

DEBRECENI EGYETEM
AGRÁRTUDOMÁNYI CENTRUM
MEZŐGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR
ÁLLATTENYÉSZTÉSTUDOMÁNYI TANSZÉK

ÁLLATTENYÉSZTÉSI TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető: Dr. Kovács András MTA doktora

Témavezetők:

Dr. Pócsi László
C.Sc

Dr. Váradi László
Ph.D.

„DOKTORI (Ph.D.) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI”

**KÖRNYEZETBARÁT, KOMBINÁLT TAVI HALTERMELŐ RENDSZEREK
FEJLESZTÉSE**

Készítette:
Gál Dénes
doktorjelölt

Debrecen
2006

I. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI

A édesvíz készletek kimerülése világszerte elősegítette a környezetbarát haltenyésztési technológiák fejlesztését. A fenntartható fejlődés biztosításának egyik alapvető feltétele a természeti erőforrások kíméletes hasznosítása, a természeti környezet minőségének megőrzése és javítása. Mivel a haltermelés az egyik legfontosabb természeti erőforrásunknak, a víznek a közvetlen hasznosítója, ezért a fejlesztése során is kiemelten kell foglalkozni a vízi erőforrások kíméletes és takarékos felhasználásával, illetve a vízi környezet védelmével.

Az intenzív akvakultúrának a természeti környezetet leginkább veszélyeztető hatása a termelési ciklus során szerves, illetve szervesanyagokkal terhelt elfolyóvíz kibocsátása által jelentkezik. A természetes vizek számára a fő problémát a szén, a foszfor és a nitrogén koncentrációjának megnövekedése okozza, amelyek a haltermelő rendszerekbe bekerülő tápanyagokból származnak. A takarmányként bejuttatott tápanyagoknak – részben biológiai, részben technológiai okok miatt – csak viszonylag kis hányada, mintegy 20-30 %-a (HARGRAVES, 1998; BRUNE et al., 2003; AVNIMELECH, 2006) hasznosul a haltermelés során.

A haltermelés által nem hasznosított tápanyagok a rendszerekben felhalmozódnak, ami a vízminőség romlásához vezet. Vízkezelési szempontból a haltermelő rendszereknek három csoportja különböztethető meg: (1.) recirkulációs, (2.) átfolyóvízes (ide értve a ketreces haltermelést is) intenzív iparszerű, illetve (3.) halastavi rendszerek. A recirkulációs elven működő rendszereknél a haltermelő részhez kapcsolt biológiai vízkezelő egységben a nem hasznosított tápanyagok egy részét szabályozott körülmények között, bakteriális lebontás által szabadítják fel szerves kötéseikből és bocsátják ki a légkörbe, mint pl. nitrogéngázt, illetve szén-dioxidot. A recirkulációs rendszerek működtetése során arra törekszenek, hogy a nem hasznosuló tápanyagokat minél előbb eliminálják, ezzel javítva a haltermelő közeg vízminőségét. Mindez speciális berendezések, mechanikai és biológiai szűrők energia- és költségigényes alkalmazását teszi szükségessé. A vízkezelési folyamat során a takarmánnyal a haltermelő rendszerbe került értékes tápanyagoknak mintegy 2/3-át elveszítjük. A Magyarországon az intenzív haltermelésben elterjedt ún. átfolyóvízes technológiák alkalmazásakor vízkezelés nem történik, a működésükhöz szükséges vízminőséget a rajtuk folyamatosan átáramló víz biztosítja. Mivel az átfolyóvízes rendszer nem rendelkezik vízkezelő egységgel, a belépő tápanyagok jelentős része a befogadó vizeket

terheli, ami a természetes vizeink további minőségromlásához, eutrofizálódásához vezet. Az előbbi iparszerű rendszerekkel ellentétben, a halastavi termelés során a tóba bejuttatott, a haltermelés által közvetlenül nem hasznosított tápanyagok egy része a tavi életközösség táplálkozási láncán keresztül a halak számára újból hozzáférhetővé válik.

Magyarországon az utóbbi tizenöt évben kezdtek elterjedni az intenzív medencés haltermelő telepek, de hazánkban e rendszerek elfolyóvizének kezelése teljes mértékben nem megoldott. Magyarországon 21000 tonna halat termelnek akvakultúrák rendszerekben, amelynek mintegy 9 %-át intenzív rendszerekben állítják elő (PINTÉR, 2005). Az intenzív körülmények között, főként átfolyóvízes rendszerekben megtermelt 1800 tonna haltömeg előállítására – becslésem szerint – 100 tonna nitrogénnel, mintegy 700 tonna szerves anyaggal és 30 tonna foszforral terheli meg a befogadó természetes vizeinket évente.

A haltermelés intenzitásának és mennyiségének várható növekedése, valamint a környezetvédelmi előírások jövőbeni szigorodása hatékony, új és környezetbarát haltermelő rendszerek kifejlesztését és alkalmazását teszik szükségessé. Erőfeszítések történtek a haltermelés elfolyóvize által okozott negatív környezeti hatások csökkentése érdekében, mint a recirkulációs üzemekben a biofilterek használata, a vizes élőhelyek és ülepítő tavak alkalmazása, valamint speciális elfolyóvíz kezelő berendezések beépítése. A vízi, gyakran halnevelés útján hasznosított ökoszisztémák egyre fontosabb szerepet töltenek be a tápanyagokkal terhelt, többnyire mezőgazdasági eredetű szennyvizek kezelésében. Számos nemzetközi és hazai példa mutatja (LAKATOS, 1998; VYMAZAL, 2001), hogy a természetes és mesterséges vízi ökoszisztémák alkalmasak szennyvizek és mezőgazdasági eredetű elfolyóvizek tápanyagtartalmának hatékony csökkentésére. Ázsiában több ezer éves hagyománya van az integrált rendszereknek, amelyek a primer rendszerből kibocsátott tápanyagokat hasznosítják egy kapcsolt halastavi rendszerben, így állítva elő többlet jövedelmet (CHANG, 1987; NACA, 1989; LIU és CAI, 1998).

NAYLOR és munkatársai (2000) a fenntartható haltermelés érdekében szükséges tennivalókat a következőképpen foglalják össze: az alacsony táplálkozási szinteken lévő halfajok termelésének kiterjesztése; a halliszt és halolaj felhasználásának csökkentése a haltakarmányokban; integrált haltermelő rendszerek fejlesztése; környezetbarát haltermelési gyakorlat támogatása. Ugyanakkor a fogyasztói igények változásával egyre

inkább a jó minőségű, értékesebb, elsősorban ragadozó fajok termelése növekszik, amelyeket elsősorban iparszerű rendszerekben, haltápok felhasználásával állítanak elő.

