

DEBRECENI EGYETEM
AGRÁRTUDOMÁNYI CENTRUM
Mezőgazdaságtudományi Kar
Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskolája
Állattenyésztés- és Takarmányozástani Tanszék

Témavezető: Dr. Pócsi László
a biológiai tudományok kandidátusa

ERŐFORRÁS KÍMÉLŐ HALTERMELŐ RENDSZEREK FEJLESZTÉSE,
KÜLÖNÖS TEKINTETTEL AZ INTEGRÁCIÓRA

Váradai László

Debrecen
2001

**ERŐFORRÁS KÍMÉLŐ HALTERMELŐ RENDSZEREK FEJLESZTÉSE,
KÜLÖNÖS TEKINTETTEL AZ INTEGRÁCIÓRA**

**Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében
az agrártudományok területén, az állattenyésztés tudományában**

Írta: Váradi László okleveles mezőgazdasági gépészmérnök

**Készült a Debreceni Egyetem
Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskolájában**

Témavezető: Dr. Pócsi László

A doktori szigorlati bizottság:

Elnök: Dr. Veress László, egyetemi tanár
Tagok: Dr. Horváth László, egyetemi tanár
Dr. Pócsi László, egyetemi docens
Jegyző: Dr. Komlósi István, egyetemi docens

A doktori szigorlat időpontja: 1998. május 8.

Az értekezés bírálói:

Dr. Horváth László, egyetemi tanár
Dr. Müller Ferenc, a mg. tudományok kandidátusa

A bírálóbizottság:

Elnök: Dr.

Tagok: Dr.

Dr.

Dr.

Dr.

Az értekezés védésének időpontja: 2001. április 12.

TARTALOMJEGYZÉK

1.	Bevezetés	1
2.	Irodalmi áttekintés	5
2.1.	Erőforrás kímélő (víztakarékos és környezetbarát) haltermelési rendszerek fejlesztése	5
2.2.	Integrált haltermelési rendszerek, mint az erőforrás kímélő élelmiszer termelés hatékony eszközei	8
2.2.1.	Integrált akvakultúra	8
2.2.2.	A haltermelés és az állattenyésztés integrációja	10
2.2.3.	A haltermelés és a növénytermesztés integrációja	18
2.2.4.	A haltermelés és a vízgazdálkodás integrációja	23
2.2.5.	A haltermelés és a szennyvízkezelés integrációja	25
3.	A saját vizsgálatok célkitűzései, indokolása és módszere	27
4.	Erőforrás kímélő haltermelő rendszerek fejlesztése	29
4.1.	A hagyományos hal-kacsa integráció fejlesztési lehetőségeinek vizsgálata ...	29
4.1.1.	Pecsenyekacsa nevelő rendszerek	29
4.1.2.	A különböző integrált hal- és kacsatenyésztő rendszerek nagyüzemi alkalmazásának eredményei	32
4.1.3.	Főbb megállapítások	37
4.2.	Kombinált extenzív-intenzív tavi haltermelő rendszer fejlesztése	38
4.2.1.	A rendszer és a technológia alapelemeinek leírása, illetve a vizsgálati program és a várható eredmények ismertetése	38
4.2.2.	A rendszer 1998. évi működésének tapasztalatai	43
4.2.3.	A rendszer vizsgálatának 1999. évi tapasztalatai	47
4.2.4.	A rendszer tápanyagforgalmi vizsgálata	53
4.2.4.1.	A rendszer összes tápanyagterhelése	53
4.2.4.2.	A tápanyagforgalom vizsgálata a tenyésztési időszak különböző szakaszaiban	56
4.2.4.3.	A rendszer által feldolgozott anyagmennyiségek	61
4.2.4.4.	Az üledék szerepe a tavi anyagforgalomban	62

4.2.5.	Gazdaságossági elemzések	65
4.2.6.	Következtetések és javaslatok	66
4.3.	Az iparszerű haltermelő rendszerek	68
4.3.1.	Az iparszerű haltermelő rendszerek működésének főbb elméleti alapjai	72
4.3.1.1.	Az iparszerű haltermelés vízhasznosítási formái.....	72
4.3.1.2.	Az iparszerű haltermelés biológiai vonatkozásai	76
4.3.2.	Recirkulációs rendszerek létesítése és üzemeltetése hazánkban	83
4.3.2.1.	A HAKI kísérleti recirkulációs rendszere	83
4.3.2.2.	Lassú áramlású ikerárkos haltermelő rendszer mamutszivattyús vízforgatással	90
4.3.2.3.	Haltermelő rendszer mamutszivattyús vízforgatással és rendszeres üledékeltávolítással	93
4.4.	Integrált haltermelési technológiák fejlesztése Vietnamban, a Mekong folyó deltavidékén	99
4.4.1.	Akvakultúra a Mekong-deltában	99
4.4.2.	Integrált haltermelő rendszerek fenntartható fejlesztése	102
4.4.2.1.	Szocio-ökonómiai felmérés főbb eredményei	103
4.4.2.2.	Öko-technológiai felmérés főbb eredményei	105
4.4.2.3.	Félüzemi kísérletek eredményei	110
4.4.2.4.	Következtetések és javaslatok	113
4.4.3.	Halkeltetők fejlesztése Vietnamban	115
4.5.	Az integrált erőforrás gazdálkodás alapjai és lehetőségei hazánkban, a fenntartható halászat fejlesztése során	120
4.5.1.	Vízi erőforrások és azok hasznosítása hazánkban	120
4.5.2.	A vízi erőforrásokért folytatott verseny konfliktusai	125
4.5.3.	A haltermelés integrációjának lehetőségei	127
5.	Új eredmények, következtetések és javaslatok	130
5.1.	Az új eredmények rövid összefoglalása	130
5.2.	Következtetések és javaslatok	131
6.	Összefoglalás	136
	Irodalomjegyzék.....	138

1. Bevezetés

Az akvakultúra az élelmiszergazdaságnak egy olyan sajátos területe, amely magában foglalja a halászat legősibb elemeit, például a hálózást, de amelyre egyre inkább jellemző a korszerű technika használata is. A technikai-technológiai sokféleség a hagyományos tavi halgazdálkodástól, az éghajlattól való függetlenséget is lehetővé tevő iparszerű telepeken történő haltermelésig terjed világszerte. Hazánkban is egyre nagyobb változatosságot mutat a haltermelési szektor, amelyben ugyan dominál a tógazdasági haltermelés - melyen belül is különböző technológiai változatok széles skáláját találhatjuk meg - azonban növekszik a szerepe a geotermikus energia hasznosításán alapuló iparszerű haltermelési technológiáknak is.

Az akvakultúrának ez a nagy változatossága nem véletlen, hiszen ez a speciális élelmiszertermelési mód egyedülállóan kapcsolódik a természeti környezethez, és sokarcúsága a természeti környezet sokféleségével függ össze. A szántóföldhöz hasonlóan a halastavakban a fehérje a szerves és szervetlen anyagok átalakulásával, a napenergia megkötésével képződik a környezet által megszabott lehetőségek határain belül. A szántóföldi növénytermesztés fejlődése azonban a természeti környezet jelentős mértékű átalakításával járt, az akvakultúrára azonban alapvetően a természeti környezethez való alkalmazkodás a jellemző szerte a világon; így Magyarországon is. Vannak ugyan példák az erőltetett és a természeti környezet terhelhetőségét figyelmen kívül hagyó akvakultúra fejlesztési programokra is, mégis általában véve az akvakultúra az erőforrások ésszerű hasznosításán alapul. Az ugyanis olyan tevékenység, amely a természeti környezettel, a vízi erőforrásokkal szoros kölcsönhatásban áll, és a hasznosítónak elemei érdeke a természettel való egyensúly megteremtése. Bár az akvakultúras tevékenységet sokszor éri az a vád, hogy a haltermelő telepek, gazdaságok elfolyó vize szennyezi a környezetet, azonban világszerte számtalan vizsgálat igazolja, hogy ez az esetleges szervesanyag terhelés messze eltölpül az ipari, mezőgazdasági és egyéb emberi tevékenységek által okozott környezetszennyezés mellett. Sőt, a megfelelően üzemeltetett halastavak esetén a kifolyó víz minősége sok esetben jobb, mint a befolyóé, vagyis a halastó szerves anyag feldolgozó/hasznosító rendszerként is működhet.

A hazai akvakultúra fejlesztés is jó példája annak, hogy a halászat hogyan próbálja megteremteni a harmóniát a természeti környezettel. Az első hazai halastavakat éppen a termőföld területek növelését célzó folyószabályozások egyik negatív hatásának, a természetes halhozamok csökkenésének kompenzálására építették. A halgazdaságokat olyan mocsaras, kedvezőtlen adottságú területeken hozták létre (pl. Biharugra, Hortobágy), ahol azok nem csak a környéken élő emberek életfeltételeit és a hazai halellátást javították, de hozzájárultak a természeti értékek megőrzéséhez is. Ez több évtized távlatából is egyértelműen beigazolódott, hiszen Biharugra és Hortobágy ma értékes és védett természeti területek.

Az akvakultúra, illetve azon belül elsősorban a tógazdasági halászat tehát olyan „természet-közeli” élelmiszertermelő tevékenység, amely jellegénél fogva szoros kölcsönhatásban áll a természeti környezettel. A halastavak nemcsak használják a természeti - elsősorban vízi - erőforrásokat, de szervesanyag-feldolgozó, víztároló, élőhely teremtő képességükkel pozitív hatással vannak környezetükre, segítik azok állapotának megőrzését, minőségük javítását. Az akvakultúra sokfélesége egyben példája is a természeti feltételekhez történő alkalmazkodásnak. A vízi élőlények előállítására irányuló tevékenység azonban még egy szűkebb régióban sem egyedüli hasznosítója a természeti erőforrásoknak, hanem szorosan kapcsolódik a természeti-gazdasági-társadalmi környezethez. Más termelő tevékenységekhez viszonyítva általában véve - a tavi halgazdálkodás különösen - a természeti környezetet kímélő tevékenység, mégis sok esetben marad alul az erőforrások hasznosításáért vívott éleződő versenyben. Ennek egyik oka az akvakultúra viszonylagos fejletlensége és így az akvakultúra érdek-csoport gyengesége. A természetes vizek fogásai ugyanis hosszú ideig biztosították a lakosság hal-, rák-, és kagyló igényét, de az akvakultúra csak akkor kezdett el fejlődni, amikor a természetes vizekből származó vízi táplálékok mennyisége már nem tudott lépést tartani az egyre növekvő igényekkel.

Ugyanakkor meg kell állapítani, hogy az akvakultúra „természet-közelsége” éppen a viszonylagos fejletlenségének is következménye. Amíg a természetes környezetet szimuláló halastavakban folyó haltermelés valóban környezetkímélő tevékenység, addig a modern „halgyárak” erőforrás hasznosításukat és környezeti terhelésüket illetően már nem sokban különböznek más intenzív állattartó teleptől. Azonban a világ akvakultúrájában általában véve is - de hazánkban különösen - a hagyományos

haltermelési technológiák a meghatározóak. Így az akvakultúra az élelmiszertermelés egy olyan speciális szektorának tekinthető, amely elvileg megfelel a természeti erőforrások hasznosításával szemben a harmadik évezred küszöbén megfogalmazott új kritériumoknak.

Nem lehet azonban az akvakultúra viszonylagos fejletlenségét konzerválni, hiszen a természetes vizek fogásai a becslések szerint tovább nem növelhetők, és a gyarapodó népesség hal iránti igényét egyre inkább az akvakultúrának kell kielégíteni. Elképzelhető természetesen, hogy a növekvő állatifehérje iránti igényt az akvakultúra-termékek rovására nagyobb mértékben fedezik más termékek (pl. baromfi), de a piacok feladása nem lehet az akvakultúra fejlesztés perspektívája. Szükségszerű tehát a termelés mennyiségi és minőségi fejlesztése, de azt úgy kell végrehajtani, hogy megfeleljen a szigorodó környezetvédelmi előírásoknak, és versenyképes legyen más erőforrások hasznosítóival.

Bár a tavi halgazdálkodás fentebb ismertetett természetkímélő (sőt a természeti környezet minőségét javító) tulajdonsága bizonyított, a tógazdasági haltermelés fejlesztése is az intenzitás növelésének irányába mutat. Ez - hasonlóan a mezőgazdaság más ágazataiban korábban már bekövetkezett folyamatokhoz - csökkentheti természetkímélő jellegét. Számos - köztük hazai - példa bizonyítja azonban, hogy az extenzív és intenzív tavi technológiák célszerű kombinációjával eliminálható az intenzív tavi termelés esetleges környezet-károsító hatása, illetve elősegíthető az erőforrások fenntartható hasznosítása. Az értékes vízi élőlények piacában rejlő lehetőségekre tekintettel várhatóan növekszik az iparszerű (elsősorban természetes-energia (pl. geotermikus) hasznosításán alapuló) haltermelés súlya is, ami jelentősen megváltoztatja az akvakultúra arculatát. Az iparszerű haltermelés korszerű ismeretek és berendezések alkalmazásával megfelelhet a fenntartható fejlesztés kritériumainak. Az iparszerű rendszerek azáltal, hogy egységnyi víztömegre és területre vetítve igen magas halhozamokat biztosítanak, megkímélik a felszíni vizeket attól, hogy azokon erőltetett mértékű haltermelés, illetve halászat folyjék.

A más élelmiszer termelő ágazatokhoz képest ma még világszerte többnyire hagyományos technológiákat alkalmazó akvakultúra az ezredfordulóra válaszüthöz érkezett, és a fejlesztésével foglalkozó szakemberek világszerte keresik a választ a benne rejlő potenciális lehetőségek jobb kihasználására. Az akvakultúra viszonylagos

fejletlensége bizonyos előnyöket is jelenthet, hiszen megvan a lehetősége a sokoldalú fejlesztésnek és az erőforrás hasznosítói körbe történő rugalmas beintegrálódásnak. A fejlesztés kulcskérdésévé vált tehát az integráció; annak a sajátos lehetőségnek a kihasználása, hogy az akvakultúra ne csak mint erőforrás hasznosító versenytárs, de mint komplementáris lehetőségeket is biztosító, kiegyenlítő és szolgáltató partner vegyen részt az erőforrások hasznosításában. A dolgozat egyik célja az akvakultúra ezen sajátos elemeinek, és az integráció lehetőségének bemutatása nemzetközi és hazai példák alapján.

Az integráció lehetőségei nagymértékben megtalálhatók a hazai halgazdálkodásban is, és tanúi lehetünk a kényszerű körülmények hatására bekövetkező spontán diverzifikációnak és integrációnak. A hazai halászat azonban sokkal jobban kihasználhatná a sajátosságában rejlő potenciális előnyöket a piacokért és az erőforrásokért folytatott hazai és nemzetközi versenyben, ha a fejlesztések tudatosan és tervezetten mennének végbe. Ráadásul a hazai halászatnak nemzetközi mércével mérve is jelentős eredményei és tapasztalatai vannak nem csak a haltenyésztésben, de az integrált haltermelésben is, és értékes tudományos eredmények állnak rendelkezésre a halászat és a természeti környezet kapcsolatrendszerének összefüggéseire vonatkozóan. Az integrációt még a szakmai közvélemény is nagyon sok esetben leegyszerűsíti, és alatta elsősorban vízi szárnyasok és egyéb szárazföldi állatok trágyájának halastavi hasznosítását értik. Hogy az integrációban rejlő lehetőségeket kihasználhassuk a hazai halászatfejlesztési programokban, alapvetően szükség van a köztudatban elterjedt integráció fogalom ártértékelésére. Így tehát a dolgozat kiemelt célja az integrációval nagyon szorosan összefüggő komplexitás lényegének és szükségességének a bemutatása. Annak az érzékeltetése, hogy az alkalmazott technológiáknak, a termelés volumenének és intenzitásának széles határok között úgy kell változniuk (fejlődniük), hogy legjobban megfeleljenek az adott régió, illetve terület természeti-gazdasági-társadalmi adottságai által meghatározott feltételeknek. Ez az előfeltétele az integrációnak, amely leegyszerűsítve azt jelenti, hogy az akvakultúra interaktív módon tudatosan és tervezetten együttműködik más (halászati és nem halászati) erőforrás hasznosítókkal az adott termelési technológia alkalmazása során. A dolgozat tudományos eredmények hasznosításán alapuló gyakorlati példák alapján mutatja be az integráció korlátait és lehetőségeit.

2. Irodalmi áttekintés

Az alábbiakban – a dolgozat témájának sajátos jellege miatt – csak azon irodalom viszonylag szűk köre kerül ismertetésre, amely a témát általánosan érinti, illetve amely a kifejtettekhez példaként szolgál. A dolgozat egyes szerkezeti egységeihez közvetlenül kapcsolódó irodalmi hivatkozásoknak, adatoknak az adott helyen történik az említése.

2.1. Erőforrás kímélő (víztakarékos és környezetbarát) haltermelési rendszerek fejlesztése

Csakúgy, mint az egyéb állattenyésztési ágazatok, a haltenyésztés sem új keletű. A kultúra fejlődése azonban az állattenyésztést ősi foglalkozásból tudományá alakította az elmúlt évszázadban. A szabályozott környezeti feltételek között történő haltermelés, illetve az ezt lehetővé tevő műszaki és biológiai megoldások fejlesztésére irányuló kutatások a hetvenes évek elején már sokkal inkább a környezettől való függetlenség kialakítása érdekében kezdődtek meg (MESKE, 1973; NAGEL, 1979). Ez nem csak a szabályozhatatlan, zavaró hatások kiküszöbölését jelenti, de hasonlóan fajsúlyos kérdéssé vált a környezet védelme is.

Az éghajlat, az időjárási viszonyok, a közvetlen természeti környezet (táplálék konkurrensok, ragadozók, stb.) nem kívánt hatásainak elkerülése érdekében a termelési egység és a környezet szétválasztása volt a cél, ami egyidejűleg a haltermelésnek a környezetre gyakorolt esetleges kedvezőtlen hatását is mérsékelte. Lényegében e törekvés vezetett az egyre zártabb rendszerek fejlesztéséhez, melyek mai legjellemzőbb formái recirkulációs rendszerként üzemelnek. Ezen rendszerek elterjedése azonban – a lényegükből adódó előnyök ellenére – számos nehézségbe ütközött, melynek okait ROSENTHAL (1981) részletesen ismerteti.

Napjainkban az akvakultúra fejlesztésével szembeni követelmények tovább növekednek, és nemcsak a közvetlen környezet megóvása, kímélete a feladat, hanem általában az erőforrások (például a halliszt alapanyagul szolgáló halállományok) védelme is. Az akvakultúra sokarcúságát figyelembe véve természetesen eltérő feladatok jelentkeznek a fejlesztés területén, elsősorban a vízi környezettől és éghajlattól függően. A vízminőségi követelményeknek nem csak a haltenyésztési

igényeket kell kielégíteniük, de általában meg kell felelniük mind az ökológiai, mind a humán-egészségügyi szempontoknak (E.I.F.A.C. 1968; I.D.O.E. 1972).

A tengeri akvakultúra európai előretörésének egyik fő oka éppen azt volt, hogy az édesvízi erőforrások egyre korlátozottabban álltak az akvakultúra rendelkezésére. Amint azt az *Akvakultúra a Harmadik Évezredben* című nemzetközi konferencia is hangsúlyozta, a fejlesztés jövőbeni lehetősége elsősorban a tengeri halak előállításában rejlik. Az édesvizek felhasználhatóságának korlátozottsága a haltermelő telepek elfolyó vizének kezelésére, illetve a recirkulációs rendszerek fejlesztésére irányuló kutatásokat ösztönözte. Technikailag ma már olyan haltermelő rendszerek állnak rendelkezésre, amelyeknek vízigénye elméletileg nullára csökkenthető, azonban az ezekben a rendszerekben előállított termékek gazdasági vonatkozásban nem versenyképesek a tengeri akvakultúra termékeivel, illetve azokkal az import termékekkel, amelyeket sokkal kedvezőbb éghajlati és szocio-ökonómiai körülmények között állítanak elő. Erre igen jó példát szolgáltat a két legnagyobb mennyiségben tenyésztett melegvízi hal, a ponty és a bölcsőszájú halak családja, melyek iránt igen nagy az igény. Ezek a fajok zárt rendszerekben is jól tenyészthetők, azonban az itt termelt hal mégsem versenyképes a természetes körülmények között, lényegesen olcsóbban előállítottal (PULLIN et al., 1996). A víztakarékos és környezetkímélő haltermelő rendszerek fejlesztésénél tehát nem hagyhatók figyelmen kívül a globalizációs és piaci hatások sem.

