pekár**

*Research Institute for Fisheries, Aquaculture and Irrigation, Szarvas*

### **Abstract**

The aim of this study was to survey the water quality of fishponds, and determine the impact of fishponds on the nutrient loads of receiving waters and evaluate the nitrogen, phosphorus and organic matter budget of the fishponds. The investigated fishponds were able to retain high amount of nutrients. The retained nutrients represented on average 74 % of organic carbon, 53 % of nitrogen and 74 % of phosphorus introduced into the fishponds. In the fishponds, the ratio of organic carbon, nitrogen and phosphorus accumulated in fish biomass was 6.8 %, 18.4 % and 10.4 %, respectively.

By the estimation of the environmental impacts of the investigated fishponds it can be stated that the fishponds were able to improve the water quality, as 48 % and 62 % less nitrogen and phosphorus were discharged into the recipient water bodies, respectively. However 78 % more organic carbon was discharged with the effluent from the fishponds, than received with the inlet and supplement water primarily.

Our observations proved the pond fish culture is one of those few animal husbandry methods which has no deterioration effect on the environment. Moreover during the pond production of fish flesh – which has a proven health promotion effect on the human nutrition – excess nutrients discharged from other animal husbandry units can be utilised in fish ponds.

**Keywords:** fishpond, environmental impact, nutrient budget, water quality, sediment