A haltermelő technológiák fejlesztése során kézenfekvő megoldásként vetődik fel, hogy az intenzív akvakultúra által kibocsátott elfolyóvíz kezelését halastavi ökoszisztémában oldjuk meg, illetve az intenzív akvakultúrát integráljuk a halastavi vízkezelő rendszerekkel. A halastavi vízkezelés során az akvakultúrák egységben a fel nem használt tápanyagok egy részének az eltávolítása biológiai folyamatok segítségével zajlik miközben a tápanyagok egy jelentős része halhússá alakul át. A vizsgált technológiai megoldás elve, hogy az intenzív tavak szerves és szervetlen tápanyagban feldúsult elfolyóvizének kezelése egy extenzív halastóban történik. Az extenzív halastó ökoszisztémája részt vesz az intenzív tavakból távozó tápanyagok átalakításában, visszatartásában és hasznosítja azokat egy újabb haltermelési ciklusban. A kombinált haltermelő rendszerek alkalmazása lehetőséget teremt az ökológiailag fenntartható és egyúttal piacképes terméket előállítani képes haltermelési gyakorlat folytatására.

II. A KUTATÁS CÉLKITŰZÉSEI

A munkám célja integrált, környezetbarát haltermelési technológia fejlesztése és vizsgálata volt, amely alkalmas az intenzív haltermelésből származó tápanyagok újbóli felhasználására. A disszertációmban a hagyományos tógazdasági haltermelés tápanyagforgalmát és környezeti hatásait mértem fel és vettem össze két integrált rendszerrel. Az egyik esetben egy olyan kapcsolt rendszert vizsgáltam, ahol az intenzív haltermelő részből származó elfolyóvíz közvetlenül hasznosult egy extenzív halastóban. A másik integrált rendszer esetében a többlet tápanyag feldolgozása egy osztott, algás és halastó egységből álló vízkezelő részben történt.

A különböző termelési egységek összekapcsolásával csökkenthető a haltermelés vízigénye és a környezetbe kibocsátott szerves és szervetlen tápanyagterhelés, miközben egységnyi takarmány felhasználásával több hal állítható elő. Céloom az akvakultúrák rendszerekbe bejuttatott tápanyagok hasznosulásának vizsgálata volt, valamint a tavi haltermelő rendszerek és környezetük közötti tápanyagforgalmi kölcsönhatások feltárása, a haltermelésre felhasznált tápanyagok hatékonyságának javítása érdekében.

Az előbbieken megfogalmazott célkitűzések megvalósítása érdekében az alábbi vizsgálatokat végeztem:

- 23 magyarországi halastó vízminőségének vizsgálata, a tógazdasági haltermelés környezeti hatásainak felmérése, a termelő halastavak és környezetük közötti tápanyagforgalmi kölcsönhatások vizsgálata;
- Kombinált intenzív-extenzív tavi haltermelő rendszer vízminőségének, valamint a tavak üledékében található tápanyagok mennyiségének folyamatos vizsgálata hároméves kísérleti periódus alatt, üzemi kísérletben;
- Kombinált intenzív-algamezős-halastavi rendszer vízminőségének folyamatos vizsgálata félüzemi kísérletben;
- A vizsgált akvakultúrák rendszerek tápanyagmérlegének összeállítása;
- A halbiomasszába beépített és újrahasznosított tápanyagok mennyiségének becslése a különböző rendszerekben.

III. A KUTATÁS MÓDSZEREI

A vizsgált rendszerek

Termelő halastavak környezeti hatásának vizsgálata

A vizsgálatokat 23 halastó termelési, víz és üledék vizsgálati eredményeinek összehasonlításával végeztem. A halastavak a Magyarországon jellemző kiegészítő gabona takarmányozáson alapuló, ponty-domináns, félintenzív tógazdálkodási technológiával üzemeltetett tavak közé tartoztak. Törekedtem 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 tavait egyaránt bevonjam a vizsgálatba.

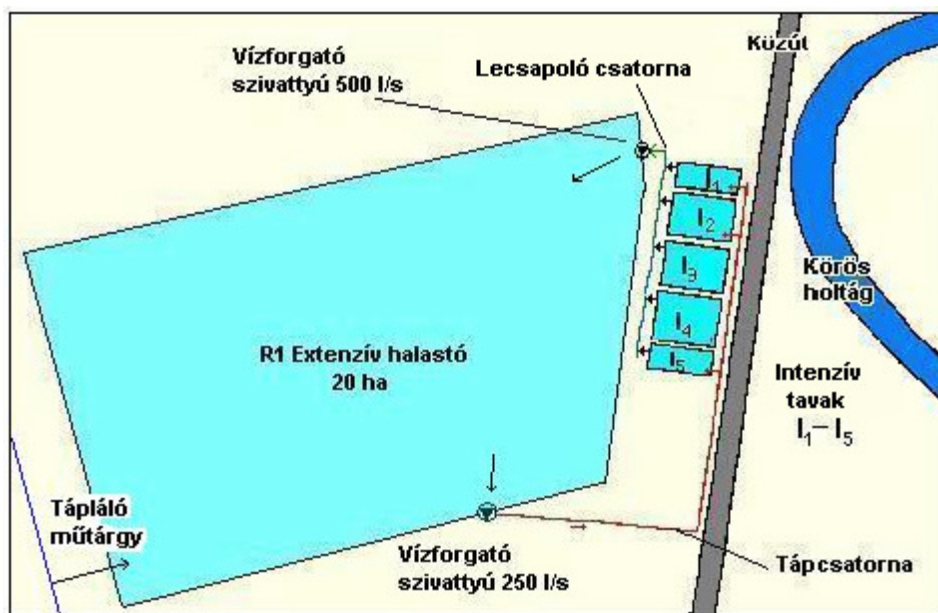
Az elemzések elvégzése érdekében a tavak technológiai paramétereit (népesítés, lehalászat, takarmányozás, trágyázás) a halastavak termelési nyilvántartása alapján összesítettem. A tavak be- és elfolyóvizének, valamint az üledékének nitrogén-, foszfor- és szervesszén-tartalma laboratóriumi analízissel került meghatározásra.