A haltermékek iránti igény kielégítése eredményezte a világ egyes régióiban az erőforrások kizsárolását és a természeti környezet pusztítását. A "sokarcú" akvakultúra ugyanakkor egyedülállóan képes a megújuló erőforrások hasznosítása révén értékes állati fehérje előállítására, illetve különféle szerves hulladékok feldolgozására. Az akvakultúrának ez az aspektusa újabban jelentős hangsúlyt kap halászatfejlesztési koncepciókban (SORGHELOOS, 2000; SILVA, 2000), ami tulajdonképpen a tavi haltermelés számára jelent további lehetőségeket.

Az integrált akvakultúra fejlesztés nem szűkíthető le technológia-fejlesztésre, csupán a műszaki és biológiai folyamatok célszerű összekapcsolására. Annak jelentős szocio-ökonómiai konzekvenciái is vannak, különös tekintettel az erőforrások integrált menedzsmentjének szükségességére. Ezzel összefüggésben alapvető szerepet játszik a megújuló természeti erőforrások védelmében, fenntartásában és pótlásában. Ennek

legkézzelfoghatóbb példáját számos faj természetesvízi telepítése nyújtja, melyek a helyi lakosság étel-miszer-ellátásában alapvető szerepet játszanak (pl. a Kaszpi-tengeri tokfélék, RONYAI and VARADI, 1995).

Az integrált erőforrás hasznosítás lehetőségeit, korlátait egyre többen ismerik fel (BARG et al., 1999), azonban annak gyakorlati megvalósítása komoly nehézségekbe ütközik az erőforrás hasznosítók körének, az irányítási, felügyeleti rendszernek a diverzifikáltsága, illetve a szabályozásban lévő eltérések miatt. Az egységes és szervesen felépülő természeti erőforrás rendszerrel individualisztikus hasznosítói érdekek állnak szemben, amely alapvető konfliktusnak a kezelése a nemzetállamok feladata. Ez azonban nem nélkülözheti az inter-regionális együttműködést.

A hasznosítók sok esetben nincsenek tudatában az integrált erőforrás hasznosítás szükségességének, ezért további ismeretterjesztő munkára is szükség van. Az erőforrások hasznosításával kapcsolatos döntések előkészítésében minden érdekeltnek részt kell vennie, és e folyamatok során érvényesülnie kell a szubszidiaritás elvének is. Ez azt jelenti, hogy a döntéseknek mindig azon a szinten kell születniük, ahol a legtöbb információ áll rendelkezésre, és ahol a legnagyobb az érintettség.

Megállapíthatjuk, hogy hazánkban a halászat nemzetközi összehasonlításban is jól illeszkedik bele a természeti erőforrás-rendszer hasznosításába, és egyes integrált technológiák használatát tekintve hazánk jó példával szolgált a világnak. Az is megállapítható, hogy a halászat intézményrendszere, a törvények és rendeletek alapvetően megteremtik a feltételeit annak, hogy a halászat még szerveesebben vegyen részt az integrált erőforrás hasznosításban. Magyarországon a halászat kutatási-fejlesztési háttere és a termelői érdekképviseleti rendszer nem marad el az európai szinttől, ami szintén elősegíti a halászat fenntartható fejlesztését (VARADI and JENEY, 1994). Az Európai Unióhoz csatlakozás révén megnyíló lehetőségek kihasználására, illetve a nehézségek leküzdésére jó esélyei vannak az ágazatnak. Reményeim szerint jelen dolgozat, illetve a bemutatott tevékenységek is segítik a hazai halászatot abban, hogy az, bár volumenében nem nagy, de speciális, értékes és szerves része legyen az európai akvakultúrának.

2.2. Integrált haltermelési rendszerek, mint az erőforrás kímélő élelmiszer termelés hatékony eszközei

2.2.1. Integrált akvakultúra

A mezőgazdasági integráció meghatározására többféle definíció található a szakirodalomban. Az integrációt – legáltalánosabban - egy mezőgazdasági termelő egységen (rendszeren) belüli alegységek (alrendszerek) szerves kapcsolatára vonatkoztatják. EDWARDS (1989) szerint egy integrált termelőrendszer valamely alrendszerében keletkező hulladék nyersanyagként szolgál egy másik alrendszer számára, nagyobb termék-előállítási hatékonyságot eredményezve a gazdálkodó által hasznosított föld, illetve vízterületen. Az ilyen horizontális, illetve gazdálkodó egységen belüli integrációnak a legfőbb jellemzői a **hulladék hasznosítás** (hulladék visszaforgatás), illetve a **hatékonyabb területhasznosítás**. A hulladék újrahasznosítása révén csökken a termelési költség, így nő a termelés gazdaságossága, de az erőforrások ésszerű hasznosítása a rendszer fenntarthatóságát is növeli.

Az integráció újabban szorosan kapcsolódik a fenntarthatósághoz, és egyes szerzők (LIGHTFOOT et al., 1993; PULLIN and PREIN, 1994) az integrált termelőrendszerek fogalma helyett az integrált erőforrás gazdálkodás fogalmának alkalmazását javasolják. A halastó sajátos szerepet tölt be a mezőgazdasági integrációban, mivel nem kizárólag haltermelési célokat szolgál. Fontos szerepe lehet a víztározásban, a szerves anyag-gazdálkodásban (beleértve a hulladékhasznosítást is), de nem lebecsülendők annak a mikro klímára, a tó és környezetének élővilágára gyakorolt pozitív hatásai sem. A halastó tehát, jellegénél fogva, integrációs lehetőségeket "kínál" nem mezőgazdasági tevékenységek számára is. Az akvakultúra-integráció ezért átfogóbb értelemben is használatos, ami alatt az **akvakultúra és más nem mezőgazdasági tevékenységek közötti kapcsolatrendszer**t értjük. Ezen értelmezés különös fontosságot kap napjainkban és az elkövetkezendőkben, mivel egyre erősödik a verseny a vízi erőforrások hasznosítói között, illetve fokozódik az igény a természeti környezet megóvása, minőségének fejlesztése iránt.

Az akvakultúra és az egyéb tevékenységek közötti integrációs kapcsolat lehet közvetlen és közvetett. Közvetlen integrációról beszélhetünk abban az esetben, amikor a

tevékenységek egy adott erőforrás, infrastruktúra közös, illetve váltott használatán alapulnak. A közvetett integráció azt jelenti, hogy az egyes tevékenységek térben és/vagy időben elkülönülhetnek és azok szállítási és egyéb köztes tevékenységeken keresztül kapcsolódhatnak (MUIR, 1986). Az integráció ilyen széleskörű értelmezésének hasznossága akár meg is kérdőjelezhető, hiszen ezen értelmezés szerint, az akvakultúra rendszerek szinte mindegyike integráció. Az integráció fogalmának változása mögött azonban az a realitás áll, hogy a világ igen gyors ütemben fejlődik, diverzitása és komplexitása egyre nő. Mindazonáltal, szükséges és hasznos az integrált akvakultúra rendszerek fogalmának meghatározása a rendszerek vizsgálata, értékelése szempontjából. Az akvakultúrát is magába foglaló integráció legújabb meghatározása (EDWARDS, 1994) szerint: **"az integráció két vagy több, ember által alkotott és működtetett termelési rendszer (amelyekből egy vagy több akvakultúra) kapcsolata, amely lehet közvetlen, amikor is a tevékenységek helyszíne azonos, illetve lehet közvetett, amikor az egymástól területileg elkülönült tevékenységeket szállítási tevékenység kapcsol össze, lehet továbbá a kapcsolat a tevékenységek időbelisége szerint párhuzamos (egy időben végzett), illetve egymást követő (váltakozva, különböző időben végzett)".**

Az integrált akvakultúrának e továbbfejlesztett definíciója annak a felismerésnek, illetve azoknak a tendenciáknak a jegyében fogalmazódott meg, hogy az akvakultúra nem csak egy sajátos élelmiszer-termelési tevékenység, hanem szerves része lehet a fenntartható mezőgazdasági termelésnek, minden olyan emberi tevékenységnek, amely során szerves hulladék keletkezik. Az ezredfordulót követően az akvakultúra, a mezőgazdasággal, illetve élelmiszertermeléssel együtt sokkal kisebb szerepet játszik majd a vidéki lakosság foglalkoztatásában, megnövekszik azonban a város-környéki mezőgazdasági üzemek jelentősége, amelyek fokozottabb szerepet kapnak a városi, ipari hulladékok újrahasznosításában (GIRARDET, 1992). Általában véve egyre nagyobb figyelmet kap a hulladék újra hasznosítása, illetve a hulladék értelmezése is változik, miszerint valójában hulladék nem is létezik; a "hulladék nem hasznosított erőforrás".

Az ezredfordulóra az akvakultúra válaszut elé érkezett (JIA et al., 2000), ami elsősorban azt jelenti, hogy az eddig alkalmazott technológiák olyan minőségi fejlesztésére van szükség, amely lehetővé teszi a természeti erőforrások kíméletes használatát. A haltermeléssel összefüggésben az erőforrások között alapvetően a víz – elsősorban az édesvíz – említendő, de belefoglaltatik az erőforrások körébe a takarmány, az energia, a

természeti környezet és maga a hal is. A modern, globalizálódó világban, amikor az erőforrás-fogyasztás felgyorsul és a fogyasztók kapcsolata összetettebbé és bonyolulttá válik, alapvető szükség van az integrált erőforrás gazdálkodásra. Ez annyit jelent, hogy az erőforrások hasznosításában a társadalmilag leghasznosabb és legkíméletesebb tevékenységeknek kell prioritást kapniuk, amelyek sorrendjét az erőforrás hasznosításban érdekelt minden fél véleményének figyelembevételével alakítanak ki. A haltermelés, miután fejlődésének jelenlegi szintjén az egyik, a természethez legközelebb álló élelmiszertermelési ágazat, az integrált erőforrás gazdálkodás egyik fontos – bár fontosságában sokszor nem kellően elismert - eleme. Ezért az integráció a halászatban nem csak az előzőekben definiáltakat jelenti, hanem az **erőforrások ésszerű és felelősségteljes hasznosítására irányuló komplex tevékenységet is.**

Annak ellenére, hogy az integrált haltermelés fogalmi meghatározása nem egzakt, illetve, hogy az integrált haltermelési rendszerek térben és időben igen nagy változatosságot mutatnak néhány alapvető kategória megkülönböztethető. A különböző rendszerek minél áttekinthetőbb bemutatása indokolja az egyszerűsített csoportosítást. Természetesen az egyes csoportokban tárgyalt integrációk kombinációjára is vannak példák, melyek a "domináns" integrációs elem csoportjában szerepelnek. A továbbiakban az alábbi csoportosítás szerint tárgyalom a különböző integrált haltermelési rendszereket:

- a haltermelés és állattenyésztés integrációja;
- a haltermelés és növénytermesztés integrációja;
- a haltermelés és vízgazdálkodás integrációja;
- a haltermelés és szennyvízkezelés integrációja.

2.2.2. A haltermelés és az állattenyésztés integrációja

Az állattenyésztés során keletkező szerves trágya halastavi hasznosításának lehetőségét régen felismerték a haltermelők. A haltermelés és az állattenyésztés egy farmon belül történt, ahol a szerves trágya halastavi alkalmazása természetes folyamat volt. Ma is az azokban a régiókban, ahol kevés "ipari eredetű" nyersanyagot alkalmazó farmok működnek. Miután a sertésenyésztés az egyik legelterjedtebben alkalmazott kisüzemi állattenyésztési ágazat, **a haltermelés és a sertésenyésztés integrációja** nagy múltra tekint vissza. Sokat hivatkozott integrációs forma az Ázsiában ma is elterjedten alkalmazott sertés-hal tenyésztés, amikor a sertés-ólakat a tógátra építik és a sertés-trágya,

illetve az ólak mosóvíze közvetlenül a halastóba kerül (CRUZ et al., 1979; HOPKINS and CRUZ, 1980, 1982; HOPKINS, 1982; BEHRENDTS et al., 1983; SHAN et al., 1985).

Az alkalmazott technológiák nagy változatosságot mutatnak, azonban a legáltalánosabb az, amikor a 1,5-3 hónapos malacokat 60-100 kg-os piaci méretűre nevelnek 5-6 hónapos tenyésztési ciklus alatt. Ez két sertésnevelési ciklust jelent egy halnevelési szezon alatt (HOPKINS and CRUZ, 1982). Ázsiai rendszerek tapasztalatait felhasználva LITTLE és MUIR (1987) egy olyan modellt írtak le, amely szerint egy hektáron, egy év alatt 20 t sertés és 6,4 t hal (tilápia) termelhető meg, ha a halak népesítési sűrűsége 20.000 db/ha, illetve az egy hektáron felnevelt sertések száma 100 db. Az egy hektáron felnevelhető sertések száma attól a trágyamennyiségtől függ, amelyet a halastó még képes feldolgozni. A hagyományosan alkalmazott ázsiai rendszerekben az átlagos sertésszám 60 db/ha (LITTLE and MUIR, 1987), azonban EDWARDS (1983) olyan rendszert is ismertetett, ahol a fajlagos sertésszám elérte a 300 db/ha-t. A halhozamok ezekben a rendszerekben 2-5 t/ha között változnak általában. Tilápia, ponty és kigyófejű-hal polikultúrában 30.000 db/ha-os népesítéssel 5 t/ha-os hozam érhető el hat hónapos tenyésztési időszak alatt (HOPKINS and CRUZ, 1982), azonban egy harcsaféle (*Pangasius sutchi*) monokultúrában történő nevelése során 15 t/ha is elérhető intenzíven sertéstrágyázott halastóban.

A hagyományos, kisméretű családi farmokon alkalmazott integráció mellett csak elvétve találhatunk példát a nagyüzemi sertésnevelés és haltermelés integrációjára. Ennek elsősorban az az oka, hogy az "iparszerű" sertésnevelés létesítményeit, technológiáját, illetve menedzsmentjét tekintve elkülönül a tavi haltermeléstől - ami önmagában még nem zárja ki az integráció lehetőségét -, azonban az egyre intenzívebbé váló technológiák összekapcsolása egyre nehezebb. Legtöbb esetben nincs olyan kényszer, ami szorgalmazná az intenzív állattenyésztési technológiák integrálását, pedig az erőforrások célszerűbb hasznosítása, a környezet védelme előbb-utóbb kikényszeríti azt. Intenzív sertésnevelő telepeken keletkező hígtrágya halastavi hasznosításának lehetőségeit jól mutatják be a hazai kísérletek. A HAKI-ban öt évig tartó kísérletsorozatban vizsgáltuk az optimálisan felhasználható sertéshígtrágya mennyiséget, amely elegendő a hal megfelelő természetes táplálékbázisának előállításához, de egyúttal elfolyó víz nem szennyezi a környezetet. A kiadagolható mennyiség mellett meghatároztuk a népesítési szerkezet összetételére, korosztályára vonatkozó részleteket is (KINTZLY és OLÁH, 1984). Az

integrált akvakultúra technológiákat hagyományosan alkalmazó ázsiai országokban is megfigyelhető az intenzívvé váló termelési folyamatok szétválasztása (VÁRADI, 1988, 1995a). Azonban azt is meg kell állapítani, hogy a hagyományos ázsiai integráció nem az erőforrások hatékony hasznosításának a felismerésén, hanem az input anyagok hiányában, a farmon keletkező szerves hulladékok újrafelhasználásának kényszerén alapul. Így a fejlődő országokban is változóban vannak a hagyományos integrációk, ami legnagyobb mértékben a sertés és hal termelés integrációját érinti.

Az állattenyésztés-haltermelés speciális területe a **hal- és a kacsatermelés integrációja**. Mindkét haszonállat tartása a vízhez kötődik, így természetesen adódik az integráció lehetősége, amely számos előnnyel jár. A kacstrágyával folyamatosan szerves tápanyag jut a tóba, a tó ugyanakkor egészséges és tiszta környezetet biztosít a kacsák számára. Az integrált hal-kacsa termelés hagyományos módszer Ázsiában, de jelentős eredmények születtek e területen Európában is, nem utolsósorban hazánkban.

A magyarországi integrált hal-kacsa nevelési kísérletek már a hatvanas évek elején elkezdődtek (SZALAY, 1962, 1963; KELLERMANN, 1964; PÓCSI, 1966; KELLERMANN és PÓCSI, 1976) és a kifejlesztett technológiákat később nem csak hazai nagyüzemek, de nemzetközi projektek is alkalmazták (BALOGH et al., 1975; MÜLLER, 1975; WOYNAROVICH, 1975; MÜLLER és VÁRADI, 1986). Az alkalmazott technológiák igen nagy változatosságot mutatnak; a kis méretű családi tavon takarmányozás nélkül nevelt, tavankénti 10-20 kacsás integrációtól kezdve az intenzív integrációig, amikor is 10.000 kacsát nevelnek egy tavon intenzív takarmányozással. HEPHER és PRUGININ (1981) két intenzitási szintet különböztet meg. Az extenzív termelés esetén a kacsák csak kiegészítő takarmányt kapnak és takarmányuk egy része a halastó környezetéből származik. Ez esetben a hektáronként felnevelt kacsák száma 150-500 db, és természetesen a haltermelés intenzitása is alacsony. Intenzív nevelés során a kacsák takarmányozási technológiája nem tér el a szárazföldi tartásétól, a népesítési sűrűség magasabb. Az intenzív technológiák alkalmazása esetén az egy hektáron felnevelhető kacsák száma trópusi körülmények között elérheti a 10.000 db-ot is (WOLFARTH and SCHROEDER, 1979; SIN, 1980). A kacsák tavi nevelése általában előnevelt kortól történik piaci méretig, ami 48-52 napot igényel. Így egy halas tenyésztés alatt több kacsafalka is felnevelhető a klimatikus viszonyoktól függően. A kacsák elhelyezése és etetése a tóparton, vízen úszó rácspadozaton, illetve a tóba épített

szigeteken történhet. CHEN és LI (1980) olyan rendszert ír le, amikor Tajvanon a kacsákat a tógát mentén épített színekben tartják. A színek beton padozatáról a trágya a tóba mosható. A beton padozatot farácsok borítják annak érdekében, hogy a kacsák ne érintkezzen az ürülékkel. A legtöbb integrált hal-kacsa nevelő rendszerben a kacsák szabadon úsznak a tavon, illetve annak drótkerítéssel, vagy ráccsal elrekesztett részén. Ilyen esetekben a kacsák számára elsősorban az erős napsütés és a szélsőséges időjárás ellen kell némi védelmet nyújtani. Hongkongban fedett, fa padozatú színek szolgálnak erre a célra, ahol 20 kacsa jut egy m^2 -re (SIN, 1980). JHINGRAN és SHARMA (1980) olyan indiai rendszert ír le, amelyikben a kacsák védelmét egy üres üzemanyag hordókon úszó, bambuszból készült szín biztosítja. Thaiföldön a kacsapihenőket a tó fölé építették, 5 kacsával számolva egy m^2 alapterületre (EDWARDS, 1986). Nagyobb méretű intenzív telepeken a kacsát a halastó kiszélesített gátján nevelik, ahonnan a kacsák lejárnak a vízre. Ez esetben a trágya egy része nem kerül közvetlenül a tóba, azonban a nagy tömegű kacsák elhelyezése és takarmányozása megkívánja ezt a kompromisszumot (VÁRADI, 1988). Ez esetben számolni kell a tógát kacsák okozta károsodásával is, ami gyakori gátfelújítást igényel (BARASH et al., 1982). Hazai intenzív hal-kacsa nevelő telepeinken különböző megoldásokkal kísérleteztek a gát megóvása érdekében. A partvédelmi megoldásokkal szemben kedvezőbb eredményt adott a kacsáknak a rézsűröl történő kirekesztése és drótrácsos lejárók elhelyezése (VÁRADI, 1988, 1990).