Kombinált intenzív-extenzív tavi haltermelő rendszer vizsgálata

Az üzemi kísérletsorozat végrehajtására 1999 és 2001 között került sor. A vizsgált tórendszer intenzív és extenzív tavak összekapcsolásával jött létre. A kísérleti tórendszer intenzív része öt, 1,0 ha összterületű, 1,5 m vízmélységű intenzív tóból, valamint egy 20 ha területű, 1 m vízmélységű vízkezelő, extenzív tóból állt (1. ábra). A kísérleti rendszer intenzív és extenzív része közötti vízforgatást szivattyúkkal biztosítottuk. Az intenzív tavak és az extenzív vízkezelő tó térfogat aránya 1999-ben 1:18, 2000-ben és 2001-ben 1:13,5 volt. A rendszer év közben zártan üzemelt, működése során vízcseré nem történt. A tavak lecsapolására évente egy alkalommal, a lehalászási időszak alatt került sor. A tenyészidőszak folyamán a rendszerben mindössze a vízvesztéséget pótoltuk.

A kombinált haltermelő rendszer intenzív tavaiban pontyot (*Cyprinus carpio*), afrikai harcsát (*Clarias gariepinus*) és tilápiát (*Oreochromis niloticus*) neveltünk. Az alkalmazott technológia jellemzői a magas népesítési sűrűség, az intenzív takarmányozás és a folyamatos vízátfolyás voltak. A rendszer működése során az intenzív tavak elfolyó vizének kezelése az extenzív halastóban történt. Az extenzív halastó ökoszisztémája részt vett az intenzív tavakból távozó tápanyagok átalakításában, visszatartásában és egy újabb haltermelési ciklusban való hasznosításában.

A vízkezelésre szolgáló halastóban olyan halfajokat – pontyot, fehér busa (*Hypophthalmichthys molitrix*) és pettyes busát (*Aristichthys nobilis*) – neveltünk ritka népesítéssel, kiegészítő gabona takarmányozással, amelyek fő tápláléka az intenzív tavak elfolyóvizének tápanyagtartalmát hasznosítva, a tóban elszaporodó természetes táplálék. Az így kezelt víz visszaforgatásra került az intenzív tavakba, ezáltal csökkent a haltermelés vízigénye és a környezetbe kibocsátott szerves és szervetlen tápanyagterhelés.



1. ábra: A kombinált intenzív-extenzív tavi haltermelő rendszer vázlata
(HAKI, Szarvas, Iskolaföld)

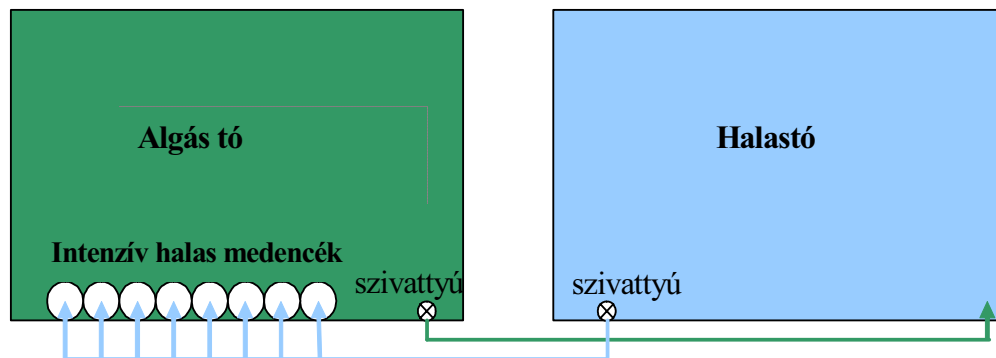
A napi vízcsera mértéke az intenzív tavakon 3-53 %, amíg az extenzív vízkezelő tó esetében 0,65-3,6 % között változott. A tenyésztési időszak alatti napi átlagos vízcsera mértéke az intenzív tavakon 11-26 %, a vízkezelő tó esetében 1,8 % volt.

A kísérleti tórendszer árasztásakor meghatározásra kerültek a feltöltő víz, lehalászáskor pedig az elfolyóvíz, valamint év közben a párolgási veszteség pótlásaként a rendszerbe juttatott víz paraméterei. A kísérleti időszak alatt tavanként rendszeresen, havonta vizsgáltuk a befolyó és az onnan távozó víz minőségét.

A rendszer minden tavának üledékét évente három időpontban vizsgáltuk: kora tavasszal, közvetlenül vízfeltöltést követően; nyáron, a tenyésztési időszak közepén; illetve ősszel, a lehalászást követően.

Osztott tavi haltermelő rendszer vizsgálata

Az intenzív haltermelésből származó elfolyóvizek kezelésére és újrahasznosítására egy kombinált, algás tóból és extenzív halastóból álló rendszert alakítottunk ki 2004-ben. Az így felépített kombinált haltermelő-algás rendszer három részből állt: intenzív halnevelő medencékből, algás tóból, ahol a szerves tápanyagtartalom az algaprodukciónál csökken, illetve egy halastó egységből (2. ábra), ahol az alga-biomasszát a halak fogyasztották.



2. ábra: A kísérleti rendszer sematikus ábrája (HAKI, Szarvas, Központi telep)

A kombinált rendszer intenzív halnevelő medencéinek együttes térfogata 8 m^3 volt. A vízkezelő rész algás és halastava 150 m^2 területű beton medencékben került kialakításra. Az algás tó vízmélysége 60 cm, a halastóé 1 m volt. A kísérleti rendszer halas medencéinek, algás és halastavának térfogataránya 1:11:19 volt. A tavi rendszer ugyancsak zártan, víz-visszaforgatásos rendszerként üzemelt, onnan kizárólag lehalászásakor távozott víz. Az intenzív medencék elfolyóvize gravitációsan jutott az algás tóba. Az algás tó és a halastó egység, valamint az intenzív medencék közötti vízforgatásra szivattyúkat alkalmaztunk. A rendszerben forgatott víz tartózkodási ideje az intenzív medencékben, az algás tó és a halastóban 0,1; 1,9 illetve 3,2 nap volt.

Az intenzív medencék népesítése afrikai harcsával (*Clarias gariepinus*) történt. A halastó egységbe pontyot (*Cyprinus carpio*) és nílusi tilápiát (*Oreochromis niloticus*) helyeztünk ki. Az algás tóban halnépesítés nem történt. Az intenzív medencék takarmányozása 47,5% nyersfehérje tartalmú harsatáppal történt. A naponta kijuttatott takarmány mennyisége a próbahalászatokkal becsült haltömeg 1,5%-a volt. A halastó egységben takarmányozás nem történt.

Az algás tó vizét az algaprodukciónak elősegítése érdekében folyamatosan kevertük egy, a tóba helyezett 1 kW teljesítményű búvárszivattyúval. Az algás tóban mért Secchi átlátszóság 15-20 cm, a keverés által létrehozott vízmozgás sebessége 10-15 cm s⁻¹ volt.

Heti két alkalommal a rendszer mindhárom elemében mértük az ammónium-, nitrit-, nitrát- és összes nitrogén, ortofoszfát- és összes foszfor, lebegőanyag, formált szervesanyag, biológiai oxigénigény (BOI₅) értékeket, valamint az algás és az extenzív halastóban a víztest klorofill-a tartalmát.

Elemzési módszerek

Tápanyagmérleg:

A begyűjtött és mért adatok alapján minden tónak kiszámítottam az éves egyszerűsített nitrogén-, foszfor- és szervesanyag-mérlegét, amelyet a befolyóvízzel, a népesítéssel, a trágyával és a takarmánnyal bekerült összes tápanyagmennyiség, illetve a tavakból lehalászott halbiomasszával és az elfolyóvízzel kikerült összes tápanyagmennyiség közötti különbségként kaptuk meg. Az egyszerűsített tápanyagmérleg kiszámítása során a szakirodalomban közölt módszert követtem (KNÖSCHE et al., 2000; SCHNEIDER et al., 2005). A tápanyagmérleg kiszámítása:

$$\text{Mérleg (retenció)} = \text{összes bekerült tápanyag} - \text{összes eltávozott tápanyag}$$

Be- és elfolyóvíz tápanyagmérleg (víz-tápanyag mérleg vagy nettó kibocsátás):

A tavak környezetükre gyakorolt hatásának elemzése érdekében elkészítettem a tápanyag-víz mérleget, amelyet a feltöltő vízzel érkező és az elfolyóvízzel távozó tápanyag mennyiségek különbségéből kalkuláltam.

Halhúsba beépített tápanyagok:

A haltömeg gyarapodás formájában (nettó hozam) visszatartott tápanyagok aránya az összes input tápanyag százalékában.

$$\text{TH (\%)} = \frac{\text{TA}_{\text{HALKI}} - \text{TA}_{\text{HALBE}}}{\text{TA}_{\text{BE}} - \text{TA}_{\text{HALBE}}} \times 100$$

ahol TH: nettó hozamban akkumulálódott tápanyag

TA_{HALKI}: a lehalászott haltömeg tápanyagtartalma

TA_{HALBE}: a népesítéssel bekerült tápanyagok mennyisége

TA_{BE}: összes bekerült tápanyagmennyiség

IV. AZ ÉRTEKEZÉS FŐBB MEGÁLLAPÍTÁSAI

Tógazdasági haltermelés környezeti hatásának vizsgálata

A vizsgálati eredményekből megállapítható, hogy a halastavak jelentős mennyiségű tápanyag visszatartására képesek. A vizsgálatba bevont halastavak ugyanis visszatartották a tavakba bekerült összes szerves szén mennyiségének átlagosan 74, a nitrogénnek 53 és a foszfornak 74%-át.

A halbiomassza-gyarapodással megkötött szerves szén, nitrogén és a foszfor összes bekerült tápanyagmennyiségek arányában átlagosan 6,8 %; 18,4 % és 10,4 % és volt.

A halastavak környezeti szerepét értékelve megállapítható, hogy a vizsgált halastavak képesek voltak javítani a természetes vizeink minőségét, 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 szerves anyagot tartalmazott, mint amennyi a feltöltő vízzel érkezett, a haltermelés által megnövekedett szerves lebegőanyag koncentrációk következtében.

A be- és elfolyóvíz nitrogén mérlegének esetében a tavak között jelentős eltérések mutatkoztak. Az eredmények alapján megállapítható, hogy az elfolyóvízzel távozó nitrogénmennyiség az üledék nitrogéntartalmától függött. A lecsapoláskor az elfolyóvízzel távozó nitrogén mennyisége azokban a tavakban haladta meg a vízfeltöltéssel érkezett mennyiségeket, ahol az üledékben kiugróan magas nitrogén koncentráció volt mérhető.

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 az intenzív állattenyésztési és haltermelési technológiáktól eltérően 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 környezettel.

Kombinált intenzív-extenzív tavi haltermelő rendszer vizsgálata

Az integrált, intenzív és extenzív egységből álló haltermelő rendszer működése során jelentős mennyiségű szerves és szervesetlen tápanyagot volt képes visszatartani, elsősorban az extenzív halastóban zajló folyamatok révén. A kísérleti rendszerben a hektáronkénti átlagos tápanyag-visszatartás szerves szén esetében $1935 \text{ kg ha}^{-1} \text{ év}^{-1}$, nitrogénél $116 \text{ kg ha}^{-1} \text{ év}^{-1}$, foszfornál $25 \text{ kg ha}^{-1} \text{ év}^{-1}$ volt. A vizsgált időszak alatt a rendszer visszatartotta az összes bevitt szerves szén 82 %-át, a nitrogén 62 %-át és a foszfor 73 %-át.

A szervesszén-, nitrogén- és foszformérlegből megállapítható, hogy a rendszerbe került tápanyagok jelentős, a hagyományos tavi haltermelő rendszereket meghaladó mértékben hasznosultak a halhozam formájában. Az összes bekerült szerves szénnek 8,6 %-át, a nitrogénnek 27,4 %-át és a foszfornak 12,8 %-át hasznosította halbiomassza-gyarapodás formájában a rendszer.

A 21 ha területű kísérleti tavi rendszer sikeresen működött üzemi körülmények között. A tavak közötti vízforgatás eredményesnek bizonyult; biztosította a rendszer intenzív és extenzív részei közötti anyagáramlást. A vízforgatás eltávolította az intenzív tavakból – a tápetetés következtében –, a rendszer egyéb részeihez képest fajlagosan magasabb szervesanyag-terhelést.

A tavi recirkulációs rendszer jól ötvözi az intenzív és az extenzív tavi haltermelés előnyeit. Az intenzív egység alkalmas magas népesítési sűrűségben értékes halfajok (afrikai harcsa, tilápia, tokfélék, lesőharcsa), illetve ponty intenzív nevelésére. Az extenzív egységben pontyra alapozott poli-, illetve bikulturás népesítési technológia alkalmazásával a hazai tógazdaságokat meghaladó hozamok érhetők el. A kombinált rendszer a meglévő, hagyományos tógazdálkodási építmények (telelő tavak és vízellátó berendezéseik, illetve nevelő tavak) összekapcsolásával viszonylag alacsony beruházási igény mellett biztosít kiemelkedő hozamokat.