Az integrált hal-kacsa nevelési technológiák sikeres alkalmazásának egyik fontos előfeltétele a tavi körülményekhez jól alkalmazkodó kacsafajta, azonban ennek kiválasztása során alapvetően a piaci lehetőségek döntőek (EDWARDS, 1983). Thaiföldön például Khaki Campbell (*Anas platyrhynchos*) tojóállományt tartanak halastavon, kisüzemi családi farmokon, tekintettel arra, hogy a kacsatojás igen keresett a piacon. Tajvanon tojástermelésre egy helyi kacsafajtát alkalmaznak, míg hústermelésre egy őshonos kacsafajta (*Anas boscas*) és a pézsmakacsa (*Cairina Moschata*) hibridjét (CHEN and LI, 1980). A Fülöp-szigeteken és Európában a Pekingi kacsák és annak hibridjei a legáltalánosabban alkalmazott fajták. BARASH és munkatársai (1982) szerint egy integrált rendszerben gyakran a kacsák fajtája a meghatározó a rendszer alkalmazhatóságát illetően. Magyarországon a halastavi tartásra alkalmas kacsahibridek fejlesztése évtizedes hagyományokra tekint vissza. A fehér Pekingi kacsafajtából előállított Körösmenti hibrid és a Szarvasi nemesített kacsák bizonyították alkalmazhatóságukat trópusi körülmények között is. Ázsiai családi farmgazdaságokban,

ahol a kacsák fő táplálékát friss zöldtakarmány biztosítja, sikeresen nevelik a kacsát házilag készített takarmányokon (EDWARDS, 1983). A nagyobb kacsafarmokon azonban keveréktakarmányt is kapnak a kacsák, illetve intenzív telepeken a kacsá alapvető tápláléka a pelletált táp. A halastavi kacsanévelés során azonban a takarmány fehérje tartalma alacsony lehet (14-15 %), miután a kacsá egyéb fehérjékhez is hozzájuthat a tóból (WOYNAROVICH, 1979). Az integrált hal-kacsá termelés egyik nagy előnye az, hogy a trágya mindig frissen és folyamatosan kerül a tóba és ráadásul a kacsák "terítik" is azt a tó kiterjedt vízfelületén. Általánosságban az mondható, hogy egy kacsá 7 kg friss trágyát termel egy 36 napos időszak alatt, és ennek kb. 4-6 %-a alakul halhússá (LITTLE and MUIR, 1987).

A hal-kacsá integráció alapvető halfajai a pontyfélék és a tilápia, de Hongkongban például sikerrel neveltek zöld pérhalat is (*Mugil cephalus*) kacsás integrációban (SIN, 1980). Magyarországon üzemi kísérletben alkalmazott polikultúrás népesítés domináns hala a közönséges ponty volt (67 %), a fehér busa részaránya 27 %, míg az egyéb halak (a pettyes busa, az amur, illetve a harcsa) aránya 6 %-ot tett ki. A népesítési sűrűség 11.721 db/ha volt (VÁRADI, 1988). HOPKINS és CRUZ (1982) megállapítása szerint az egységnyi bevitt szerves anyagra jutó hozam lényegesen növekedett, amikor a tilápia népesítési sűrűségét 10.000 db/ha-ról 20.000 db/ha-ra növelték. Hasonlóan magasabb hozamokat értek el BARASH és munkatársai (1982) is a megnövelt népesítési sűrűség révén, bár a halak átlagsúlya kevesebb volt.

A HAKI-ban végzett kísérletek a kacsatrágya tavi feldolgozását, hasznosulását vizsgálták. A kacsákat táppal takarmányozták, a halak viszont nem kaptak kiegészítő takarmányozást. A víz tápanyagtartalmát és minőségét kéthetenként vizsgálták. A mért tápanyag-koncentráció értékek alapján nyilvánvaló, hogy a magas népesítési sűrűségű állomány képes volt feldolgozni és hasznosítani a vízben lévő magas szerves anyag tartalmat, amely a kacsák trágyázásából adódott, környezetszennyező hatások nélkül (PÓCSI, 1966, 1982; PEKÁR et al., 1993). Vizsgálták a kacsák trágyatermelését, melyet megfelelő pontossággal mérni lehetett. A módszer alapján megállapítható a megfelelő kacsá egyedszám és a trágyázás mértéke a különböző rendszerekben (KISS and PEKÁR, 1998). Miután a trópusi tavak szervesanyag feldolgozó képessége intenzív, így a halhozamok is magasak. 1500 db/ha kacsá népesítéssel 13,5 t/ha halhozamot értek el Izraelben, ami egy kacsára vetítve 9 kg/év fajlagos hozamot jelent (BARASH et al.,

1982). Hasonló fajlagos eredményeket értek el a Fülöp-szigeteken is, ahol az egy kacsára vetített halhozam 9,1 kg/év volt (HOPKINS and CRUZ, 1980). Megjegyzendő azonban, hogy a kísérleti körülmények között született eredményekhez képest jóval alacsonyabbak az üzemi hozam adatok. Kínában 2500-3500 kacska egy hektárra történő kihelyezése 2750-5640 kg/ha halhozamot eredményezett (DELMENDO, 1980). Magyarországon üzemi körülmények között, 16,5 hektáros tóban 3108 db/ha/év kacska kihelyezéssel 2220 kg/ha halhozamot értek el (VÁRADI, 1988).

A hal-kacska integráció mellett találhatunk példát a **hal és más baromfifélék integrációjára** is, bár ezek jelentősége kétségkívül sokkal kisebb. Hongkongban a kacsához hasonló módon hizlalnak libát a tó fölé épített ólakban, ahonnan a trágya a tóba hullik (SIN, 1980). Thaiföldön is nevelnek libát tavi körülmények között, extenzív módon, azonban a módszernek nincs gyakorlati jelentősége. Hazánkban is voltak próbálkozások a liba halastavi tartásával, azonban a liba nagyobb érzékenysége, a vízen tartózkodás korlátozottsága és a parti növényzet "letarolása" miatt nem bizonyult alkalmasnak a halastavi integrációban történő tartásra.

Tyúktojás-termelés és brojler csirke előállítás, illetve a tavi haltermelés közvetlen integrációjának nyilvánvaló korlátai vannak, azonban a baromfitelepeken keletkező szerves trágya halastavakban kiválóan hasznosítható. Vannak ugyan példák arra, hogy a tojástermelés a halastó fölött elhelyezett ólakban történik (DJAJADIERA et al., 1980), illetve brojler csirkét nevelnek ilyen ólakban (HOPKINS and CRUZ, 1982), azonban gyakorlati realitása a baromfitermelés és a haltermelés közvetett integrációjának van. Magyar kísérletek igazolták az ilyen integrációban rejlő lehetőségeket. A különböző fajtájú - sertés, csirke és birka - trágyák hatását vizsgálták PEKÁR és OLÁH (1994). A víz paramétereinek és a produkcióáramlási utak szimultán méréseinek eredményei jelzik, hogy a nagy halnépesítésű ekosisztéma képes feldolgozni és hasznosítani a magas szerves anyag tartalmat. A jelentős hozamok (2,8 t/ha hal és 9,2 t/ha kacska) elérése mellett az egész vegetációs idő alatt a víz kémiai paraméterei megfelelőek voltak a halak számára.

A szakirodalmak többsége megállapítja, hogy az **egyéb szárazföldi állatok és a hal termelésének az integrációja** nem gyakori, aminek a fő oka, hogy az összetett gyomrú állatok nagyobb tömegű trágyáját nehezebb kezelni, a halastóba adagolni, ráadásul az

tápanyagban is szegényebb. Valóban nehéz az integráció az extenzív tartás esetén, azonban az intenzív állattartó telepeken keletkező szerves trágya halastavi alkalmazása lehetőségeket kínál a közvetett integrációra. A szárazföldi állatok között a szarvasmarha trágya halastavi alkalmazásának van a legnagyobb jelentősége. Hazánkban például hagyományosan alkalmazzák az istállótrágyát halastavakban, még ha a szerves trágya hasznosításnak ezt a formáját nem is tekintették "valódi" integrációnak. A szakirodalmakban elsősorban izraeli vizsgálatok eredményeiről számolnak be. Izraelben a szarvasmarha-istálló rácspadozatán keresztül egy aknába került a trágya, ahol azt vízzel hígították annak érdekében, hogy a 2-3 % szárazanyag tartalmú hígtrágyát szivattyúzni tudják. A szarvasmarha hígtrágyát ponty és tilápia különböző korosztályú állományaival népesített tóba juttatva, 30 kg/ha/nap halhozamot értek el egy 126 napos tenyésztési idő alatt. A trágyaadagot folyamatosan növelték. Kezdetben 57 állat, majd a tenyésztési időszak végén 400 állat trágyáját juttatták a halastó 1 hektárjára. Magasabb halas népesítési sűrűség magasabb hozamokat eredményezett. A népesítési sűrűséget 9000 db/ha-ról 18.000 db/ha-ra növelve a fajlagos hozam 31,5 kg/ha/nap-ról 32,7 kg/ha/nap-ra emelkedett. A bevitt hígtrágya tömegére vetített haltömeg gyarapodás aránya 2,7 volt, ami nagyjából a gabonával való takarmányozás együtthatójával megegyező (MOAV et al., 1977). HEPHER (1975) trágyázott halastavak hozamait vizsgálva lineáris kapcsolatot talált a népesítési sűrűség és a hozamok között 9300 db/ha-os népesítési sűrűségig. SCHROEDER (1974) kísérleti körülmények között 10.950 kg/ha/év hozamot ért el, amikor a halastóba kizárólag szarvasmarha trágyát juttattak. Ugyancsak izraeli eredményről számol be WOLFARTH és SCHROEDER (1979), miszerint a trágyázott halastavak hozama 14.600 kg/ha körül van évente. Az új technikai eszközökkel, amelyek a baktériumok aktivitását mérik, a biomassza és a produkció rámutat a baktériumok igen fontos szerepére a táplálékláncban. A radioizotópok használatával egy új fejezet nyílik a halastavak anyagforgalmának vizsgálatában. A frissen termelődő baktériumfehérjék kiváló tápanyagot jelentenek a szűrő-táplálkozású és a detritus fogyasztó halak számára (OLÁH et al., 1990; PEKÁR and OLÁH, 1990).

Más szárazföldi állatok (bivaly, juh, kecske, nyúl) trágyájának halastavi hasznosítására is találunk példákat azokban az esetekben, amikor az állatokat zárt tartásban nevelik (LITTLE and MUIR, 1987). Hazánkban is történtek kísérletek a juhtrágya halastavi hasznosítására.

Az intenzív és az extenzív haltenyésztés integrációja új, eddig alig vizsgált terület az akvakultúrában. Az intenzív halnevelő telepek elfolyó vize pedig bőséges olyan szerves hulladékokban, amelyek halastavakban jól hasznosíthatók tápanyagként, más oldalról az intenzív rendszerek kezeletlen elfolyó vize jelentős környezetszennyező hatású. Kézenfekvőnek látszik tehát az intenzív és az extenzív haltermelő rendszerek integrálása, annál is inkább, mivel szorosabbak az infrastrukturális és menedzsmentbeli kapcsolódások más állatfaj termelésével való integrációhoz viszonyítva. Ennek ellenére kevés példát találunk az intenzív és extenzív haltermelés integrációjára valószínűleg azért, mert egyelőre nincs olyan, elsősorban gazdasági kényszer, ami a kétségtelenül fejlesztést igénylő, új megoldások bevezetésére ösztönözne. Egyes országokban, ahol a víz igen korlátozottan rendelkezésre álló erőforrás, mint például Izrael, ígéretes kísérleteket folytattak kombinált extenzív-intenzív haltermelő rendszerek fejlesztése érdekében. A kísérleti rendszer négy 500 m³-es betonmedencéből és egy 1,4 ha-os földmedrű tóból állt. A betonmedencékben intenzív, pellet takarmányozáson és levegőztetésen alapuló tilapia nevelést folytattak, a biomassa fajlagos tömege kb. 10 kg/m³ volt. A földmedrű tó tulajdonképpen biológiai tisztítóként működött, amelybe 12.000 db 290 grammos pontyot telepítettek. Az intenzív medencékből a tóba gravitációsan befolyó vizet 400 m³/óra kapacitású szivattyúval folyamatosan visszaszivattyúzták az intenzív tavakba. A vizsgálatok elsősorban a nitrifikációra vonatkoztak, és megállapították, hogy a hatékonyabb nitrifikáció érdekében csökkenteni kell az intenzív tavak vízátfolyását (DIAB et al., 1992). Az eddigi kísérletek eredményeinek felhasználásával egyre több félüzemi rendszer működik Izraelben.

A haltermelés és az állattenyésztés integrációja során nemcsak a friss trágya közvetlen felhasználásával számolhatunk, hanem sok példa van különböző módszerekkel kezelt trágyák halastavi alkalmazására is. A szerves trágya kezelésének leggyakrabban alkalmazott módszerei az aerob és anaerob komposztálás, illetve a fermentálás (LITTLE and MUIR, 1987). Délkelet Ázsiában - elsősorban Kínában - sok helyen nem közvetlenül a halastóba adagolják a hígtrágyát, hanem a tóba bevezetés előtt fermentálják azt. A fermentáció során keletkező biogáz fűtésre és világításra használható (DELMENDO, 1980; CHEN, 1993).

A haltermelés és az állattenyésztés integrációjának egy sajátos formája az **állati termékek feldolgozása során keletkező hulladékok haltermelésben való hasznosítása**.

Az állati feldolgozás klasszikusnak mondható, és a felhasználás szempontjából "problémamentes" melléktermékei a hús, csont és vérliszt mellett, sok olyan hulladék keletkezik (bél, vér, kobzott belsőség, bőr, stb.) amelyek elhelyezése nem megoldott, valamint költséges. Ezeknek a hulladékanyagoknak a haltakarmányként való felhasználása olyan potenciális lehetőség, amellyel számolni kell a jövőben. Az állatfeldolgozás hulladékainak haltermelésben való hasznosítására kevés példát találunk a szakirodalmakban. Magyarországon már a hatvanas években történtek kísérletek halszilázs előállítására és a Bikali Állami Gazdaságban üzemi kísérleteket is végeztek szilázsetetéssel. A szarvasi HAKI-ban eredményes kísérleteket végeztek vágóhídi hulladék feldolgozására és Európai harcra etetésre vonatkozóan. A takarmány gyomhal örleményt (10 %), főzött vágóhídi hulladékot (40-50 %), valamint vitamin-ásványisó premixet, gabonaféléket, szóját, lucerna keverékét tartalmazta (MÜLLER, 1973). A vágóhídi hulladékok újrafelhasználásának mai halas vonatkozású példája a hernádi Feed-Full Kft. takarmánygyártási tevékenysége, amelynek során halfeldolgozói hulladékot is hasznosít állati fehérje hordozóként.

2.2.3. A haltermelés és a növénytermesztés integrációja

Míg az állattenyésztés és a haltermelés integrációjának alapja a szerves trágyának, mint hulladéknak a hasznosítása, addig a haltermelés és a növénytermesztés integrációjára ez kevésbé jellemző, sőt sok esetben egy adott gazdasági növényt haltakarmányozás céljából állítanak elő. A szárazföldi állatok takarmányozására korlátozottan, vagy nem használható egyes növények, és növényi hulladékok ugyanakkor az állati eredetű szerves trágyához hasonlóan jól hasznosíthatók halastavakban. A haltermelés és a növénytermesztés közötti integrációs kapcsolat nemcsak a növényi tápanyagoknak a halastavi hasznosításán alapul, hanem azon is, hogy a tavi haltermelés és a növénytermesztés ugyanannak a két erőforrásnak, nevezetesen a földterületnek és a víznek a hasznosítója. Jó példa erre a rizsföldi haltermelés. A nagy mennyiségű hígtrágya elhelyezés egyik alternatívája az állattenyésztő telep és valamelyik növénykultúra (pl. kukorica) együttes művelése. Komplex termelési folyamat jön létre, amelyben optimális anyagforgalmi lánc alakul ki. A technológia a Középtiszai Állami Gazdaság bánhalmai tőegységében, modell-kísérletekben kipróbálásra került. A halastóba jutó melléktermék, a trágya egy tenyésztés alatt állati fehérjévé transzformálódik, takarmányozás nélkül 1-2 tonna halhús állítható

elő. A trágya egy, vagy többféle növénykultúra öntözésével, egész évben hígítás nélkül felhasználható.

A különböző növényeknek zöldtrágyaként való hasznosítása igen elterjedt azokban a régiókban, ahol állati trágya nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségben. Legegyszerűbb esetben a zöld növényeket csomókban a tófenékre helyezik és hagyják megrothadni azt, még mielőtt feltöltik a tavat. A trágyaként való hasznosítás célszerű formája az - az elsősorban Kínában alkalmazott módszer -, amikor a nagy tömegű zöld növényt amurral etetik meg, amelynek a trágyája szolgál azután más halak táplálékszervezeteinek a tóban történő előállítására. Az amurt emiatt Kínában "élő trágyázó gép"-nek is nevezik (LITTLE and MUIR, 1987). Kínában sok helyen kifejezetten amur etetés céljára termelnek zöldnövényeket, mint például elefántfüvet és szudánifüvet, de termelnek haletetés céljára káposztaféléket, kukoricát, cirkot és csicsókát is (FAO, 1977; EDWARDS, 1982; RUDDLE, 1985). A zöldtrágya hatás mellett természetesen igen jelentős az amur és más növényevő halak, mint például a *Tilapia rendalli* és a *Tilapia zillii* közvetlen növény fogyasztása révén megvalósuló halhústermelése. A különböző vízi növények (makrofiták) a növényevő halak alapvető táplálékául szolgálhatnak. EDWARDS (1985) vizsgálatai szerint vízi jácint etetéssel, tilápiával (*Tilapia nilotica*) népesített tóban elért 5-6 t/ha/év hozam nem a direkt növényfogyasztás, hanem a táplálékláncon keresztüli felhasználás eredménye. TASNÁDI (1987) szerint a halastavi zöldtrágyázás olyan növényi kultúra megtelepítése a tóiszapon, amelyik gyökérzetével a tóiszapra, zöld lombzatával pedig a tóvízre hat. Bár a makrofiták magában a halastóban is előállíthatók, a gyakorlatban mégis az jellemző, hogy azokat más, sokszor szennyvízzel táplált vízterületen termelik meg. Ázsiában nemcsak a hal, de szárazföldi állatok takarmányozására is elterjedten alkalmazzák a vízi jácintot (*Eichhornia crassipes*), a vízi salátát (*Pistia stratiotes*), az "alligator weed"-et (*Alternanthera phylloxeroides*) és a "duck weed"-et (EDWARDS, 1982; CHAO 1983). Kísérletek folynak az *Azolla pinnata*, a kék-zöld algával szimbiózisban élő vízi "fern" haltakarmányként való hasznosítására is, tekintettel a növény gyors növekedőképességére és magas fehérjetartalmára (PULLIN and ALMAZAN, 1983). Bár a vízi makrofitáknak igen magas a fehérje tartalma (a "duck weed"-é pl. 42,6 % (MYERS, 1977)), azok alkalmazásának komoly korlátja a magas víztartalom, ami megnehezíti a betakarítást, a kezelést és a szállítást.