Az intenzív és extenzív egységek közötti vízforgatással jelentősen csökkenthető volt a haltermelés vízigénye, valamint a környezet tápanyagterhelése. A technológia alkalmazása lehetőséget biztosít a magas szintű haltermelés folytatására a szigorodó környezetvédelmi előírások betartása mellett is. A kombinált intenzív-extenzív tavi haltermelő rendszerek szélesebb körű alkalmazása a fenntartható tavi halgazdálkodást és a vízi erőforrások kíméletes használatát szolgálja.

Osztott algás-halastó vízkezelő rendszer vizsgálata

Az osztott rendszer visszatartotta a bekerült szerves szén 62 %-át, a nitrogén 57 %-át és a foszfor 77 %-át. A fajlagos szerves szén visszatartás 3,2-szer, a nitrogén visszatartás 9,3-szor, a foszfor visszatartás 13,1-szer haladta meg a kombinált intenzív-extenzív rendszerben mértet.

A lehalászott haltömegben a vizsgált rendszer visszatartotta a bekerült szerves szén 31,9 %-át, a nitrogén 41,0 %-át és a foszfor 15,5 %-át.

Az intenzív vízkeverés elősegítette az algaprodukciót, az elsődleges termelés lényegesen meghaladta a más tavi rendszerekben tapasztalt értékeket. Az osztott vízkezelő rendszer a vizsgált hagyományos halastavak és a kombinált intenzív-extenzív rendszert is lényegesen meghaladó mértékben volt képes a tápanyagok feldolgozására.

Az intenzív halas medencék, az algás tó és az extenzív, nem takarmányozott halastó kombinációjából álló rendszer lehetővé tette az intenzív haltermeléssel kibocsátott tápanyagtartalom részleges hasznosítását és a kezelt elfolyóvíz visszaforgatását. A kombinált rendszer a működése során képes volt a haltermelés igényeinek megfelelő vízminőség fenntartására.

Az osztott rendszerű vízkezelő egysége állandó levegőztetést és vízkeverést igényelt. Az osztott algás-halás vízkezelő egységből álló rendszer esetében tisztázandó kérdésként merül fel, hogy milyen fajok alkalmazásával, illetve milyen technológiai beavatkozással növelhetnénk a keletkező alga és baktérium biomassza fogyasztását, tovább emelve a kiegészítő haltermelés által hasznosított tápanyagok arányát.

A természetközeli tavi vízkezelés hatékonyságát, eltérően a szabályozott körülmények között történő víztisztítástól, befolyásolja a környezeti tényezők változékonysága. Tisztázandó kérdésként merül fel a hőmérséklet és fényintenzitás hatása a tápanyagok feldolgozásának sebességére, annak érdekében, hogy meghatározzuk a szezonális, illetve az időjárási változások hatásait a vízkezelés hatékonyságára.

További vizsgálatok szükségesek arra nézve, hogy C:N:P arány szabályozásával hogyan növelhető a tápanyagok eltávolításának hatékonysága.

A vizsgált haltermelő rendszerek által felhasznált és kibocsátott tápanyagok mennyiségét az 1. táblázatban foglaltam össze.

1. táblázat: A vizsgált rendszerek által a haltermelés során felhasznált és kibocsátott tápanyagok mennyisége és a fajlagos vízfelhasználás

	Halastavak	Kombinált intenzív-extenzív rendszer	Osztott algás- halastó vízkezelő rendszer
1 kg hal előállításakor felhasznált összes tápanyag (g kg halbiomassza⁻¹)			
Nitrogén	120±37,9	90,4±15,45	69,7
Foszfor	24,1±22,5	16,0±1,40	15,7
Szerves szén	1318±341	1146±107	374
ebből takarmány eredetű tápanyag (g kg halbiomassza⁻¹)			
Nitrogén	50,1±14,9	55,1±5,66	49,9
Foszfor	7,29±1,76	9,91±2,13	6,94
Szerves szén	975±233	922±61,4	291
1 kg megtermelt halra eső tápanyag kibocsátás (g kg halbiomassza⁻¹)			
Nitrogén	23,7±27,1	6,35±3,01	0,68
Foszfor	2,40±2,66	1,86±1,57	0,56
Szerves szén	289±388	87,9±45,7	23,5
1 kg hal előállításakor felhasznált vízmennyiség (m³ kg halbiomassza⁻¹)			
	24,3±14,2	9,67±2,35	1,28

V. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Megállapítottam a vizsgált haltermelő rendszerek fajlagos nitrogén, foszfor, szerves anyag terhelését és a relatív tápanyag-visszatartását. A vizsgált hagyományos halastavak visszatartották átlagosan a tavakba bekerült összes nitrogén 53 %-át, az összes foszfor 74 %-át és az összes szerves kötésű szén 74 %-át. A kombinált intenzív-extenzív tavi haltermelő rendszer visszatartotta a bekerült összes nitrogén 62 %-át, az összes foszfor 73 %-át és az összes szerves kötésű szén 82 %-át. Az osztott algás-halastó rendszer visszatartotta a bekerült összes nitrogén 57 %-át, az összes foszfor 77 %-át és az összes szerves kötésű szén 62 %-át.
2. Összehasonlítottam a vizsgált haltermelő rendszereket a befogadó vizekre gyakorolt hatásuk alapján. Kimutattam, hogy a vizsgált halastavakból a lecsapolás során az elfolyó vízzel átlagosan 43 és 62 %-kal kevesebb nitrogén és foszfor, ugyanakkor 78 %-kal több szerves kötésű szén távozott, mint amennyi a feltöltő vízzel és a vízpótlással a tavakba került. Rámutattam, hogy a halastavakból távozó elfolyóvíz minősége és a lehalászott haltömeg között a kapott eredmények alapján nincs szignifikáns összefüggés. A kombinált intenzív-extenzív tavi haltermelő rendszer esetében az elfolyóvízzel 59 és 37 %-kal kevesebb nitrogén és foszfor, azonban több mint háromszoros mennyiségű szerves kötésű szén távozott a rendszerből, mint amennyi oda a feltöltővízzel és vízpótlással bekerült. Az osztott algás-halastó rendszert ért nagy tápanyagterhelés miatt, a lecsapoláskor távozó víz minősége eltérően alakult a kombinált intenzív-extenzív rendszerénél, illetve a hagyományos halastavaknál tapasztaltaktól. Az osztott algás-halastó rendszer esetében az elfolyóvízzel távozó tápanyagok mennyisége a szerves szén esetében 14-szer, a nitrogén esetében 4-szer, foszfor esetében közel 3-szor magasabb volt a befolyó vízzel érkezett mennyiségeknél.
3. Megállapítottam, hogy az intenzív és az extenzív haltermelés kombinációjával a halbiomasszában visszatartott tápanyagok mennyisége fokozható. Kimutattam, hogy a termelő halastavakban a tavakba bekerült összes nitrogénnek a 18,4 %-a, az összes foszfornak a 10,4 %-a és az összes szerves szénnek a 6,8 %-a akkumulálódott halbiomassza-gyapodás formájában. A kombinált intenzív-extenzív tavi haltermelő rendszerben a halbiomassza-gyapodással az összes bekerült nitrogén

27,4 %-a, az összes foszfor 12,8 %-a és az összes szerves kötésű szén 8,6 %-a hasznosult. Az osztott algás-halastó rendszer a lehalászott haltömegben visszatartotta a rendszerbe bekerült összes nitrogén 41,0 %-át, az összes foszfor 15,5 %-át és az összes szerves kötésű szén 31,9 %-át.

4. Az elsődleges termelés mértéke a nagy tápanyag-terhelésű, kevert vizű, osztott algás-halastó rendszerben többszörösen meghaladta a kombinált intenzív-extenzív rendszerben számítottat. A kombinált intenzív-extenzív rendszerben a bruttó elsődleges termelés átlagos mértéke $3,1 \text{ g C m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$, ezzel szemben az osztott algás-halastó rendszerben átlagosan $14,8 \text{ g C m}^{-2} \text{ nap}^{-1}$ volt. A kombinált intenzív-extenzív rendszer extenzív tavában a bruttó elsődleges termeléssel megkötött szerves szén mennyiségének az 5,1 %-a, az osztott algás-halastó rendszer halastó egységében 5,8 %-a akkumulálódott halbiomassza-gyapodás formájában.
5. Kiszámítottam a vizsgált haltermelő rendszerek esetében a haltermelés során az élő halbiomassza előállítására fajlagosan felhasznált tápanyagok mennyiségét és a fajlagos tápanyag kibocsátást. Megállapítottam, hogy a vizsgált halastavakban 1 kg halhozam előállításakor átlagosan 1328 g szerves kötésű szén, 120 g nitrogén és 14 g foszfor került felhasználásra, ugyanakkor az elfolyóvízzel a halastavak átlagosan 289 g szerves kötésű szenet, 24 g nitrogént és 2,4 g foszfort bocsátottak ki. A kombinált intenzív-extenzív rendszerben 1 kg halhozam előállításakor 1146 g szerves kötésű szenet, 90 g nitrogént és 16 g foszfort használtunk fel. A kombinált intenzív-extenzív rendszer 1 kg hal előállítása során átlagosan 88 g szerves kötésű szenet, 6,3 g nitrogént és 1,9 g foszfort bocsátott ki az elfolyóvízzel. Az osztott algás-halastó rendszerben 1 kg halhozam előállításakor 374 g szerves kötésű szén, 70 g nitrogén és 16 g foszfor került felhasználásra, ugyanakkor a rendszer 1 kg halhozamra vetítve az elfolyóvízzel 24 g szerves kötésű szenet, 0,7 g nitrogént és 0,6 g foszfort bocsátott ki. Az osztott algás-halastó rendszer által a haltermelés során a fajlagosan felhasznált és az elfolyóvízzel fajlagosan kibocsátott tápanyagok mennyisége lényegesen alacsonyabb volt, mind a hagyományos halastavi haltermelésnél, mind a kombinált intenzív-extenzív rendszerben számított mennyiségeknél.

VI. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

Az integrált rendszerek a működésük során egyaránt képesek voltak a haltermelés igényeinek megfelelő vízminőség fenntartására, lehetővé tették az intenzív haltermeléssel kibocsátott tápanyagtartalom részleges hasznosítását és a kezelt elfolyóvíz visszaforgatását. Az osztott algás-halastó vízkezelő rendszer a kombinált intenzív-extenzív rendszert meghaladó vízkezelési hatékonysággal rendelkezett.

Az intenzív haltermelésből származó folyékony hulladékok kezelését megoldhatja a halastavak, mint természetes vízkezelő rendszerek alkalmazása, amelyek egyúttal jelentős mennyiségű halhozam előállítására is képesek. A tápanyagforgalmi vizsgálatok alapján megállapítható, hogy egy extenzív halastó 1 hektárja 5-6 tonna intenzíven nevelt haltömeg elfolyóvizét képes feldolgozni.

A kombinált rendszerek a hagyományos halastavi termelést folytató gazdaságokban is viszonylag kis beruházással kialakíthatók, például telelő és termelő tavak kombinációjával, aminek révén az intenzív tavi haltermelés olyan előnyei érvényesíthetők, mint a nem hagyományos fajok termelése, és a rendszeres piaci ellátás. A gazdálkodók részére, a környezetbarát, fenntartható haltermelési technológiák bevezetését a Halászati Operatív Program és az Európai Halászati Alap pályázati forrásai is segítik.

A tavi kiegészítő haltermelés révén a halhozamba beépített tápanyagok aránya is emelkedik, csökken az egységnyi haltermék előállításakor felhasznált tápanyag, valamint a haltermelés által kibocsátott hulladékok mennyisége. A bemutatott integrált haltermelő rendszerek a haltermelés által visszatartott tápanyagok mennyiségét mintegy 5-10 %-kal képesek növelni.

A vízkezelés hatékonysága különböző technológiai megoldások alkalmazásával fokozható. A tápanyagok feldolgozásának sebességét a mesterséges levegőztetés és a tavak vizének keverése jelentősen növeli.

A fenntartható haltermelés egyik döntő alapeleme a természeti erőforrások hosszú távú védelme. A kombinált haltermelő rendszerek alkalmazása lehetőséget teremt a magas hozamú intenzív haltermelés és a környezetkímélő gazdálkodás együttes folytatására.

A kombinált rendszerek alkalmazása kielégíti az ökológiailag és ökonómiailag egyaránt fenntartható haltermelési gyakorlattal szemben támasztott követelményeket:

- gazdaságosan, a piac által keresett haltermék állítható elő,
- mindez környezetbarát módon, főként a megújuló erőforrások felhasználásával történik,
- ugyanakkor a haltermelő rendszerben fontos szerepet töltenek be azok az alacsony táplálkozási szinteket kihasználó halfajok, amelyek az intenzív haltermelés „hulladékaiból” állítanak elő halfehérjét, ezáltal növelve a haltermelés által hasznosított tápanyagok mennyiségét és arányát.