Az emberi táplálkozásra vagy szárazföldi állatok takarmányozására szolgáló szárazföldi és vízi növények hulladékát igen elterjedten hasznosítják halastavakban. A kasszava, a manióka és a cukornád levele olyan értékes zöldtakarmány, amely halastavakban halhússá transzformálható (LITTLE and MUIR, 1987). Ugyanígy jól hasznosítható halastavakban a csökkent értékű, emberi, vagy állati fogyasztásra nem, vagy csak korlátozottan alkalmas növényi termés, malomipari, illetve tárolási hulladék. Számos példát találhatunk a szakirodalomban a növényi eredetű hulladékok halastavi alkalmazása előtti különböző kezelésére. A feldolgozóipari hulladékok legtöbbjének kiegészítő takarmányként való közvetlen felhasználása nagy veszteségekkel járna, ezért célszerű azokat haltakarmányba bedolgozni. Feldolgozóipari hulladékok felhasználásával készíthető haltakarmányok receptúráira, gyártástechnológiájára számos leírás található (FAO, 1983; VÖRÖS, 1990). Növényi hulladékok kezelésére elterjedten alkalmazzák az aerob és anaerob komposztálást, egyszerűbb esetben a szárítást (LITTLE and MUIR, 1987).

Nem csak alacsony gazdasági értékű zöldtakarmányt, illetve növényi hulladékot használnak azonban haltakarmányozásra, hanem jelentős gazdasági értéket képviselő szemes gabonát is. HEPHER és PRUGININ (1981) megállapította, hogy az intenzíven trágyázott tavak igen gazdagok fehérjében, azonban az energiahány korlátozza a halhozamokat, ezért Izraelben magas energiatartalmú szemes terményt (pl. cirkot) alkalmaznak kiegészítő takarmányként. A hazánkban elterjedt tógazdasági technológiák is a szemes gabonának kiegészítő takarmányként való alkalmazásán alapulnak. Bár a szemes gabona etetést tartalmazó halastavi technológiát eddig nem tekintették integrációnak, a mezőgazdasági termelés komplex szemléletű, rendszer-elemző jellegű vizsgálata során azt mégis integrált haltermelési módszernek kell tekinteni. Különösen azt a szempontot figyelembe véve, hogy a halastó és a szántó azonos erőforrások hasznosítója. A szemes gabona tehát nem csak egyszerűen haltakarmány, hanem egy olyan földterület terméke, amely akár haltermelési célokat is szolgálhat. A világ egyes régióiban bekövetkezett élelmiszer túltermelés következményeként szántóföldi területek váltak kihasználatlanná, amelyek ésszerű hasznosításának reális alternatívája az extenzív halastavi hasznosítás. Rendszerszemléletben tehát a haltermelés és a növénytermelés egymással helyettesíthető, egymást kiegészítő folyamatok, amelyek célszerű integrálása hozzájárulhat az erőforrások értékmegőrző hasznosításához.

Bár a halastó környezete is szolgálhat különböző növények termőterületével (amire Ázsiában sok példát lehet találni, amikor a halastavak gátján élelmiszernövényeket termelnek), a haltermelés és a növénytermelés területi integrációjának legmarkánsabb példája a rizsföldi haltermelés. E témának kiterjedt szakirodalma van, ami érthető, hiszen a rizs világviszonylatban az egyik legfontosabb élelmiszernövény, amelyet a világ szántóterületének 50 %-án termelnek, ugyanakkor a hal is az egyik legjelentősebb élelmiszer a világ számos régiójában. A rizs és a haltermelés összekapcsolása Délkelet Ázsiában nagy múltra tekint vissza. A technológia alapjául az a megfigyelés szolgált, hogy a rizsföldön a tápláló vízzel bekerült halak szépen fejlődtek, és a rizs, mint fő termény mellett, kiegészítő táplálék keletkezett, amely jövedelmet eredményezett a farmernek. Később a farmerek tudatosan telepítettek halat a rizsföldre, kimélyítették a terület egy részét, hogy a halak számára kedvezőbb feltételeket teremtsenek, illetve megpróbálták összehangolni a termelési ciklusokat. Az utóbbi időben a megváltozott rizstermelési technológia, a nagy hozamú rizsfajták és a vegyszeres gyomirtás alkalmazása sok helyen visszaszorította a rizsföldi haltermelési technológiák alkalmazását. A vegyszerek használatának korlátozására irányuló törekvések, az integrált rovarkártevők elleni védekezés (IPM) alkalmazása azonban elősegíteti e technológia elterjedt alkalmazását, további fejlesztését. A hal nemcsak "haszonélvezője" a rizsföldnek, de mint plankton és növényfogyasztó, valamint a rizs állati kártevőinek fogyasztója, javítja a rizsnövény életfeltételeit. A rizsföldi haltenyésztési technológiák egy része még ma is a vadhalaknak a rizsföldön történő befogásán és felnevelésén alapul, azonban sok helyen már keltetőházban nevelt, megfelelő méretű és számú ivadékokat helyeznek ki az elárasztott rizsföldre. A hallal is hasznosított rizsföldön, körben a gát belső oldalán, vagy a tábla egy sarkában, újabban a táblán kívül olyan mélyebb csatornákat, belső tavakat alakítanak ki, amelyekben a hal védelmet talál a tűző nap ellen, illetve átmeneti lecsapolások idején. A halbúvóhely területe az összes terület kb. 10-15 %-át teszi ki. Egy adott területet nemcsak egyidejűleg, de rotációban is lehet hal-, illetve rizstermelésre használni. Ilyen technológia hazánkban a Haltenyésztési Kutató Intézetben is kidolgozásra került, ami az erőforrások ésszerű hasznosításának egy előremutató példája (MÜLLER, 1978). Az extenzív tavakban nevelt halfajok többsége rizsföldön is jól felnevelhető. A haltermelés általában polikultúrában történik, amelynek fő fajtái a közönséges ponty, az indiai pontyok, a tilapia, a gourami és a puntius. Rizsföldön egyaránt termelnek áruhalat és ivadékokat. Horgászvizek népesítő anyagának rizsföldön történő előállítására hazánkban is folytak eredményes kísérletek. Korunkban a vegyszeres

növényvédelem gyakorlata miatt, csak ún. biorizs előállításához társulhat a halivadék előállítás. A technológiában a vegyszerezést éppen a haltermelés hivatott helyettesíteni. A rizs-hal együttes előállításával, mindkét termék vegyszer használata nélkül állítható elő. Eddigi vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a megtermelt rizs értékesítési lehetőségeivel, a kisebb termésátlagot kompenzálja. A halivadék gyarapodása igen jónak ítélnél az ilyen rendszerben. Az ivadéknevelés területén megfelelő jövedelmezőség is várható (SIMONNÉ KISS és SZITÓ, 1999). A rizsföldi halhozamok - az alkalmazott technológiáktól függően - jelentősen eltérhetnek. Az átlagos hozamok 150-200 kg/ha körül vannak, de jól kezelt rendszerekben a hozam elérheti a 600 kg/ha-t is (TUAN et al., 1995; OLÁH and PEKÁR, 1996).

A haltermelés és a növénytermesztés kapcsolatában nemcsak a növénytermesztésből származó inputok halastavi felhasználásával, de az intenzív, illetve fél-intenzív haltermelés során keletkező szerves hulladéknak a növénytermesztésben tápanyagként történő hasznosításával is számolhatunk. Halastavak tápanyagban gazdag vizének öntözésre történő hasznosítása Izraelben elterjedőben lévő gyakorlat (HEPHER and PRUGININ, 1981; SARIG, 1984). Halastavak vizét elterjedten használják zöldség ültetvények és gyümölcsösök öntözésére Délkelet Ázsiában is (TAN and KHOO, 1980; OLÁH and PEKÁR, 1996). A halastóiszap gazdag szervesanyag tartalmának hasznosítására jó megoldást kínál a tófenéken, rotációban történő növénytermesztés. Thaiföldön működő ilyen rendszert ír le DELMENDO (1980), bár EDWARDS és szerzőtársai (1986) szerint az ilyen rendszerek gyakorlati alkalmazása nem praktikus, mivel a halas periódus után az iszapos tófenék növénytermesztésre történő előkészítése nagyon kézimunka igényes. Hazánkban, a Szarvason kifejlesztett "vizesforgó"-ban a tófenéken váltakozva termelnek halat-kacsát, rizst és lucernát (MÜLLER, 1978). A rendszer gyakorlati elterjedését gátolta az a termelési szemlélet, amely a hozamok és a profit maximalizálását tekintette elsődlegesnek. Az erőforrás gazdálkodás előtérbe kerülésével, a "vizesforgó" jelentősége új értelmezést kaphat, hiszen a halastó üledékben felhalmozódó tápanyag célszerű felhasználási formája a növénytermelés. Bár a növényekkel történő tápanyag kivonás hatásfoka alacsony (LITTLE and MUIR, 1987), a módszer alkalmazása figyelemreméltó eredményeket ad és további vizsgálatokat érdemel (HEPHER, 1952; DEGANI et al., 1982).

Az intenzív medencés halnevelő rendszerek elfolyó vizének, illetve az elfolyó vízből kiválasztott tápanyagok mezőgazdasági hasznosítására alig találunk példát, pedig KETOLA (1982) szerint 1 tonna lazac intenzív előállításánál 55 kg nitrogén és 22,8 kg foszfor keletkezik. LIAO és CHEN (1983) egy olyan Tajvanon alkalmazott rendszert írnak le, ahol az intenzív tilapia nevelő medencék elfolyó vizét szántóföldi öntözésre használják. A rendszer bizonyítja a módszer előnyeit, ennek ellenére a széleskörű gyakorlati alkalmazásra egyelőre nem került sor.

2.2.4. A haltermelés és a vízgazdálkodás integrációja

A víz a mezőgazdasági termelés alapvető erőforrása. A hagyományos tavi haltermelési technológiák vízigénye igen magas, ezért a vízi erőforrásokért folytatott kielégedő versenyben a haltermelés gyakran kerül konfliktusba más vízhasznosítókkal. E konfliktus feloldására, illetve csökkentésére két alapvető megoldás kínálkozik: víztakarékos halastavi technológiák alkalmazása, vagy a haltermelésnek más vízgazdálkodási tevékenységekkel (öntözés, víztározás, stb.) való integrálása.

Az öntözőrendszerek víztározóinak, vízellátó csatornáinak halas hasznosítása egy ígéretes területe az öntözés és a haltermelés integrációjának. Ez az integráció egyes régiókban még nem vált szükségsszerűvé, de sivatagos területeken (pl. Izraelben), ahol az utóbbi években a korábbi halastó terület 20 %-át alakították víztározóvá, illetve öntözőrendszerre, az integráció fontossága megnövekedett. Az öntözéssel való integráció nem feltétlenül jelent valamiféle kényszert a haltermelésre nézve, amit jól bizonyítanak az izraeli eredmények. A mélyebb (3-7 m) víztározókban a területegységre vetített hozamok magasabbak, és a hal életfeltételei is kedvezőbbek. Az izraeli integrált rendszerben az 1 tonna hal előállításának vízszükséglete 4000 m³-ről 2720 m³-re csökkent a hagyományos technológiához viszonyítva (SARIG, 1984). Kétségtelen, hogy Izraelben kedvezőek az adottságok az intenzív haltermelésre, mégis az integrált technológia sikeres alkalmazásának alapfeltétele a magas szintű menedzsment. Az izraeli példa igen figyelemreméltó és a törekvés előremutató.

Az öntöző csatornáknak és öntözővíz tározóknak növényevő hallal (elsősorban amurral és növényevő tilápiával) történő népesítésére, illetve azok gyomtalanítására számos más példa található a szakirodalomban (EDWARDS, 1980a; HUISMANN, 1983). A nagyobb méretű halak (1,0-1,5 kg) 100-200 db/ha népesítési sűrűséggel történő kihelyezése

bizonyult a legeredményesebbnek, azonban fontos a halak időben történő kihelyezése is, mert a friss hajtásokat szívesebben fogyasztják a halak (MEHTA et al., 1976; RUSKIN and SHIPLEY, 1976; HUISMANN, 1983). A növényevő halak a csatornák tisztántartása mellett jelentős halhozamot is biztosítanak, amely egy hektárra számítva 200-300 kg-ot is elérhet és önmagában a haltermelés is gazdaságos lehet (HUISMANN, 1983).

A nagyobb tavak és víztározók halas hasznosítása általában természetes vízi halászatot, sporthorgászatot és rekreációt jelent. Számos külföldi példa van azonban az ilyen vízterületek ketreces haltermeléssel való hasznosítására is (COCHE, 1982; BEVERIDGE, 1984). Kínában és a Fülöp-szigeteken a sekélyebb tavakban, általában bambuszból épített rekeszekben nevelnek halat. A Fülöp-szigeteken az ilyen haltermelő rekeszek összes területe eléri az 1000 hektárt (BEVERIDGE, 1984). Megjegyzendő azonban, hogy a természetes vizekben folytatott intenzív vagy fél-intenzív haltermelés csak korlátozottan alkalmazható ott, ahol a ketreces, illetve a rekeszes haltermelésnek nincs negatív ökológiai és szocio-ökonómiai konzekvenciája. A Fülöp-szigeteken például a rekeszes haltermelés kritikátlan felfuttatása következtében csökkent a tavak produktivitása, így a természetes hozam, továbbá a mesterséges beavatkozás megzavarta a természetben élő halak ívását (BEVERIDGE, 1984). Egyéb víztározásra használt létesítmények, felhagyott bányatavak halas hasznosítására is számos példát találunk a szakirodalomban. Malajziában például a felhagyott külszíni ónbányák nagy többségét haltermeléssel hasznosítják (TAN et al., 1973).

A folyók és csatornák halas hasznosítása a tavakhoz és víztározókhoz hasonló. A nagyméretű öntöző csatornák elvileg jó lehetőséget kínálnak a csatornából lehatárolt rekeszekben átfolyóvizes haltermelésre, azonban - elsősorban az öntözővíz ellátás szakaszossága miatt - a haltermelés és az öntözés igényei nehezen egyeztethetők össze. Megfelelő adottságok esetén az ilyen átfolyó vizes rekeszekben igen magas halhozamok érhetőek el, mint azt hazai kísérletek is igazolják (MÜLLER and VÁRADI, 1980). Kínában a nagyobb csatornában kialakított rekeszekben extenzív körülmények között, elsősorban a természetes táplálék hasznosításra alapozva 300-1500 kg/ha közötti hozamokat értek el (TAPIADOR et al., 1977).

2.2.5. A haltermelés és a szennyvízkezelés integrációja

A halászat és a vízgazdálkodás integrációs lehetőségei között sajátos és nagy perspektívát jelentő terület a haltermelés és a szennyvízkezelés integrációja. A haltermelés és a szennyvízkezelés integrációjában kiemelt szerepe lehet a kommunális szennyvizek halastavi tisztításának. Az emberi ürülék higiénikus elhelyezése és hasznosítása különösen nagy probléma a fejlődő világban, ahol a vezetékes vízellátás és a csatornázás még hosszú ideig elérhetetlen luxusnak számít. Nem véletlen tehát, hogy a fekália halastavi elhelyezése ezekben az országokban terjedt el, különösen Kína trópusi régióiban és Délkelet Ázsiában. A beton aknában gyűjtött fekáliát rendszeresen eltávolítják, derítő, komposztáló helyre szállítják, illetve halastavakba adagolják (LITTLE and MUIR, 1987). Vietnamban a Mekong deltában igen elterjedt az úgynevezett "latrina" halastavak használata, amikor a latrinákat közvetlenül a tó fölé építik és a tavakat *Pangasius mycronemus*-szal intenzíven népesítik. Ez a típusú halelőállítás kb. három évszázaddal ezelőtt kínai hatásra alakult ki. Az utóbbi időben polikultúrás népesítést is alkalmaznak, amely „giant gurami”, „walking catfish”, valamint fehér busa kombinációjából áll. A lehalászás folyamatos, a kívánt méret elérése szerint (VÁRADI, 1995b).

Hazánkban is folytak kísérletek a kommunális szennyvíz halastavi tisztítására vonatkozóan Fonyódon a város mellett épített tisztító és hasznosító telepen. 900 m³/nap kommunális szennyvizet helyeztek el a gyűjtőtóban, amelyet mechanikai előkészítés után esőztető öntöző-berendezéssel juttattak ki a halastavakba. A kontrolhoz viszonyítva a haltermelés 1-1,5 tonnával volt magasabb hektáronként. Ez a hozam-mennyiség takarmányozás nélkül, a tó természetes táplálékbázisán termelődött meg. A legjobb halhozamot és elfolyó vízminőséget a 100 m³/nap kommunális szennyvízterhelés eredményezte. Az adagolás helyes megválasztása biztosítja az elhelyezés lehetőségét, a tisztítást és a hasznosítást (KOVÁCS and OLÁH, 1984; KOVÁCS, 1986; OLÁH et al., 1986.; OLÁH and PEKÁR, 1997). A fekáliát a halastavi alkalmazás előtt általában kezelik (pl. csepegtetéses, illetve eleven iszapos biológiai tisztítással, a magas BOD és a kórokozók csökkentése érdekében) és tiszta vízzel hígítják. A fekália minimális üleptetés utáni halastavi elhelyezésére is van példa. HEPHER és PRUGININ (1981) elengedhetetlennek tartja a biológiai előkezelést annak érdekében, hogy a patogének és a mérgező anyagok koncentrációja ne veszélyeztesse a halakat, illetve a halat fogyasztókat. A fekália összetétele nagy hasonlóságot mutat az állati trágya összetételével, a halhozamok azonban magasabbak az emberi eredetű szennyvízzel táplált halastavakban

(WOLFARTH and SCHROEDER, 1979). EDWARDS (1980b) szerint nem hígított fekália halastavi hasznosításával 9200-11.000 kg/ha/év halhozamok érhetőek el. A vietnami "latrina" halastavak egy hektárra vetített hozama eléri a 4-5 tonnát évente (VÁRADI, 1993).

Az emberi ürülék halastavi hasznosításának egyértelmű előnyei mellett fontos azonban e módszer humán egészségügyi és szocio-ökónómiai aspektusainak vizsgálata is. Bár a hal maga nem fertőződik bizonyos melegvérű állatokra, emberre veszélyes kórokozóktól, - mint például szalmonella, vagy más enterobaktériumok - köztesgazdaként hordozója lehet különböző kórokozóknak (ALLEN and HEPHER, 1979). A hal úgyszintén köztesgazdája lehet különféle parazitáknak, mint például a májmétely. Bár laboratóriumi vizsgálatok kimutatták, hogy a baktériumok és bakteriofágok egy nyolc napos tiszta vízben tartással eltávolíthatók a hal szervezetéből, azonban jelentős mennyiségű szalmonella maradhat vissza az emésztő traktusban. Figyelembe kell azonban azt is venni, hogy a fekáliás halastavi környezetben a magas pH és a magas oxigéntartalom gátolja a kórokozók szaporodását. Bizonyos módszerekkel tovább csökkenthető az emberi egészségre gyakorolt káros hatás kockázata. A hosszabb ideig tartó tárolás, fermentálás és komposztálás nagymértékben csökkenti a kórokozók mennyiségét (Mc GARRY, 1976; EDWARDS, 1984). Ajánlatos azonban a fekáliaadagolásnak a beszüntetése kb. tíz nappal a lehalászás előtt, a hal néhány napos tiszta vízben tartása, a lehalászás után a hal azonnali kibevezése és fogyasztás előtti alapos főzése. A kórokozók átvitelének csökkentése érdekében az emberi ürülékkel táplált halastavakban célszerű ivadékot, vagy értékes halfajok táplálékául szolgáló takarmányhalat előállítani.

A kommunális szennyvizekben előforduló detergensok és egyéb kemikáliák mérgezőek lehetnek a halakra, vagy nem kívánatos mellékízt okozhatnak. A gyakorlati megfigyelések azt mutatják, hogy a jól kezelt szennyvizekben kiválóan nőtt a hal és az íze nem volt rosszabb, hanem jobb a hagyományos tavi technológiával nevelt halénál (ALLEN and HEPHER, 1979). Miután a hal gyorsan növekszik a szennyvízzel táplált tavakban, a nehézfémek, peszticidek felhalmozódása nem reális veszély. Bár az emberek többsége idegenkedik a szennyvízben, kivált a fekáliás szennyvízben nevelt halak fogyasztásától, egyre igazabb az 1980. évi Halászati Világkonferencián elhangzott megállapítás, miszerint az embereknek egyre inkább meg kell barátkozni a gondolattal, hogy a hulladékok visszaforgatásából származó élelmiszert kell fogyasztani és mi több, élvezettel fogyasztani.

3. A saját vizsgálatok célkitűzései, indokolása és módszere

A dolgozat a haltermelő rendszerek fejlesztésével kapcsolatos kutató-fejlesztő munkám azon főbb elemeivel foglalkozik, amelyek legszorosabban kapcsolódnak a fenntartható akvakultúra fejlesztéséhez, és komplex módon közelítenek egy-egy probléma megoldásához. Az akvakultúra műszaki fejlesztésére irányuló tevékenységem keretében 1975-től kezdődően túlevegőztető-, haltakarmányozó- és lehalászó-berendezések vizsgálatával, hazai fejlesztésével, komplex halastavi technológiába illesztésével foglalkoztam (VÁRADI, 1976, 1980, 1983, 1986, 1995c). Bár ezen kutató-fejlesztő munkámnak eredményeivel és tapasztalataival e dolgozatban külön nem foglalkozom, azok később beépültek komplex haltermelő rendszerek fejlesztésére irányuló programokba. Kutató fejlesztő munkám során mindig kiemelt fontosságot tulajdonítottam az olyan komplex rendszerek fejlesztésének, amelyekben a biológiai folyamatok jól működő egységet alkotnak a különböző műszaki megoldásokkal. A műszaki fejlesztést nem önmagában való célnak, hanem komplex rendszerek részének tekintettem. E megközelítés később igen jól alkalmazható volt kutató fejlesztő munkámban, amikor egyre fontosabbá vált a természeti erőforrások kíméletes hasznosítása, ami feltételezi a holisztikus szemléletet. A dolgozatomban tárgyalt komplex rendszerek közös vonása, hogy azok fejlesztésében a fenntarthatóság egyéb kritériumainak szem előtt tartása mellett (hatékonyság, jövedelmezőség és társadalmi elfogadottság) külön figyelmet szenteltünk a környezetkíméletnek, az ésszerű erőforrás hasznosításnak.

Kutató-fejlesztő munkám dominánsan alkalmazott és adaptív jellegű, amelynek eredményét soha nem egyes összefüggések leírásában, részproblémák megoldására irányuló kísérletek kiértékelésében láttam, hanem konkrét műszaki megoldások, komplex technológiák kidolgozásában és gyakorlati megmérettetésében. Ez a szemlélet a dolgozatomban közölt eredmények közlésében is jól látható, ahol mellőztem a részletszámításokat és háttér vizsgálatok eredményeit, kivéve a kombinált extenzív-intenzív tavi haltermelő rendszer tárgyalását, tekintettel arra, hogy egy új és folyamatban lévő fejlesztési programról van szó. Kapcsolódó kutatási-fejlesztési eredményeimet hivatkozott közleményeim tartalmazzák. Az akvakultúra fejlesztésben 1975 óta végzett tevékenységemben meghatározó szerepet játszott a kutatási eredmények gyakorlati alkalmazására irányuló munka, amelyet visszatükröz jelen dolgozat tartalma és

tárgyalási módja is. A kutatási eredmények gyakorlati alkalmazásában való részvétel olyan sajátos tevékenység, amelyet a kutatók nem tekintenek kutatásnak, és a gyakorlati szakemberek részéről is egyfajta idegenkedés van iránta. A munka maga mégis alapvető abban a szektorban, amire a szétaprózottság jellemző, és ahol az önálló K+F munka feltételei nagyon korlátozottak. Ezek a természetszerű problémák úgyszintén visszatükröződnek a dolgozatban. Az egyes rendszerek leírásának, az eredmények és tapasztalatok tárgyalásának módszere nem egységes, azok részletessége szintén eltérő. A munkának az összegzése és ilyen szintű dokumentálása úgy érzem, hogy mégis szükséges és hozzájárul a környezetkímélő haltermelési technológiák fejlesztéséhez.

A tárgyalás módját és az eredmények ábrázolását illetően a fenti gondolatok jegyében a közérthetőségre törekedtem. Az eredmények közzétételénél csak a legszemléletesebb és gyakorlati felhasználás szempontjából leginformatívabb táblázatokat mellékeltem. A saját készítésű ábráknál is a szemléletességet és a közérthetőséget tartottam szem előtt a műszaki szabványok és a méretarányok rovására. Fentebb vázolt, és a kötött terjedelem által is indokolt egyszerűsítéseket és tömörítéseket úgy próbáltam elvégezni, hogy a szöveg, táblázat és ábra-anyag az általam legfontosabbnak tartott információkat közvetítse.

Az eredmények leírása és értékelése alapvetően öt alfejezet keretében történik. Az első két fejezetben a hagyományos tavi integrációk (tavi kacsanevelés és polikultúrás tavi halnevelés) továbbfejlesztésére irányuló vizsgálatok eredményeit tárgyalom, amelyeknek közös vonása az egyes komponensek szétválasztása, és a közöttük lévő anyag- és energia-áramlás szabályozottá tétele. A harmadik alfejezet első része az iparszerű rendszerek működésének elméletét foglalja össze, különös tekintettel a recirkulációs rendszerekre, ami fejlesztő munkánk eddigi tapasztalatainak összegzéseként fogható fel. Az alfejezet második részében három konkrét fejlesztési program eredményeit és tapasztalatait tárgyalom. A negyedik alfejezetben vietnami integrált családi halgazdaságok fejlesztésére irányuló program olyan eredményeit és tapasztalatait mutatom be, amelyek közvetlenül a vietnami halászatfejlesztést szolgálják, de közvetetten általános érvényű tanulságai is vannak. A befejező ötödik alfejezetben az integrált vízi erőforrás gazdálkodás azon főbb alapjait és lehetőségeit tekintem át, amelyeket a hazai haltermelés fenntartható fejlesztése során figyelembe lehet venni.

4. Erőforrás kímélő haltermelő rendszerek fejlesztése

4.1. A hagyományos hal-kacsa integráció fejlesztési lehetőségeinek vizsgálata

A halastavi kacsanevelésnek nemzetközileg is elismert nagy hagyománya van hazánkban, bár a mezőgazdaság szerkezetének átalakulásával, illetve az azzal együtt járó nehézségek következtében ez az integrációs forma nagyon visszaesett az utóbbi időben. A halastavi haltermelés és az intenzív állattenyésztés integrálása, illetve ilyen technológiák alkalmazása azonban jól illeszkedne a fenntartható élelmiszer-termelési technológiák kidolgozását szorgalmazó programokba. A Közép-Kelet-Európában meglévő, mintegy 250.000 hektár halastó terület megfelelő adottságokkal rendelkező hányadán jól alkalmazható lenne a halastavi kacsatermelés, még ha figyelembe is vesszük, hogy az európai halastavak egy jelentős része elsősorban jóléti célokat (biodiverzitás fenntartása, rekreáció, stb.) szolgál majd a jövőben. Nem elhanyagolandó szempont a hazai eredmények nemzetközi hasznosításában rejlő lehetőségek kihasználása sem, hiszen az integrált hal-kacsa nevelési technológiákat ma is széles körben alkalmazzák, elsősorban fejlődő országokban. A Haltenyésztési Kutató Intézet kísérleti üzemében korábban végzett vizsgálatok eredményei, tapasztalatai jól mutatják a hal-kacsa integráció fejlesztésének, környezetbe illesztésének lehetséges módjait, és jól alkalmazhatók e speciális integrációs forma jövőbeli fejlesztése során.

4.1.1. Pecsényekacsa nevelő rendszerek

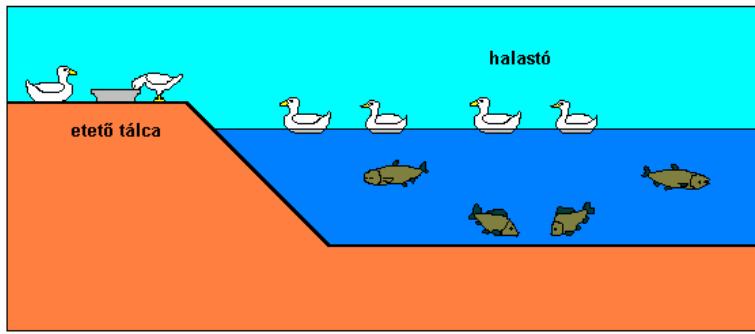
A továbbiakban csak a halastavi pecsényekacsa neveléssel foglalkozunk, mivel a kacsanevelésnek ez a fázisa az integráció tipikus eleme, bár megjegyezzük, hogy a tavi nevelésre szánt kacsáknak a HAKI-ban kidolgozott háromfázisú előnevelése nagymértékben elősegíti a tavi kacsanevelés eredményességét. A hal-kacsa integrációnak alapvetően az a változata a legelterjedtebb, amikor a kacsákat közvetlenül a halastavakon nevelik a vízfelülethez csatlakozó elkerített part vagy gát szakaszon. Ez a megoldás kétségtelenül a legegyszerűbb és az alacsony input szintű hal-kacsa termelés célszerű formája. Ezt az integrációs formát közvetlen és párhuzamos integrációnak nevezhetjük, amikor a hal- és kacsanevelés egyidejűleg, ugyanazon a területen folyik. Ugyancsak ebbe a kategóriába tartozik az a módszer is, amikor a kacsákat nem a tóparton, hanem a víz feletti rácspadlón neveljük. Az integrációnak egy komplexebb

formája a HAKI-ban kidolgozott tófenéki váltógazdálkodás, az úgynevezett „vizesforgó”, amelynek egyik eleme a halastavi kacsanevelés, és amelyet tófenéki lucernatermelés, majd rizstermesztés követ. E rendszerben a halastavi kacsanevelés önmagában a már ismertetett közvetlen és párhuzamos integrációt jelenti. A komplex vizesforgó növénytermesztési komponenseire vonatkoztatva azonban a kacsanevelés közvetlen és egymás utáni integrációt jelent, hiszen a növénytermesztés - így a tófenéken felhalmozódott szerves anyagok hasznosítása - ugyanazon a helyszínen, de jelentős időbeni eltéréssel történik. Az integrációnak a párhuzamos és közvetett formája, amikor a hal- és kacsanevelés egyidejűleg, de nem egy helyszínen történik, a hal-kacsa integrációban nem terjedt el. Ez a típusú integráció a nagyüzemi állattartás és a haltermelés integrációjának általános formája, amikor az állattartó telepeken keletkezett trágyát a halastóhoz szállítják és különböző módon a tóvízbe adagolják. Az ilyen párhuzamos és közvetett integrációs rendszereknek azonban a hal-kacsa integrációban is jelentős szerepe lehet a jövőben, különös tekintettel a termelés intenzitásának növekedésére. E fejezetben egy párhuzamos és közvetett integrációs elven alapuló hal-kacsa integrációs rendszer fejlesztésére irányuló nagyüzemi kísérletet is bemutatunk. A különböző hal-kacsa integrációs formákat összefoglalóan az 1. ábra mutatja be.

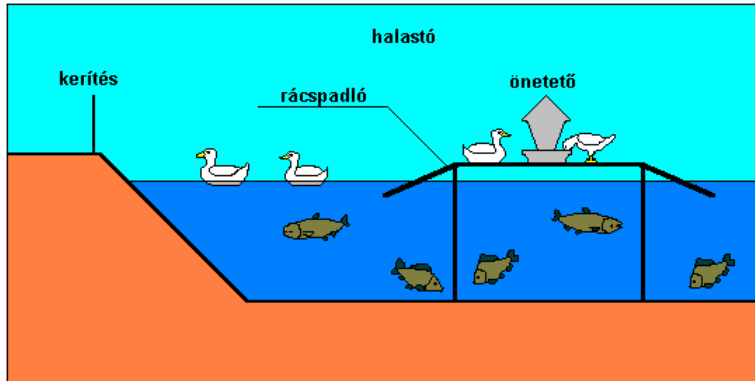
A következőkben ismertetem a hal-kacsa integráció különböző formáinak gyakorlati alkalmazására, illetve továbbfejlesztésére irányuló HAKI-ban végzett munkát, amely során eddig hazánkban nem publikált eredményeket is közlök. Az üzemi méretű halastavi kacsanevelés során az intézet kacsanevelő üzemében keltetett és előnevelt, 350-750 gramm testtömegű kacsa 48-50 nap alatt érte el a 2,5-3,0 kg-os piaci méretet. A halastavi pecsenyekacsa nevelés három különböző típusú rendszerben történt az alábbiak szerint:

- tógáton, illetve vízparton, elkerített területen;
- halastóban kialakított víz feletti rácspadlón, illetve szigeten;
- halastótól elkülönített, ivó- és fürdető csatornával ellátott, elkerített területen.

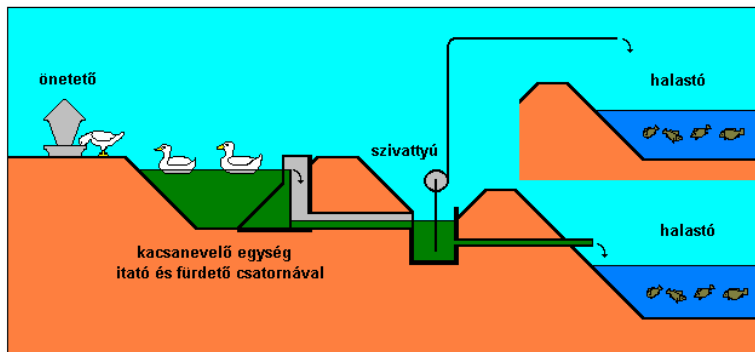
Az egyes rendszerek részletes ismertetésétől itt most eltekintünk. A különböző rendszereket, illetve az alkalmazott technológiákat a 2.2.2. fejezetnek a hal-kacsa integrációt tárgyaló alfejezete, illetve az ott hivatkozott, a témában elismert szerzők által publikált irodalmak jól bemutatják. A HAKI kísérleti üzemében működő, és a további elemzések tárgyát képező rendszerek leírása VÁRADI (1988) munkájában található.



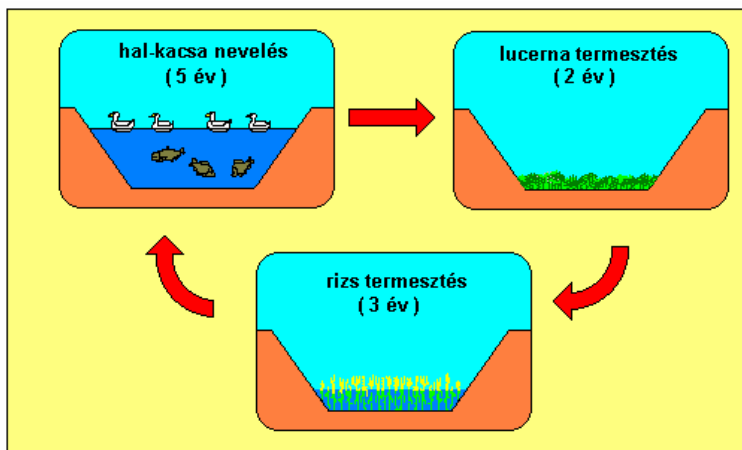
a. Kacsanevelés tóparton



b. Kacsanevelés rácspadlón



c. Kacsanevelés itató és fürdető csatornás egységben



d. Kacsanevelés vizesforgóban

Közvetlen,
(azonos helyszínű)
párhuzamos
(egyidejű)
integráció

Közvetett,
(más helyszínű)
párhuzamos
(egyidejű)
integráció

Közvetlen,
(azonos helyszínű)
szekvenciális
(időben elkülönülő)
integráció

1. ábra: A hal-kacsa integráció főbb változatai

4.1.2. A különböző integrált hal- és kacsatenyésztő rendszerek nagyüzemi alkalmazásának eredményei

A különböző integrált hal- és kacsatenyésztő rendszerek sikeres nagyüzemi alkalmazásának lehetőségét éveken keresztül bizonyította a Haltenyésztési Kutató Intézet kísérleti gazdaságában végzett halastavi kacsatenyésztési program. A program keretében végzett munka volumenét és az alkalmazott technológiák főbb sajátosságait jól érzékelteti az 1. táblázat, amely összefoglalóan mutatja be az 1987. évi tenyészidőszakban, három eltérő rendszerben végzett hal-kacsa nevelés főbb technológiai paramétereit. A vizsgálat évében a kísérleti gazdaság 250.000 darab pecsenyekacsát állított elő a halastavi tartás körülményeit jól bíró „Körösmenti Hibrid”-ből és „Szarvasi Nemesített” fajtából.

1. táblázat: A különböző nagyüzemi integrált hal- és kacsatenyésztő rendszerek fő termelési paramétereit az 1987. áprilisa és októbere közötti időszakban

Főbb termelési paraméterek	Termelési módszer		
	Kacsanevelés bekerített nevelőkben, 38 ha-os holtágon ¹	Hagyományos parti nevelés 16.5 ha-os halastavon ²	Kacsanevelés 1 ha-s, a tóból le-választott területen ³
Halfajok és arányuk a polikultúrában	Ponty 58 % Fehér busa 37 % Pettyes busa és ragadozó 5 %	Ponty 67 % Fehér busa 27 % Egyéb (pettyes busa, amur, ragadozó) 5%	A híg kacsatrágya szivattyúzása több halastóba, közöttük előnevelő tavakba is (összterület 40 ha)
Átlagos népesítési sűrűség (db/ha)	2.150	11.721	
Összes haltermelés (t)	74	36.7	75
Nettó halhozam (t/ha)	1,2	1,96	1,5
Kacsafajták	Körösmenti Hibrid és Szarvasi Nemesített		
Átlagos kacsa népesítési sűrűség (db/ha)	259	624	250
Éves kacsa termelés (db/ha/év)	3.108	1.248	1.000
Összes hal és kacsa hozam (t/ha)	10,8	5,7	7,85

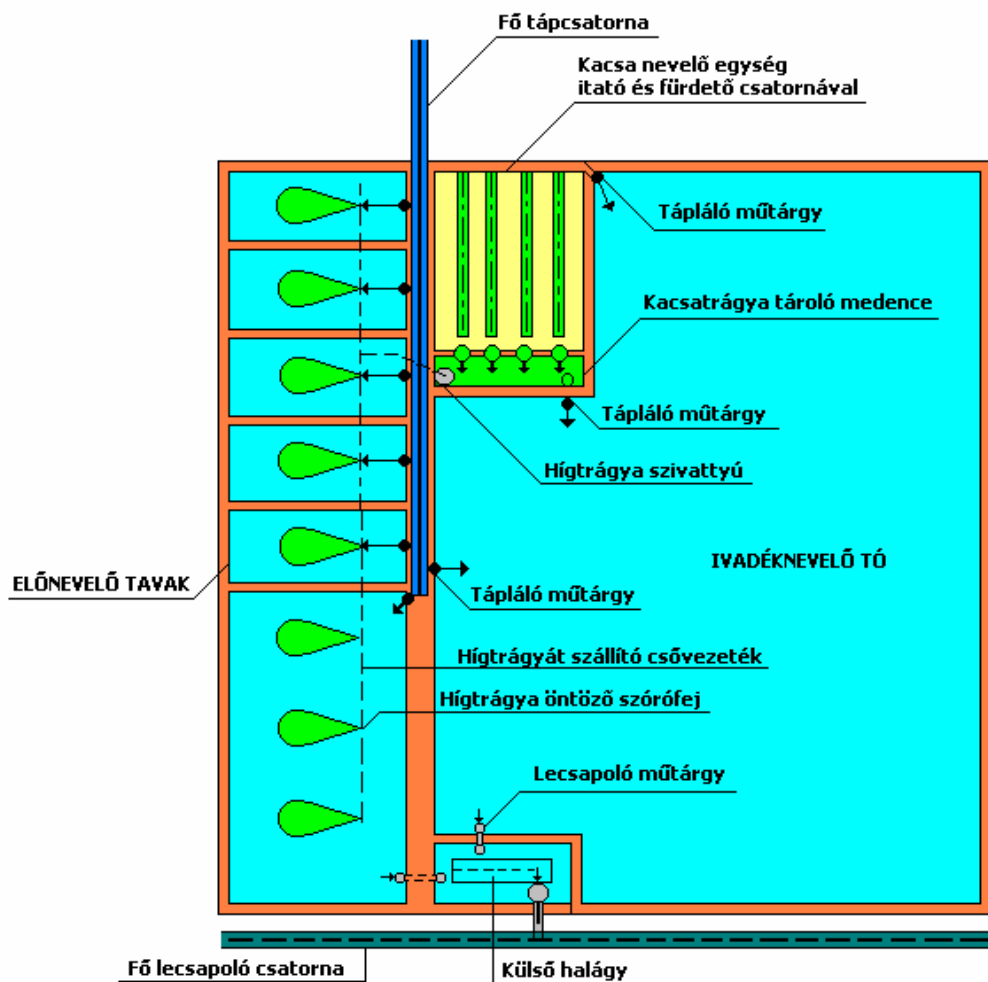
1. Piaci méretű haltermelés
2. Kétnyaras hal termelés
3. Számított adatok (Számításaink szerint az 1 hektáros kacsanevelő területen átlagos körülmények között 40 ha halastóra elegendő kacsatrágya keletkezik a táblázatban bemutatott technológiai paramétereiket figyelembe véve)

Amint az 1. táblázatból látható, az 1987-es termelési évben a hagyományos kacsanvelési technológiák mellett egy olyan rendszert is alkalmaztunk, amely magasabb intenzitási szint mellett is lehetővé teszi a hal-kacsa integrált tartását. Bizonyos intenzitási szint fölött ugyanis a termelési ciklusok összehangolása, a halastó esetenkénti szerves anyag túlterhelése, a kacsa-, illetve haltermelési technológiák egyes elemeinek ütközése (pl. kacsabegyűjtés, illetve lehalászás) megnehezíti, sőt lehetetlenné teszi az integrált rendszer üzemeltetését. A HAKI kísérleti gazdaságában, tekintettel a meglévő adottságokra síkvidéki, körtöltéses halastavak biztosították a hal-kacsa integráció alapvető technikai feltételeit. Ezek a tavak a tenyésztésidőszakon kívül szárazon tarthatók, és így elősegíthető a tófenéken esetlegesen felhalmozódó szerves üledék oxidálása, a tótalaj regenerálódása. Nem zárható ki azonban a hal-kacsa integráció dombvidéki, hosszított és völgyzárógátas tavakon, illetve lecsapolhatatlan vízterületeken való alkalmazása sem. A lecsapolhatatlan tavak esetén azonban különösen fontos a kacsatrágya adagolás olyan szabályozhatósága, amely révén lehetővé válik a szerves anyagok tökéletes lebomlása, illetve elkerülhető az eutrofizációt, és az anaerob iszap felhalmozódását elősegítő hatás.