VII. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN

Lektorált tudományos közlemények

- **GÁL D.**, SZABÓ P., PEKÁR F., VÁRADI L. (2001): Kombinált intenzív-extenzív tavi haltermelő rendszer működésének tápanyagforgalmi tapasztalatai. Hidrológiai Közlöny. 81. 5-6. 364-366. p.
- **GÁL D.**, SZABÓ P., PEKÁR F. AND VÁRADI L. (2003): Experiments on the nutrient removal, retention and discharge of a pond ecosystem. Hydrobiologia. 506. 1. 767-772. p.
- KEREPECZKI É., **GÁL D.**, SZABÓ P., PEKÁR F. (2003): Preliminary investigations on the nutrient removal efficiency of a wetland-type ecosystem. Hydrobiologia. 506. 1. 665-670. p.
- **GÁL D.**, KEREPECZKI É., SZABÓ P., PEKÁR F. (2003): Halastavak környezeti terhelésének vizsgálata: nitrogénmérleg és nitrogén kibocsátás. Hidrológiai Közlöny. 83. 1-12. 52-54. p.
- KEREPECZKI É., **GÁL D.**, PEKÁR F. (2003): Kombinált halastó/wetland vízkezelő rendszer működésének tapasztalatai. Hidrológiai Közlöny. 83. 1-12. 71-73. p.
- **GÁL D.**, KEREPECZKI É., PEKÁR F., VÁRADI L. (2005): Environmental issues in Hungarian aquaculture and recent research on sustainable fish production. Lucrări Științifice Zootehnie Și Biotehnologii. 38. 500-505. p.
- **GÁL D.**, LEFLER K.K., RÓNYAI A. (2005): Effect of temperature on the sexual maturation of pike-perch (*Sander Lucioperca L.*). LARVI'05 European Aquaculture Society Special Publication 36. 160-163. p.
- **GÁL D.**, SZABÓ P., PEKÁR F., KEREPECZKI É., VÁRAI L. (2005): Tápanyag-visszatartás és eltávolítás vizsgálata egy integrált tavi rendszerben. Agrártudományi Közlemények. 16. 18-23. p.
- **GÁL D.**, RÓNYAI A., VÁRADI L. (2005): Kombinált alga-hal vízkezelő rendszer működésének tapasztalatai. Hidrológiai Közlöny. 85. 6. 35-37. p.
- **GÁL D.**, KEREPECZKI É., SZABÓ P., PEKÁR F. (2006): A tógazdasági haltermelés környezeti hatásainak felmérése. Agrártudományi Közlemények. 21. 19-24. p.
- **GÁL D.**, PEKÁR F., KEREPECZKI É., VÁRADI L. (2006): Experiments on the operation of the combined aquaculture-algae system. Aquaculture International. (in press)
- PAPP, ZS. GY., PEKÁR, F., KEREPECZKI É., **GÁL D.** (2006): Natural-origin off-flavours in fish related to feeding habits. Water Science and Technology. (in press)

Teljes közlemények nemzetközi és hazai konferencia proceedings-ben

- VÁRADI L., **GÁL D.**, SZABÓ P., KOVÁCS GY., VALENTINYI K., PEKÁR F. (2000): Kombinált intenzív-extenzív tavi recirkulációs rendszer működésének tapasztalatai, különös tekintettel a tápanyagforgalomra. A XXIV. Halászati Tudományos Tanácskozás, Haltenyésztési Kutató Intézet, Szarvas, 2000. május 24-25., Halászatfejlesztés, 24: 39-46. p.
- **GÁL D.**, SZABÓ, P., PEKÁR, F., VÁRADI, L. (2002): Development of a combined intensive-extensive pond fish production system for the sustainable use of natural resources. International Conference of Young Researchers, Ukrainian Academy of Sciences, Kiev, Ukraine, Feb. 22-28 2002, Abstract book, 8-10. p.

- **GÁL D., PEKÁR F., SZABÓ P., VÁRADI L.** (2002) Kombinált intenzív-extenzív tavi recirkulációs rendszer fejlesztése a természeti erőforrások fenntartható használatáért. Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban, Debreceni Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar, 2002. április 11-12., Környezetvédelem, természetvédelem, 5-10. p.
- **GÁL D., PEKÁR F., SZABÓ P., VÁRADI L.** (2002): Környezetbarát haltermelő rendszer fejlesztése. III. Alföldi Tudományos Tájgazdálkodási Napok, Tessedik Sámuel Főiskola Mezőgazdasági Főiskolai Kar, Mezőtúr, 2002. október 17-18., Termeléstechológia Vol. 2. 175-177. p.
- **KEREPECZKI É., GÁL D., PEKÁR F.** (2002): Intenzív halnevelő telepek elfolyó vizének kezelése halastavak és vizes élőhelyek alkalmazásával. A XXVI Halászati Tudományos Tanácskozás, Halászati és Öntözési Kutatóintézet, Szarvas, 2002. május 8-9., Halászatfejlesztés 27. 32-39. p.
- **VÁRADI L., BÉKEFI E., GÁL D.** (2003): Combined Extensive-Intensive Pond Fish Production System for the Sustainable Use of Natural Resources. International Symposium "Cold Water Aquaculture: Start in the XXI Century", Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Sept. 8-13 2003, Saint-Petersburg, Russia, Reports and Abstracts, 37-38. p.

Nemzetközi tudományos konferencia a konferencia kiadványban megjelent abstract-tal

- **GÁL, D., SZABO, P., PEKAR, F., VARADI, L.** (2001): Development of a combined intensive-extensive pond recirculation system. 37th Croatian Symposium on Agriculture, 19-23 February 2001, Opatija, Croatia.
- **GÁL, D., SZABÓ, P., PEKÁR, F., VÁRADI, L.** (2002): Experiments on the nutrient removal, retention and discharge of a pond ecosystem. Shallow Lakes 2002: International Conference on Limnology of Shallow Lakes, 25-30. May 2002, Balatonfüred, Hungary.
- **GÁL, D., SZABÓ, P., PEKÁR, F., VÁRADI, L.** (2002): Development of a combined intensive-extensive pond fish production system for the sustainable use of natural resources. International Conference of Young Researchers, Ukrainian Academy of Sciences, 25-28 February 2002, Kiev, Ukraine.
- **GÁL, D., RÓNYAI, A.** (2002): Oxygen consumption, growth and food conversion of young Nile tilapia fed with different diets. International Symposium on Nutrition and Feeding in Fish, 2-7 Jun 2002, Rhodos, Greece.
- **KEREPECZKI, É., GÁL, D., SZABÓ, P., PEKÁR, F.** (2002): Preliminary investigations on the nutrient removal efficiency of a wetland-type ecosystem. Shallow Lakes 2002: International Conference on Limnology of Shallow Lakes, 25-30 May 2002, Balatonfüred, Hungary.
- **KEREPECZKI, É., GÁL, D., PEKÁR, F.** (2002): Studies on the utilisation of discharged nutrients from an intensive fish production plant. International Symposium on Nutrition and Feeding in Fish, 2-7 Jun 2002, Rhodos, Greece.
- **GÁL, D., PEKÁR, F., VÁRADI, L.** (2002): Development of a water saving and environmental-friendly pond fish production system. 3rd National Scientific and Professional Conference with International Participation, 20-21 June, 2002, Bizovac, Croatia.
- **GÁL D., PEKÁR F., VÁRADI L.** (2003): Combined intensive-extensive pond fish production system for the sustainable use of natural resources. Aquaculture Europe-2003 „Beyond monoculture”, 8-12 August 2003, Trondheim, Norway.