A Haltenyésztési Kutató Intézetben végrehajtott fejlesztési program keretében megpróbáltuk kiküszöbölni a fentebb említett alapvető problémákat, és ugyanakkor megőrizni az integráció előnyeit. Olyan rendszert alakítottunk ki, amelyikben a hal és kacsatenyésztő területeket elválasztottuk egymástól és szabályozhatóvá tettük a kacsanvelő területről származó szerves anyagban gazdag víz bejuttatását a halastóba, illetve halastavakba. E rendszerbe olyan tavak is bekapcsolhatók, amelyekben egyébként nem lehetne kacsát tartani (például előnevelő tavak).

A kacsanvelő egység egy olyan 14 m széles elkerített terület, amelynek középvezetékében egy itató- és fürdető csatorna van. A száraz területnek enyhe lejtése van a csatorna felé (1,5-2 %). A csatornában folyamatos vízfolyást biztosítunk, 0,1 liter/perc/kacsa fajlagos vízhozammal. A kacsákat 1,7 m³-es önetetőkben takarmányozzuk. A tápanyagban gazdag vizet a központi csatornából egy kis víztározóban gyűjtjük össze, ahonnan az a trágyázni kívánt halastóba juttatható gravitációsan vagy szivattyúk segítségével. A hagyományos öntözőszivattyúk gyorscsatlakozású csövekkel és szórófejjel jól használhatók erre a célra.

A rendszer a párhuzamos (egyidejű) és közvetett (eltérő helyszínű) hal- és kacsatermelési folyamatok integrációjának ritka, de figyelmet érdemlő változata. Egy ilyen elrendezésű, egyidejűleg 10.000 darab kacsafelnevelésére alkalmas rendszer vázlatát a 2. ábrán látható.



2. ábra: Itató és fürdető csatornás integrált hal-kacsa nevelő rendszer vázlatát

Az 1987. évi tenyészidőszak termelési eredményei alapján elvégeztük az új rendszernek a gazdaságossági elemzését is hagyományos halastavi kacsanéveléssel összehasonlítva. A modell számítás során az 1987. évi termelési eredményeken túlmenően felhasználtuk a HAKI kísérleti üzemében évtizedeken keresztül folytatott integrált hal-kacsatermelés üzemi eredményeit és tapasztalatait is. Mindkét rendszer nagyüzemi intenzív rendszer, ahol a halakat jól megépített és jó állapotban lévő halastavakban neveljük. A természetes

táplálék mellett a gabona, mint kiegészítő takarmány jelentős szerepet tölt be a haltermelésben. A vizsgálatok eredményei a 2. táblázatban láthatók.

2. táblázat: Két különböző integrált hal-kacsa termelési rendszer gazdaságossági elemzése (1987) (A Haltenyésztési Kutató Intézet kísérleti gazdaságának adatai alapján)

Költségek és bevételek	Halastó partján történő hagyományos kacsa nevelő rendszer		Itató-fürdető csatornás hal-kacsa nevelő rendszer	
	USD/ha ¹	%	USD/ha ¹	%
Építési költségek	2.734		3.204	
Működési költségek				
Hal népesítő anyag	711	15,2	711	14,8
Kacsa népesítő anyag	1.102	23,5	1.120	23,3
Haltáp	532	11,3	532	11,1
Kacsatáp	1.307	27,9	1.428	29,7
Trágya	-	-	-	-
Műtrágya	-	-	-	-
Vegyszer, gyógyszer	13	0,3	13	0,3
Egyéb anyagok	87	1,8	94	2,0
Munkaerő	122	2,6	122	2,5
Víz és szivattyúzás	252	5,4	289	6,0
Fenntartás és javítás	219	4,6	85	1,8
Értékcsökkenés	182	3,9	214	4,4
Egyéb (szállítás, stb.)	163	3,5	197	4,1
Összesen	4.690	100,0	4.805	100,0
Bevétel				
- Halból	3.881		3.396	
- Kacsából	2.740		2.823	
Összesen	6.621		6.219	
Profit (adózás előtt)	1.931		1.414	
Beruházás megtérülése		70,7		44,1
Működési költségek megtérülése		41,2		29,4

1. A költség és bevétel adatokat az összehasonlíthatóság miatt USA dollárban adjuk meg tekintettel a Ft időközbeni jelentős inflációjára. Az elemzés időpontjában (1987. december) 1 USD 46,82 Ft-al volt egyenértékű.

A különböző integrált hal-kacsa nevelő rendszerek létesítésével és üzemeltetésével kapcsolatos tapasztalataink alapján összefoglaltuk azokat a műszaki és technológiai szempontokat, amelyek segíthetnek a megfelelő rendszer kiválasztásában a különböző környezeti és technológiai változók figyelembevételével. A műszaki és technológiai szempontokat összefoglalóan a 3. táblázat mutatja be.

3. táblázat: A különböző integrált hal- és kacsatenyésztő rendszerek alkalmazhatóságának műszaki és technológiai szempontjai

Főbb műszaki és technológiai tényezők	Tóparton történő kacsanevelés	Szigeten történő kacsanevelés	Itató- és fürdető csatornás, elkerített területen való nevelés
Topográfia és terület	Sík terület szükséges enyhe lejtővel a víz felé. Lecsapolás nélküli és mély vizek (pl. víztározók) is alkalmasak. E területeken a kacsatrágya terhelés összhangban kell, hogy legyen a víz öntisztító kapacitásával	Kis töltésterületű és nehezen átalakítható halastavak is alkalmazhatók. 2 m-nél mélyebb tavakra nem javasolt, mivel a sziget kialakítása nehézkes.	Ha a parti és a szigeten történő kacsatartás nem oldható meg topográfiai vagy más ok miatt, ez a módszer alkalmazható, de a tó mellett szükség van földterületre. A nevelő terepszintje a tóhoz képest magasabban kell, hogy legyen. E rendszer a szabályozott trágya adagolás miatt lecsapolhatatlan vízterületeken is alkalmazható.
Talaj	Agyagtalaj szükséges vagy partvédelem ott, ahol a kacsák megközelítik a vizet.	A töltés anyaga iránti igény kevésbé jelentős, mivel a kacsák a szigeten tartózkodnak	A száraz nevelő létesítésének talajminőség iránti igénye tág határok között mozog.
Vízellátás	Jó vízellátású halastavak szükségesek, ahol a vízfolyás szükség esetén megvalósítható		Kiegészítő és folyamatos vízfolyásra van szükség
Építés és tervezés	Nincs különleges tervezési igény. Egyszerű kerítés és árnyékoló szín szükséges lehet	Viszonylag komplikált fa és/vagy fém szerkezet tervezése és építése szükséges	Egyedi tervező munkát igényel. A kacsanevelő építése viszonylag egyszerű, de csatornákat kell építeni a nevelőtől a tavakig.
Kacsák etetése	Az önetetők könnyen feltölthetők a parton	Nehéz feltölteni és ellenőrizni az önetetőket	Az önetetők könnyen feltölthetők
Kacsák gondozása és összegyűjtése	A kacsák gondozása és a nevelés végén történő összeterelése nehézkes		A kacsák gondozása és összeszedése jól megoldható
Trágya adagolás szabályozása	A tóba jutó trágya mennyisége nehezen ellenőrizhető		Tökéletesen szabályozható a tóba kerülő trágya mennyisége
Trágyázás hatékonysága	A trágya egy része a parton marad és nem hasznosul	Az összes trágya hasznosul a halastóban	A trágya egy kisebb része a parton és a csatornában marad és nem hasznosul
Lopás és ragadozók	A kacsák könnyű zsákmányt jelentenek a tolvajok és a ragadozók számára	A szigeten lévő kacsákat nem fenyegeti a lopás és a ragadozók	Kiseb terület magas kerítéssel való körül vétele megvédi a kacsákat a lopástól és a ragadozóktól
Halak mérete	A tóban lévő halaknak 5 grammnál nagyobb tömegűeknek kell lenniük		A hígtrágya bármilyen nevelési szakaszra használt tóba bevihető
A kacsanevelési ciklusok összhangja	Össze kell hangolni a hal- és a kacsanevelési ciklusokat A kacsák és a parti kacsás létesítmények akadályozhatják bizonyos halászati feladatok elvégzését	A sziget akadályozza hálós halászatot	A hal- és a kacsatenyésztési ciklusok egymástól függetlenek.

4.1.3. Főbb megállapítások

A Haltenyésztési Kutató Intézetben folytatott üzemi vizsgálatok eredményei jól szemléltették a hal-kacsa integrált termelésének nagyüzemi alkalmazhatóságát. A különböző típusú rendszerekkel végzett vizsgálatok lehetőséget teremtettek azok összehasonlítására, és különböző körülmények közötti alkalmazhatóságuk meghatározására. Kétségtelen, hogy a klasszikus halastavi kacsanevelés olyan előnyöket biztosít (gyakori kis adagú friss trágya nagy területen történő „természetes” (kacsák általi) szétosztása, a kacsák iszap túrkáló tevékenységének (bioturbáció) előnyös hatásai, a rendszer egyszerűsége stb.), amelyeket a lehetőségekhez mérten a legnagyobb mértékben ki kell használni. A vizsgálatok és tapasztalatok rámutattak azonban arra, hogy a hal-, illetve kacsanevelés intenzitásának növekedésével a hagyományos technológiák alkalmazása korlátokba ütközik. A problémák elkerülésének egyik nyilvánvaló módja a hal-, illetve kacsanevelés intenzitásának a körülmények által meghatározott szint alatt tartása, a másik a halas és a kacsás komponens szétválasztása és a kapcsolatok (elsősorban a tápanyagáramlás) szabályozhatóvá tétele. Ez utóbbinak megoldására végeztünk üzemi kísérletet, és vizsgáltuk a rendszer alkalmazhatóságát műszaki, gazdaságossági szempontból. Az elemzések azt mutatták, hogy egy ilyen nagyüzemi rendszer létesítési költsége kb. 15 %-al magasabb a költsége a hagyományos tóparti kacsanevelő rendszer létesítéséhez viszonyítva, de üzemeltetési többlet költsége csak alig 3 %-kal. Bár az üzemi vizsgálatok a szétválasztott komponensű (ítató- és fürdető csatornás) rendszer esetén kisebb bevételt mutattak, ami az alacsonyabb halhozamokból adódott, ez alapvetően a kísérleti jellegű üzemeltetés hatásának tudható be. Megállapítható tehát, hogy a halas és kacsás komponens szétválasztása, és a szerves anyagokban gazdag víznek a halastavakban történő szabályozott kiadagolása és hasznosítása a bemutatott rendszerrel a termelés gazdaságosságának veszélyeztetése nélkül megvalósítható. Megállapítható az is, hogy a rendszer szabályozottságának növelésével együtt járó létesítési és üzemeltetési költségnövekedés arányban áll a haszonnal, amit a rendszer halastavainak megnövekedett szerves anyag feldolgozási hatékonysága, illetve a teljes rendszer negatív környezeti hatásának csökkenése jelent. Bár a kísérletek folytatására a kilencvenes évek végén bekövetkezett társadalmi és gazdasági változások miatt nem kerülhetett sor, és az állattenyésztés, azon belül a kacsatenyésztési ágazat azóta is nehéz helyzetben van, a kísérletek felújítása, az eddigi eredmények és tapasztalatok hasznosítása jól járulhatna hozzá a fenntartható élelmiszertermelési technológiák fejlesztéséhez.

4.2. Kombinált extenzív-intenzív tavi haltermelő rendszer fejlesztése

A hagyományos tógazdasági haltermelés fejlesztésének lehetséges kitörési pontjai az intenzitás növelése és a piaci igényeket jobban kielégítő, elsősorban ragadozó halak termelése. Az intenzív tavi rendszerekben történő ragadozó hal nevelés fejlesztésének komoly korlátot szabnak azonban az elfolyó víz minőségére vonatkozó egyre szigorúbb előírások. Ezt az ellentmondást oldhatják fel a speciális tavi haltermelő rendszerek az intenzív kistavas haltermelés és az extenzív tóban történő víztisztítás kombinációjával. A nagyobb, különböző méretű tavakkal rendelkező tógazdaságokban ugyanis megteremthetők úgy a mesterséges takarmányozáson alapuló intenzív tavi nevelés, mint a szerves tápanyagok hasznosításán alapuló extenzív tavi nevelés feltételei.

Az intenzív és extenzív tavak kombinációját, vagyis az intenzív tavak elfolyó vizének extenzív tavakban való kezelését, majd újrafelhasználását Izraelben fejlesztették ki és alkalmazták először üzemi körülmények között is. Hazánk és Izrael halászatában meglévő hasonlóságok (tógazdasági haltermelés meghatározó szerepe, a ponty fontossága, a tavi anyag- és energiaforgalomra irányuló kutatások közös vonásai), illetve a víztakarékos tógazdasági technológiák fejlesztésére irányuló törekvések jó alapot teremtettek egy olyan együttműködésre, amely keretében üzemi kísérletek kezdődtek kombinált extenzív-intenzív tavi haltermelő rendszer fejlesztésére és vizsgálatára. A kombinált (vízforgatással egybekapcsolt) extenzív-intenzív haltermelő rendszert a szarvasi Haltenyésztési Kutató Intézet tulajdonában lévő, és a Szarvasi Halas Kft. által üzemeltetett Iskolaföldi halastórendszerben építettük ki, egy termelő tó és hat telelő tó célszerű átalakításával. A több éves komplex program végrehajtásának feltételeit a HAKI saját erőforrásainak felhasználásán túl az FVM és az OMFB által kiírt pályázatok keretében elnyert támogatások biztosítják.

4.2.1. A rendszer és a technológia alapelemeinek leírása, illetve a vizsgálati program és a várható eredmények ismertetése

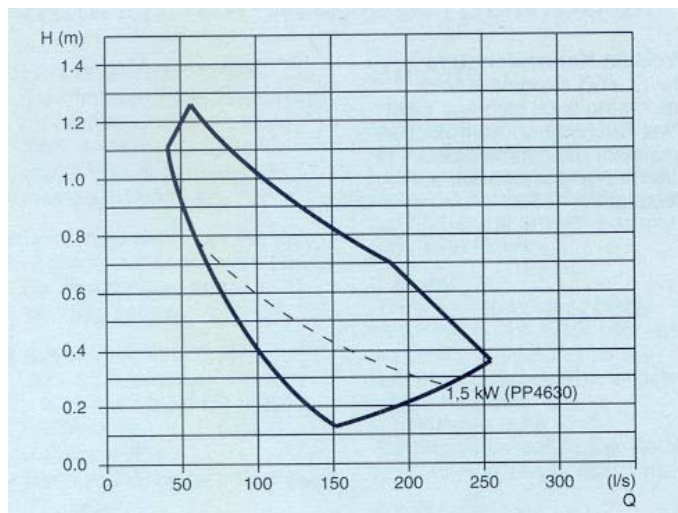
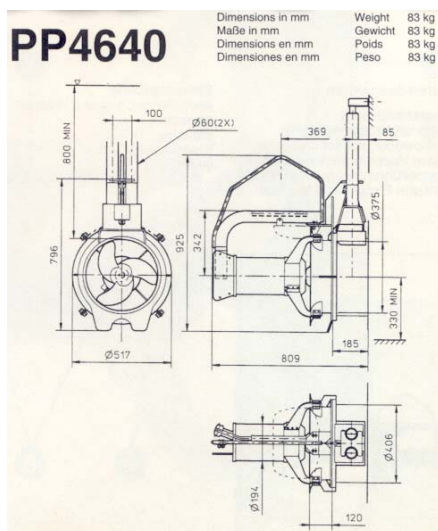
A rendszer leírása

A hat intenzív, egy extenzív tározó és vízkezelő tóból álló halastavi rendszer összterülete 21,5 ha. Az intenzív művelésre alkalmas tavak összes területe 1,5 ha, a tavak mérete: I₁: 1320 m², I₂: 2475 m², I₃: 2365 m², I₄: 2585 m², I₅: 1265 m²,

I₆: 6050 m². Az extenzív tározó és vízkezelő tó területe 20 ha. Az intenzív tavak átlagos vízmélysége 1,5 m, míg az extenzív tóé 1,0 m.

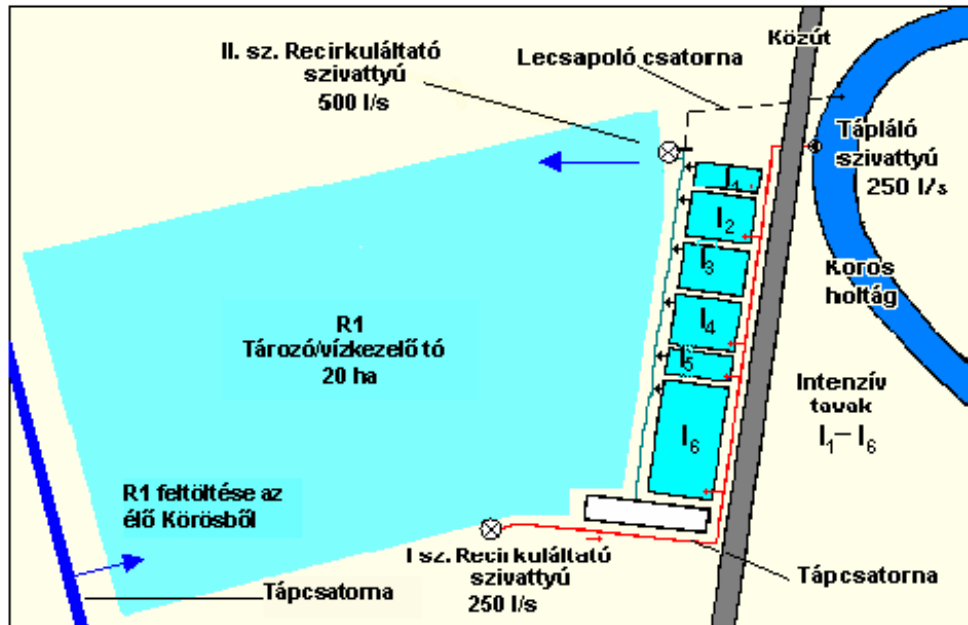
A rendszerben az extenzív és intenzív tavak közötti víz forgatását szivattyúk biztosítják. Az alkalmazott típusok Flygt típusú csőpropellerek (3. ábra). Jellemző ezen gépi berendezésekre a kis emelő magasság (0,8-1,5 m), a nagy vízszállító kapacitás és az alacsony energiaigény. Az I. számú szivattyú (PP4640-410 Flygt) az extenzív tározó és vízkezelő tóból emeli az általa szűrt vizet az intenzív tavak árasztó csatornarendszerébe, melyből gravitációsan történik ezen tavak vízellátása. Az alkalmazott szivattyú vízszállító teljesítménye 250 l/sec, 0,5 m emelési magasság mellett, teljesítmény igénye 2,5 kW. Az intenzív tavakból barátságosan át folyó, szerves anyagokban, valamint szervesetlen növényi tápanyagokban dús vizet lecsapoló csatornában gyűjtjük össze, és a II. számú szivattyúval (PP4660-410 Flygt) emeljük vissza az extenzív víztározó, kezelő tóba. Ezen szivattyú teljesítménye 500 l/sec, 1 m emelési magasság mellett, teljesítmény igénye 10 kW.

3. ábra: Az alkalmazott Flygt csőpropeller szivattyúk főbb jellemzői



A rendszer üzembeállítására 1998. júniusában került sor. Míg az 1998. évben, a műszaki bizonytalanságra tekintettel, csak a rendszer tesztelése folyt, addig az 1999. évben a kísérletek már teljes mértékben üzemi körülmények között zajlottak. A rendszer helyszínrajza és távlati képe a 4. ábrán látható.

4. ábra: A kombinált extenzív-intenzív haltermelő rendszer vázlata



a. A tórendszer vázlatos helyszínrajza



b. A tórendszer távlati képe

Az alkalmazott technológia alapelemei

Az **intenzív halastavi technológia** alapelemei: a sűrű népesítés; teljes értékű pelletált takarmánnyal történő intenzív takarmányozás; rendszeres levegőztetés és folyamatos vízárammal történő anyagcsere termék eltávolítás. Az intenzív tavi haltermelés során a hazai tógazdasági hozamok többszöröse érhető el, ami a terület hasznosítását tekintve figyelemre méltó tényező. Az ilyen típusú rendszerek alkalmazásának azonban elsősorban a vízellátás korlátai szabnak határt, hiszen a folyamatos vízátfolyás igénye miatt az egységnyi előállított halra jutó vízfelhasználás sokszorosa a hagyományos tógazdasági vízfelhasználásnak. Az új technológia gazdaságos alkalmazásának tehát előfeltétele az intenzív tavak elfolyó vizének vízkezelést követő újrafelhasználása.

Az új típusú rendszer működésének lényege az, hogy az intenzív tavak elfolyó vizének kezelése (a feldúsult szerves és szervesetlen tápanyagok eltávolítása) extenzív halastóban történik. Az **extenzív halastavi technológia** alkalmazásának lényege az, hogy kiterjedt tófelületen olyan halfajokat (elsősorban pontyot, fehér és pettyes busát) nevelünk, ritka népesítéssel, takarmányozás nélkül, amelyek fő tápláléka az intenzív tavak elfolyó vizének tápanyagtartalmát hasznosítva, a tóban elszaporodó természetes táplálék. Az extenzív halastó víztömege és üledéke, illetve partmenti növényzónája ugyanakkor szintén részt vesz az intenzív tavakból távozó tápanyagok átalakításában és visszatartásában.

A vizsgálati program elemei

Az új típusú haltermelő rendszer sikeres működésének egyik legfontosabb eleme az extenzív tó tápanyag eltávolításának hatásfoka. A tápanyag feldolgozás és visszatartás mechanizmusának jobb megismerése és a hatásfok javítási lehetőségeinek feltárása érdekében széleskörű **tápanyag forgalmi vizsgálatokat** végzünk. A vizsgálatok során rendszeresen az Izraelben alkalmazottal azonos módszerrel mérjük az extenzív tó vizének következő paramétereit: szerves szén, összes N, NH₄, NO₂, NO₃, összes P és lebegőanyag. A tápanyag vizsgálatok eredményeinek feldolgozása és kiértékelése a haltermelés technológiai folyamataival, illetve technológiai paramétereivel (népesítés, megmaradás, hozamok, takarmányozás, takarmányértékesítés, stb.) történő összevetés alapján történik.

A **vízháztartási vizsgálatok** alapvető fontosságúak a víztakarékos haltermelő rendszerek fejlesztésére irányuló programokban, amelyek során mérjük a bevezetett friss víz, a rendszerből eltávozó technológiai víz és a recirkuláltatott víz mennyiségét. Az elpárolgó és az elszivárgó vízveszteségeket számítással határozzuk meg. A vízhozam vizsgálatok eredményei alapján határozhatjuk meg az anyagháztartás értékeléséhez szükséges anyagáramokat is.

A vizsgálatok kiterjednek a rendszer alapvető **műszaki berendezéseinek vizsgálatára** is, amely elsősorban a szivattyúk üzemi paramétereinek folyamatos nyomon követésére, a vízszivattyúk és vízkormányzó berendezések üzemeltetésével kapcsolatos megfigyelések regisztrálására irányulnak.

Különös jelentősége van az ilyen rendszerekben az **áramlástechnikai viszonyok vizsgálatának**, tekintettel az intenzív tavakban keletkező anyagcsere termékek és szerves hulladékok hidraulikai úton való, minél tökéletesebb eltávolításának kritériumára. Vizsgáljuk tehát az intenzív tavak hidraulikai viszonyait, az elfolyó víznek az extenzív tóban való eloszlását, illetve az extenzív tó áramlástechnikai viszonyait a biológiai vízkezelés határfokának növelése érdekében.

Várható eredmények

A hosszútávú program végrehajtása olyan közvetlen, valamint közvetett eredményeket ad, amelyek jól szolgálják a hazai tógazdasági haltermelés fejlesztését, részben egy új víztakarékos és környezetbarát rendszer kifejlesztésével, részben pedig halastavi rendszerek működésére vonatkozó újabb ismeretek megszerzésével. A várható eredmények az alábbiakban foglalhatók össze.

Tudományos eredmények

- Olyan világviszonylatban is új haltermelési technológiát dolgozunk ki, amely víztakarékos és környezetbarát.
- Lehetővé válik a halastavak tápanyagforgalmának jobb megismerése.
- Új ismereteket szerzünk halastavak hidraulikai viszonyaira vonatkozóan.
- Jobban megismerjük a halastavi biomanipuláció lehetőségeit és anyagforgalmi működését.

- Korszerűsítjük a halastavak tápanyag és vízminőség vizsgálatának módszereit.

Műszaki eredmények

- Az új rendszer víztakarékos haltermelést tesz lehetővé, melynek alkalmazásával csökkenthetők a fokozódó vízhiányból adódó problémák.
- A haltermelő rendszeren belüli hatékony vízminőség szabályozás révén nő a haltermelés biztonsága és hatékonysága, illetve a termék minősége.
- Az intenzív tavak elfolyó vizének kezelése és a vízvisszaforgatás révén csökkenthető, illetve minimalizálható a környezet szerves anyag terhelése.

Gazdasági eredmények

- A rendszer teljes tófelületére vonatkoztatott átlagos fajlagos halhozam a hagyományos tavi hozamok többszörösét érheti el.
- Az intenzív komponens megteremti a lehetőségét jó minőségű, értékes halak tömegtermelésének, és a piac folyamatos ellátásának; az extenzív tóban ugyanakkor a biogazdálkodás feltételeinek megfelelő körülmények is megteremthetők.
- Az extenzív tóban, kiegészítő takarmányozással, várhatóan 1 t/ha hozam érhető el.
- A halhústermelés önköltsége alacsonyabb a hagyományos rendszerekénél.
- A szabályozott környezeti feltételek, illetve ezáltal a magasabb minőségbiztosítási lehetőség révén nő a rendszert alkalmazók piaci versenyképessége.
- A komplex rendszer, illetve a know-how értékesítése a szellemi export lehetőségeket is bővítheti.
- Az extenzív-intenzív recirkulációs rendszer fajlagos vízfelhasználása, így vízköltsége alacsonyabb, mint a hasonló teljesítményű hagyományos rendszereké.

4.2.2. A rendszer 1998. évi működésének tapasztalatai

A kísérleti tavak népesítése

Az extenzív tározó és vízkezelő tó (R₁) műszaki átadására 1998. április 10-én került sor. Ezen tó népesítését 1998. április 22-én végeztük el, a telepítés 104.000 db egynyaras ponttyal történt, ami 5.200 db/ha népesítési sűrűségnek felel meg. Az egynyaras pontyok átlagtömege 30-31 g volt. Az intenzív tavak (I₁-I₆) műszaki átadására 1998. június hónap végén került sor. A munkatervnek megfelelően két hét „vizes próbaüzem” után a tavakat előnevelt ponttyal népesítettük 60.000 db/ha, 100.000 db/ha, 150.000 db/ha és 200.000 db/ha sűrűségben. Az előnevelt ponty átlagtömege 0,65 g volt. A hat darab kisméretű tóból az I₃-as, I₄-es és I₅-ös tavakban folyt intenzív nevelés, vízátfolyás mellett; az I₁-es, I₂-es és I₆-os számú tavakban a hagyományos utónevelési technológiával neveltük a halakat és bikultúrás népesítést alkalmaztunk (ponty, amur). Vízforgatást az utóbbi tavakon nem végeztünk, csak a szivárgásból, párolgásból adódó vízhiányt pótoltuk. Ezek a tavak a kísérlet kontrolljaként szerepeltek.

Vízcsere az intenzív kísérleti tavakon

A kísérletbe vont extenzív és intenzív tófelület aránya 1998-ban 32:1, a tótérfogat aránya pedig 22:1 volt. A 4. sz. táblázatban feltüntettük az intenzív tavak napi vízcserejét a tavak víztérfogatához viszonyítva, dekádonkénti bontásban. A vízforgató szivattyúk napi 8-16 órát üzemeltek vízigény szerint, azonos vízátfolyást biztosítva az eltérő területű tavakra. A napi vízcsere a kísérlet időtartama alatt 15 és 50 % között változott. A napi vízcsere százalékban kifejezett mértékét a szivattyúk teljesítménye és üzemideje alapján számítottuk:

4. táblázat: Az intenzív tavak napi vízcsereje

Tó száma	I₃	I₄	I₅
Július 10-20.	15 %	15 %	30 %
Július 21-30.	25 %	25 %	50 %
Augusztus 1-10.	25 %	25 %	50 %
Augusztus 11-20.	25 %	25 %	50 %
Augusztus 21-31.	25 %	25 %	50 %
Szeptember 1-10.	15 %	15 %	30 %
Szeptember 11-20.	15 %	15 %	30 %

Az extenzív és az intenzív tavak takarmányozása

Az intenzív tavakban 24 %-os fehérjetartalmú táppal etettünk, étvágy szerint. A napi feletetett táp mennyisége a hal biomassza 5-8 %-a volt. A részletes adatokat az 5. sz. táblázat tartalmazza. A kontroll tavak esetében 60 % búza, 20 % kukorica és 20 % édes csillagfürt darált keverékét használtuk takarmányozásra. Az extenzív tározó és vízkezelő tó esetében 90 % búza és 10 % kukorica keverékével etettünk. A napi feletetett takarmány mennyisége a hal biomassza 2-4 %-a volt.

Az 1998. évi tavi kísérletek népesítési, takarmányozási és lehalászási adatait az 5. táblázatban foglaltuk össze.

A halhozamok értékelése

A hozam az intenzív tavak esetében 1,38-1,66 t/ha értékek között változott. A lehalászott halak átlagtömege 12-23 g volt. A kontroll tavak halhozama alacsonyabb (1,19-1,26 t/ha), a lehalászott halak átlagtömege azonban magasabb (22-31 g) volt. Az extenzív tározó és vízkezelő tóban 1,35 t/ha hozamot értünk el. A prototípus jellegű rendszerre tekintettel, 1998. évben a biztonságra törekedve, az intenzív tavak népesítése és takarmányozása „visszafogott” volt, bár a népesítési sűrűség jóval meghaladta a gyakorlatban alkalmazott értékeket. Ennek ellenére a sűrűn népesített intenzív nevelőtavakban sem oxigénhiány, sem a növekedést gátló, illetve a halak egészségét veszélyeztető vízminőség romlás nem volt. Az elért hozamok az 5. táblázatban láthatók.

Az extenzív-intenzív rendszer vízminőségének vizsgálata

A kísérlet során folyamatosan vizsgáltuk a feltöltő vizek, az extenzív tározó és kezelő tó vizének minőségét, amely az intenzív tavak táplálóvizeként szolgált. A csatornahatás kimérésére külön-külön mintáztuk az extenzív tóból kilépő és az intenzív tavakba ténylegesen belépő vizeket, számítva ezek eltérő vízminőségére. Az intenzív tavakban hárompontos, teljes vízoszlopos mintavételt alkalmaztunk, a részminták azonos mennyiségéből átlagmintát kevertünk.

5. táblázat: A halastavi kísérletek 1998. évi kihelyezési, takarmányozási és lehalászási adatai

Tó száma	I ₂	I ₃	I ₄	I ₆	R ₁
Tó területe (m ²)	2.475	2.365	2.585	6.050	200.000
Kihelyezés időpontja	április 21.	április 21.	április 21.	április 30.	március 18.
Népesítés (db/tó)					
P1	2.400	3.180	3.910	4.320	106.500
A1	130	170	210	4.80	5.600
Összesen	2.530	3.350	4.120	4.800	112.100
Népesítés (db/ha)	10.222	14.165	15.938	7.934	5.605
Kihelyezési átlagtömeg (g)	25	25	25	25	25
Tóhasználat	intenzív	intenzív	intenzív	kontroll	extenzív
Takarmány (kg) táp	1.975	2.175	2.500	-	-
Takarmány (kg) gabona	455	501	565	3.118	67.210
Megmaradás (%)	89	82	92	92	73
Bruttó / nettó hozam (kg/tó)	736 / 673	704 / 620	900 / 797	1.164 / 1.044	31.800 / 28.988
Bruttó / nettó hozam (t/ha)	2,97 / 2,72	2,98 / 2,62	3,48 / 3,08	1,92 / 1,73	1,59 / 1,45
Átlagtömeg (g) Ponty	335	245	240	205	390
Amur	182	180	180	783	410
Természetes hozam (kg)	17	21	29	283	12595
Takarmányegyűltető (kg táp, ill. kg gabona/kg)	3,64	4,6	4,0	4,4	2,45

6. táblázat: A vízcseré mértéke és a víz tartózkodási ideje a kísérleti intenzív tavakban és az extenzív vízkezelő tározóban 1999-ben

tőszám időpont	I2				I3				I4				R1		
	összes (m3)	napi (%)	haltőmegre (m3/kg/nap)	tartózk idő (nap)	összes (m3)	napi (%)	haltőmegre (m3/kg/nap)	tartózk idő (nap)	összes (m3)	napi (%)	haltőmegre (m3/kg/nap)	tartózk idő (nap)	összes (m3)	napi (%)	haltőmegre (m3/kg/nap)
júl.1-10.	1 232	3	0,3	33,3	1 386	4	0,4	25,0	1 221	3	0,3	33,3	3 839	0,2	0,02
júl.11-20.	4 229	11	1,0	9,1	4 289	12	1,0	8,3	5 307	13	1,0	7,7	13 825	0,7	0,08
júl.21-31.	8 200	20	1,6	5,0	8 370	21	1,7	4,8	9 959	21	1,6	4,8	26 529	1,3	0,13
aug.1-10.	11 017	28	2,1	3,6	10 713	28	2,1	3,6	14 256	32	2,2	3,1	35 986	1,8	0,17
aug.11-20.	15 017	38	2,7	2,6	14 605	39	2,7	2,6	17 118	38	2,5	2,6	46 740	2,3	0,21
aug.21-31.	15 468	36	2,3	2,8	19 063	46	3,0	2,2	20 566	41	2,5	2,4	55 097	2,8	0,22
szept.1-10.	13 500	34	2,1	2,9	18 035	48	2,9	2,1	17 847	39	2,3	2,6	49 382	2,5	0,20
szept.11-20.	10 302	26	1,5	3,8	13 100	35	2,0	2,9	14 132	31	1,7	3,2	37 534	1,9	0,15
szept.21-27.	6 906	25	1,4	4,0	9 538	36	2,0	2,8	8 943	28	1,4	3,6	25 387	1,3	0,13
Összesen:	85 871	24	1,7	4,2	99 099	29	2,0	3,4	109 349	30	1,7	3,3	294 319	1,6	0,15

Az extenzív-intenzív rendszer tóüledék összetételének vizsgálata

Az R₁ jelű extenzív tó üledékének minősítését három alkalommal; július, augusztus és - a szezon zárása előtt - október hónapban végeztük el. A tó három pontján vett 0-5 cm-es részminták homogenizálásával kapott átlagmintákból meghatároztuk a nedvesség, a szerves, valamint szervesetlen anyag, valamint az összes N és összes P tartalmat. Az intenzíven népesített I₃, I₄, I₅ jelű kísérleti tavak vizsgálatát augusztus és szeptember hónapban végeztük el. A tavak két pontján, a 0-5 cm-es rétegből vett minták homogenizálása után, ugyanazon paramétereket határoztuk meg, mint az extenzív tó esetében.

4.2.3. A rendszer vizsgálatának 1999. évi tapasztalatai

Miután 1998-ban a rendszer műszaki tesztelése befejeződött, az 1999. évben a kísérletek már teljes mértékben üzemi körülmények között zajlottak. A kisméretű kísérleti tavak közül az I₂-es, I₃-as és az I₄-es tavakban valósult meg az intenzív népesítés, vízfolyással. Az I₆-os tó az intenzív tavak kontrolljaként szerepelt alacsony népesítéssel, vízfolyás nélkül, míg az R₁ jelű extenzív tó továbbra is az intenzív tavakról elfolyó víz kezelésére, tisztítására, illetve tározására szolgált. Így az extenzív és intenzív tófelület aránya 27:1, a tótérfogatok aránya pedig 18:1 volt.

A kísérleti tavak népesítése

Az extenzív tározó és vízkezelő tó (R₁) népesítését 1999. március 18-án végeztük el; a telepítés 112.100 db, 2812 kg összes tömegben egynyaras ponttyal történt, ami 5605 db/ha népesítési sűrűségnek felel meg. Az egynyaras pontyok átlagtömege 25 g volt. Az intenzív tavakat (I₂-I₃-I₄) egynyaras ponttyal népesítettük 10.222 db/ha, 14.165 db/ha és 15.938 db/ha sűrűségben. Az egynyaras ponty átlagtömege szintén 25 g volt. Az I₆-os kontroll tóban a kihelyezés 6612 db/ha sűrűségben történt. Minden tóban bikultúrás népesítést alkalmaztunk (95% ponty, 5% amur). Vízforgatást az I₆-os tavon nem végeztünk, csak a szivárgásból, párolgásból adódó vízhiányt pótoltuk. Bár a kihelyezés az üzemi méretekben történő üzemeltetés korlátai miatt (rendelkezésre álló népesítő anyag, elviselhető kockázat, piaci értékesítési lehetőség) jelentős kompromisszumot tartalmazott, az ideális kísérleti feltételeket figyelembe véve, a rendszer fejlesztése szempontjából megfelelőnek ítéltük.