- VÁRADI, L., BÉKEFI, E., GÁL, D. (2003): Combined extensive-intensive pond fish production system for the sustainable use of natural resources. International Symposium, “Cold water aquaculture: Start in the XXI century”, St. Petersburg, Russia, September 8-13, 2003.
- RÓNYAI, A., GÁL, D., KOVÁCS, E. (2003): Propagation of pike-perch (*Stizosteidon lucioperca*) under controlled conditions. Percis III. The Third Percid Fish International Symposium, Madison, Wisconsin, USA, July 20-24, 2003.
- GÁL, D., PEKÁR, F., VÁRADI, L. (2004): Reducing environmental impacts of intensive fish production by integration with a high-rate algal pond and an extensive fishpond. Aquaculture Europe 2004. „Biotechnologies for quality”, Barcelona, Spain, October 20-23, 2004.
- GÁL D., PEKÁR F., KEREPECZKI É., VÁRADI L. (2005): Waste treatment and reuse of intensive fish production in pond recirculation systems. New Challenges in Pond Aquaculture, České Budějovice, Czech Republic, April 26 – 28, 2005.
- GÁL D., LEFLER K.K., RÓNYAI A. (2005): Effect of temperature on the sexual maturation of pike-perch (*Sander Lucioperca L.*). LARVI'05 Fish and Shellfish Larviculture symposium, Ghent, Belgium, September 3-7.

Magyar nyelvű tudományos konferencia a konferencia kiadványban megjelent összefoglalóval

- VÁRADI L., GÁL D., SZABÓ P., KOVÁCS GY., VALENTINYI K., PEKÁR F. (2000): Víztakarékos és környezetbarát tavi haltermelő rendszer fejlesztése: Kombinált intenzív-extenzív tavi recirkulációs rendszer működésének tapasztalatai. XXIV. Halászati Tudományos Tanácskozás, Haltenyésztési Kutató Intézet, Szarvas, 2000. május 24-25.
- GÁL D., SZABÓ P., PEKÁR F., VÁRADI L. (2000): Kombinált intenzív-extenzív tavi haltermelő rendszer működésének tápanyagforgalmi tapasztalatai. XLII. Hidrobiológus Napok, Tihany, 2000. október 4-6.
- GÁL D., SZABÓ P., PEKÁR F., VÁRADI L. (2002): Kombinált intenzív-extenzív tavi haltermelő rendszer fejlesztése a természeti erőforrások fenntartható használatáért. Tessedik Sámuel Jubileumi Mezőgazdasági Víz- és Környezetgazdálkodási Tudományos Napok, Tessedik Főiskola Mezőgazdasági Víz- és Környezetgazdálkodási Főiskolai Kar, Szarvas, 2002. augusztus 29-30.
- KEREPECZKI É., GÁL D., PEKÁR F. (2002): Intenzív halnevelő telepek elfolyó vizének kezelése halastavak és vizes élőhelyek alkalmazásával. XXVI. Halászati Tudományos Tanácskozás, Halászati és Öntözési Kutatóintézet, Szarvas, 2002. május 8-9.
- GÁL D., KEREPECZKI É., SZABÓ P., PEKÁR F. (2002): Halastavak környezeti terhelésének vizsgálata: nitrogénmérleg és nitrogén kibocsátás. XLIV. Hidrobiológus Napok, Tihany, 2002. október 2-4.
- KEREPECZKI É., GÁL D., PEKÁR F. (2002): Kombinált halastó-wetland vízkezelő rendszer működésének tapasztalatai. XLIV. Hidrobiológus Napok, Tihany, 2002. október 2-4.
- GÁL D., SZABÓ P., PEKÁR F., VÁRADI L. (2002): Környezetbarát haltermelő rendszer fejlesztése. III. Alföldi Tudományos Tájgazdálkodási Napok, Mezőtúr, 2002. október 17-18.
- RÓNYAI A., GÁL D. (2003): Előzetes adatok a tápon nevelt fogassüllő növekedéséről és takarmány-hasznosításáról. XXVII. Halászati Tudományos Tanácskozás, Halászati és Öntözési Kutatóintézet, Szarvas, 2003. május 7-8.

- **GÁL D., RÓNYAI A., VÁRADI L.** (2004): Kombinált alga-hal vízkezelő rendszer működésének tapasztalatai. XLVI. Hidrobiológus Napok, Tihany, 2004. október 6-8.
- **GÁL D., SZABÓ P., PEKÁR F., KEREPECZKI É., VÁRADI L.** (2004): Tápanyag-visszatartás és eltávolítás vizsgálata egy integrált tavi rendszerben. Tudományos Napok, Debreceni Egyetem, 2004. november 15.
- **GÁL D.** (2005): Kombinált tavi termelő rendszerek fejlesztése. 73. Országos Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Kiállítás (OMÉK), Fiatal Agrárkutatók Fóruma, Budapest, 2005. szeptember 1.

Egyéb szakmai közlemények

- **VÁRADI L., GÁL D., PEKÁR F., SZABÓ P.** (2001): Combined Extensive-Intensive Pond Fish Production System for the Sustainable Use of Natural Resources. Hungarian Agricultural Research. 10. 2. 13-15. p.
- **GÁL D.** (2003): The effect of retention time on the nutrient removal in a high rate algal pond. Reserch Report. Wageningen University, Wageningen, The Netherlands. 51. p.
- **GÁL D., KEREPECZKI É., SZABÓ P., PEKÁR F.** (2002): A tógazdasági haltermelés környezeti hatásainak felmérése különböző haltermelési technológiák alkalmazása mellett. Kutatási jelentés, Halászati és Öntözési Kutató Intézet, Szarvas, 33. p.
- **GÁL D., XINTHUA, Y.** (2005): A kínai édesvízi akvakultúra fejlődése. Halászat. 98. 4. 156-160. p.