Vízcsere az intenzív kísérleti tavakon

A 6. sz. táblázatban tüntettük fel az intenzív tavak napi vízcserejét a tavak víztérfogatához viszonyítva, dekádonkénti bontásban. A vízforgató szivattyúk napi 4-11 órát üzemeltek, vízigény szerint, azonos vízátfolyást biztosítva az eltérő területű tavakra. A napi vízcsere a kísérlet időtartama alatt 3 és 48 % között változott. A tenyészedőszakban átáramoltatott víz mennyisége az I₂-es tó esetében 23-szor, az I₃-asnál 27-szer, az I₄-esnél 28-szor haladta meg a tavak víztérfogatát. Így a tározó és vízkezelő tó vize 1,47-szer cserélődött ki a teljes tenyészedőszak alatt. A napi vízcsere mértékét naponta, az intenzív tavak kifolyójánál mérőbukóval mért másodpercenkénti vízátfolyás és a szivattyúk napi üzemideje alapján határoztuk meg.

Az intenzív tavakon az év folyamán átáramoltatott víz mennyisége több, mint 16-szorosan haladta meg a tavak párolgási és szivárgási veszteséggel kiegészített víztérfogatát, azaz azt a vízmennyiséget, amelyre akkor lett volna szükség, ha a tavakon nem történik vízátfolyás. A vízvisszaforgatási technológia alkalmazásával az átfolyáshoz szükséges vízmennyiség a vízigény növelése nélkül biztosítható, ezáltal mintegy 94 %-os vízmegtakarítás érhető el, amint az a 7. sz. táblázatban látható.

7. táblázat: Az intenzív tavak vízáramlási viszonyai

	I ₂	I ₃	I ₄	Összesen
Átáramoltatott vízmennyiség (m ³)	85.781	99.099	109.349	294.319
A tavak vízigénye átfolyás nélkül (m ³) *	6.000	5.700	6.300	18.000
Átáramoltatott víz aránya az átfolyás nélküli vízigényhez viszonyítva	93 %	94 %	94 %	94 %

* 1,6-os párolgási és szivárgási együtthatót feltételezve

A teljes tavi recirkulációs rendszerben, az év folyamán összesen 108.000 m³ vízpótlás történt, ami a tavak egyszeri feltöltési víztérfogatához viszonyítva 51 %-os vízpótlási hányadnak felel meg. Ez a vízmennyiség más halastavakhoz hasonló nagyságrendű, a párolgási és szivárgási veszteség pótlását jelenti.

A vízkezelő tavon végzett áramlástani mérések azt bizonyították, hogy a víz recirkuláltatásának hatására a be-, és kifolyó között nem alakul ki közvetlen vízáramlás, hanem a belépő víz a tó víztömegével teljesen elkeveredik. Az áramlástani mérések során meghatároztuk a belépő víz áramlásának jellemző irányát is, ami a beömlő csatorna tengelyével 5-15°-os szöget zár be, a kiemelő hellyel ellentétes oldalra nézve.

Az intenzív és az extenzív tavak takarmányozása

Az intenzív tavakban 24 %-os fehérjetartalmú, a szarvasi Haltáp Kft. által előállított ponty ivadéknevelő táppal etettünk, a halak étvágyához igazodó, napi egyszeri adagban. A napi feletetett táp mennyisége a hal biomassza 3-7 %-a volt. A tápetetési időszak június 25-től szeptember 4-ig tartott. Az intenzív tavakon a tavaszi planktonbő időszak kihasználása érdekében, valamint az őszi, a telelésre való felkészülést biztosító szénhidrátdús takarmányozást gabonával történő etetéssel biztosítottuk. A részletes adatokat a 8. sz. táblázat tartalmazza. A kontroll tavak és az extenzív tározó és vízkezelő tó esetében szemes búzát használtunk takarmányozásra. Itt a napi feletetett takarmány mennyisége a hal biomassza 2-6 %-a volt.

8. táblázat: A halastavi kísérletek 1999. évi kihelyezési, takarmányozási és lehalászási adatai

Tó száma	I₂	I₃	I₄	I₆	R₁
Tó területe (m ²)	2.475	2.365	2.585	6.050	200.000
Kihelyezés időpontja	ápr. 21	ápr. 21	ápr. 21	ápr. 30	márc. 18
Népesítés (db/tó)					
P ₁	2.400	3.180	3.910	4.320	106.500
A ₁	130	170	210	480	5.600
Összesen	2.530	3.350	4.120	4.800	112.100
Népesítés (db/ha)	10.222	14.165	15.938	7.934	5.605
Kih. átlagtömeg (g)	25	25	25	25	25
Takarmány/táp (kg)	1.975	2.175	2.500	-	-
Takarmány/gabona (kg)	455	501	565	3.118	67.210
Megmaradás (%)	89	82	92	92	73
Bruttó/nettó hozam (t/tó)	0,74/0,67	0,7/0,62	0,9/0,8	1,16/1,04	31,8/29
Bruttó/nettó hozam (t/ha)	2,97/2,72	2,98/2,62	3,48/3,08	1,92/1,73	1,59/1,45
Leh. átlagtömeg (g)					
Ponty	335	245	240	205	390
Amur	182	180	180	783	410
Természetes hozam (kg)	17	21	29	283	12.595
Tak. értékesítés (kg/kg)	3.64	4.6	4.0	4.4	2.45

A halhozamok értékelése

A bruttó hozam az intenzív tavak esetében 2,97-3,48 t/ha értékek között változott. A lehalászott ponty átlagtömege 240-335 g volt. A kontroll tó bruttó hozama 1,92 t/ha volt, a lehalászott ponty átlagtömege 205 g. Az extenzív tározó és vízkezelő tóban 1,59 t/ha bruttó hozamot értünk el, 390 g-os lehalászott ponty átlagtömeg mellett. A tavi recirkulációs rendszer 21,12 ha-os összterületén fajlagosan 1672 kg/ha bruttó és 1521 kg/ha nettó hozamot értünk el. Az elért hozam adatok a 8. sz. táblázatban láthatók.

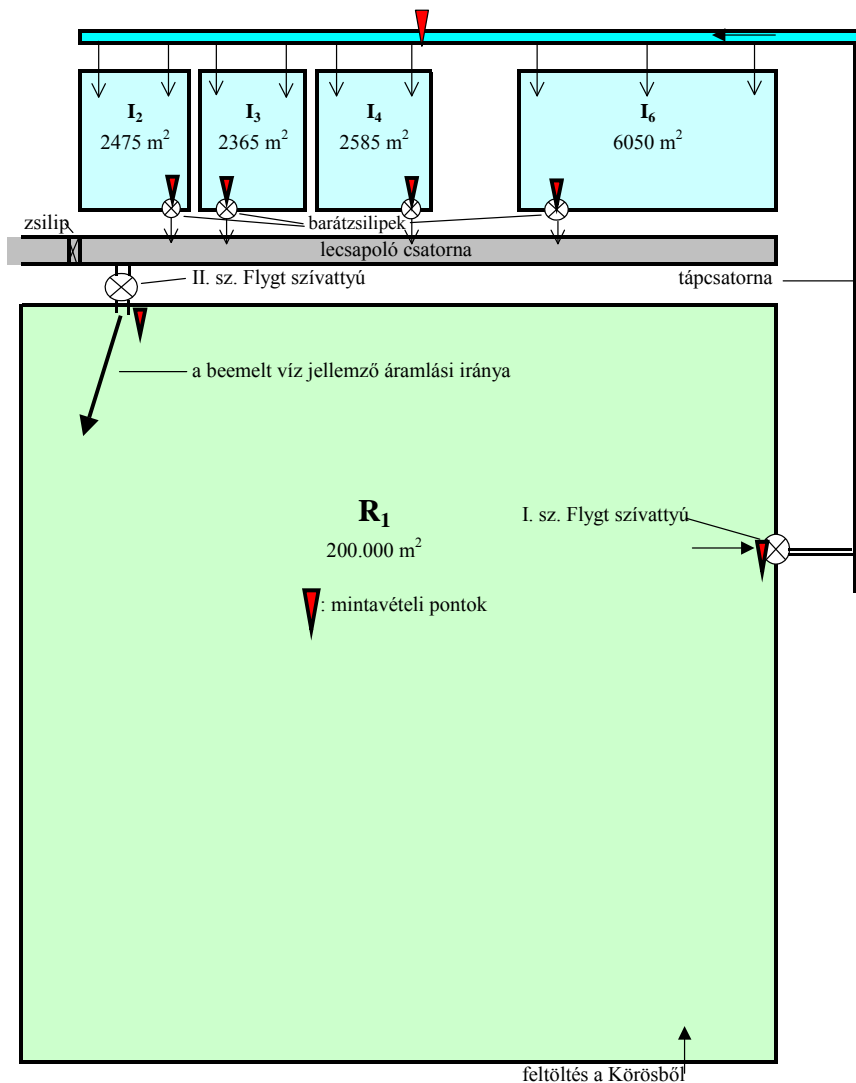
Az intenzív tavak esetében a táp hasznosulását, a kiegészítő gabona felhasználásra eső hozam levonása után, a ponty hozamaira vetítettük, ez alapján értékeltük a takarmány hasznosulását. Az extenzív, illetve a kontroll tavak esetében a gabona felhasználásra vetítettük a ponty hozamait. A képződött amur hozamot természetes hozamként vettük figyelembe. A rendszer működését komplexen értékeltük, ugyanis a bekerült szerves anyag a rendszer más részeiben is hasznosulhat. Erre utal a vízkezelő R1-es tó nagy hozamai mellett elért természetes hozam aránya (a pontyra 42 %, az összes halra vetítve 45 %). Az 1999. évben a rendszert az előző évinél nagyobb mértékben „terheltük”, a tavak üzemeltetésénél azonban továbbra is a termelési biztonságra való törekvés volt az irányadó. Az intenzív tavak népesítési sűrűsége két-háromszorososan haladta meg a termelési gyakorlatban általában alkalmazott népesítési sűrűséget, a takarmányozás pedig az intenzív népesítés miatt 24 %-os fehérjetartalmú táppal történt. Ennek ellenére a sűrűn népesített intenzív nevelőtavakban, az augusztus elejei egyszeri hajnali oxigénhiányon kívül, növekedést gátló, illetve a halak egészségét veszélyeztető vízminőség romlás nem volt.

Az extenzív-intenzív rendszer vízminőségének vizsgálata

Az év folyamán rendszeresen vizsgáltuk a rendszert feltöltő víz minőségét, az év közbeni üzemeltetés során pedig ötször mintáztuk a rendszert hét mintavételi ponton (5. ábra):

1. A vízkezelő tó kifolyójánál a kifolyást biztosító szivattyú előtt (R₁-kifolyó)
2. A csatornahatás kimérése érdekében az intenzív tavak befolyójánál (tápcsatorna)
3. Az I₆-os kontroll tó barátságilipjénél (I₆)
- 4-5-6. Az intenzív tavak kifolyójánál (az I₂, I₃ és I₄ jelű intenzív tavak)
7. A vízkezelő-tározó tó befolyójánál a tó felőli oldalon (R₁-befolyó)

5. ábra: A rendszer mintavételi helyeinek vázlata



A minta vízkémiai vizsgálatra való előkészítésének módja a vízkezelő tó befolyójánál vett minta kivételével - ahol az áramló kevert vízből edénnyel vettük a mintát - a teljes vízoszlopból vett minta homogenizálásával történt. A kísérleti rendszer egyes részegységeiben a különböző időpontokban vett minták vizsgálati eredményeit számítógépes adatbázisban rögzítettük.

Az extenzív-intenzív rendszer töüledék összetételének vizsgálata

Az R_1 jelű extenzív tó üledékének minősítését öt alkalommal június, július, augusztus, szeptember és - a szezon zárása után - november hónapban végeztük el. A tó három

pontján vett 7,5 cm-es részminták három 0-2,5; 2,5-5; 5-7,5 cm-es rétegét vizsgáltuk, az így kapott szeletekre egyaránt meghatároztuk a nedvesség, a szerves és szervetlen anyag tartalmát, valamint az összes N és összes P tartalmát.

Az intenzíven népesített I₂, I₃, I₄ jelű kísérleti tavak vizsgálatát év közben az extenzív tóval megegyező időben, illetve a szezon zárása után október hónap elején végeztük el. A mintavétel és a minták feldolgozása az extenzív tóéval megegyezően zajlott. Az üledék összetételének változását a rendszerben a 9. táblázat tartalmazza.

4.2.4. A rendszer tápanyagforgalmi vizsgálata

4.2.4.1. A rendszer összes tápanyagterhelése

A tavi recirkulációs tórendszer működésének leírásához vizsgáltuk a tórendszerbe kerülő összes szerves anyag, összes nitrogén, összes foszforterhelést, és külön értékeltük ugyanezen paramétereket az intenzív népesítésű tavakra, a kontroll tóra, valamint az R₁-es vízkezelő és tározó funkciót betöltő extenzív hasznosítású tóra is.

Az I₆-os kontroll tó magasabb népesítésű, mint az R₁-es vízkezelő és tározó tó, takarmányozása szintén búzára alapul. Az I₆-os tó viszont kisebb adagú tavaszi szervestrágyázásban részesült, mint az R₁-es tó. A rendszer vizsgálatában való szerepeltetésének az az oka, hogy az I₆-os tó is az intenzív tóegység része, ugyanabból a tápcsatornából kapott vízpótlást, és a szivárgó vize a lecsapoló csatornán keresztül ugyanúgy az R₁-es tóba került vissza, mint az intenzív (I₂, I₃, I₄) tavaké.

A rendszerbe került összes szerves anyag, nitrogén, foszfor mennyiségét a kijuttatott takarmány, szerves trágya, valamint a táplálóvíz mennyisége és a megfelelő komponens koncentrációi alapján becsültük. A táp nedvességtartalmát 14 %-nak, a búzáét 9,1 %-nak, a szerves trágya szárazanyag tartalmát az eredeti anyag 28 %-nak, a hal esetében 24,2 %-nak tekintettük. A táp, búza és a hal esetében a teljes szárazanyag tartalmat szerves anyagnak tekintettük, kivétel a szervestrágya, amely esetében a szárazanyagnál

9. táblázat: A tavi üledék összetételének változása a felső 7,5 cm-es rétegben 1999-ben

A minta megnevezése	A vizsgálat ideje	Nedvesség tartalom %	Izz.veszt. eredeti anyag %	Hamu eredeti anyag %	Összes N eredeti anyag g/kg	Összes P eredeti anyag g/kg	Izz.veszt száraz anyag %	Hamu száraz anyag %	Összes N száraz anyag g/kg	Összes P száraz anyag g/kg
I-2	99.06.11.	34,65	3,57	61,78	0,45	0,54	5,48	94,52	0,75	0,84
	99.07.30.	33,45	3,37	63,18	1,12	0,52	5,13	94,87	1,72	0,77
	99.08.23.	35,67	4,69	59,65	1,06	0,51	7,34	92,66	1,71	0,79
	99.09.15.	36,40	3,60	60,00	1,11	0,49	5,73	94,27	1,84	0,79
	99.10.01.	35,34	4,44	60,22	1,17	0,40	6,93	93,07	1,87	0,61
I-3	99.06.11.	30,54	3,55	65,91	0,39	0,55	5,10	94,90	0,59	0,79
	99.07.30.	36,57	3,07	60,35	0,86	0,52	4,98	95,02	1,45	0,84
	99.08.23.	35,99	4,62	59,39	1,05	0,52	7,31	92,69	1,74	0,83
	99.09.15.	41,39	3,71	54,89	1,16	0,53	6,37	93,63	2,05	0,91
	99.10.01.	41,12	4,49	54,39	1,12	0,42	7,65	92,35	1,96	0,72
I-4	99.06.11.	31,24	3,56	65,21	0,45	0,53	5,20	94,80	0,68	0,78
	99.07.30.	34,33	2,94	62,73	1,05	0,55	4,59	95,41	1,63	0,84
	99.08.23.	36,16	4,37	59,47	1,02	0,45	6,96	93,04	1,69	0,71
	99.09.15.	39,94	3,58	56,47	1,08	0,56	6,07	93,93	1,89	0,94
	99.10.01.	41,87	3,95	54,18	1,17	0,38	6,88	93,12	2,08	0,67
I-6	99.06.11.	34,85	2,34	62,81	0,51	0,57	3,67	96,33	0,80	0,88
	99.07.30.	38,36	2,91	58,74	0,87	0,48	4,85	95,15	1,46	0,80
	99.08.23.	38,77	4,69	56,54	0,92	0,44	7,85	92,15	1,57	0,75
	99.09.15.	37,59	3,43	58,98	1,20	0,54	5,63	94,37	1,97	0,87
	99.10.01.	39,51	3,78	56,71	1,03	0,34	6,36	93,64	1,77	0,57
R-1	99.06.11.	35,05	3,49	61,46	0,41	0,52	5,40	94,60	0,66	0,80
	99.07.30.	28,62	2,93	68,45	0,75	0,48	4,16	95,84	1,06	0,68
	99.08.23.	37,16	4,20	58,63	0,92	0,48	6,72	93,28	1,51	0,78
	99.09.15.	39,55	3,63	56,95	1,01	0,57	6,01	94,25	1,68	0,94

kevesebb valódi szerves anyag értékkel számoltunk. A szerves trágya szerves anyag tartalmát 16,5 %-nak vettük. A számított tápanyag-terhelés értékeket külön-külön megadtuk az intenzív, a kontroll, valamint az extenzív tavakra, és feltüntettük a tórendszer egészét ért tápanyag-terhelést is. Mindhárom tápanyagfőleségre kiszámítottuk a fajlagos értékeket is, kg/ha-ban kifejezve.

Az összes nitrogén terhelés számításánál 24 % fehérjét tartalmazó táp 1 kg tömegére 38,4 g nitrogént számítottunk, a felhasznált 909 g/kg szárazanyag tartalmú búza esetében az eredeti anyagra vetítve kilogrammonként 20,94 g nitrogén értékkel számoltunk. Szerves trágya esetében az eredeti nedvességtartalmú anyagra 6 g nitrogén/kg-os értéket vettünk figyelembe. A halbiomassza nitrogén tartalmát 29 g/kg-os értékkel számoltuk eredeti anyagra vetítve.

A kísérleti rendszer összes foszfor terhelésének számításakor a bekerülő táp esetében a gyártó által megadott 6,0 g/kg tartalommal, míg a búza esetében eredeti nedvességtartalmú anyagra kilogrammonként 3,27 g/kg foszfor mennyiséggel számoltunk. A hal foszfor tartalmának kiszámításakor 2,47 g/kg-os értéket vettünk figyelembe, eredeti anyagra vetítve.

Az intenzív kísérleti tavakban (I₂, I₃, I₄, I₆) emelkedő sorrendben 2112 kg, 2326 kg, 2664 kg 2933 kg, míg az R₁-es extenzív vízkezelő tóba 75.549 kg összes szárazanyag került. A hektáronkénti szerves anyag terhelés az intenzív tavak esetében 8534 kg/ha, 9835 kg/ha, 10.304 kg/ha, 4848 kg/ha, ezzel szemben az extenzív tóba 3777 kg/ha szerves anyag került. Míg az intenzív kísérleti tavakba csak takarmányt jutattunk be, addig az R₁-es extenzív tó a búza etetése mellett jelentős mennyiségű szerves trágyát is kapott (5 t/ha). Az intenzív tavak átlagolt összes **szerves anyag terhelése** 7447 kg/ha, az R₁-es extenzív tóé 3777 kg/ha míg a rendszer egészét tekintve 4009 kg száraz szerves anyag hektáronként. Ezek az értékek nem tekinthetők túlzottan magas szerves anyag terhelésnek, mivel közelítőleg megegyeznek a halastavak szokásosan alkalmazott előkészítő szerves trágya dóziséval, mely utóbbihoz még hozzáadódik a kiegészítő takarmányként alkalmazott gabonafélék szerves anyag terhelése is.

Az intenzív tavakban (I₂, I₃, I₄, I₆) az összes **nitrogén terhelés** 85,4 kg, 94,0 kg, 108 kg, 68,9 kg, míg az extenzív tóban 1960 kg. Az összes nitrogén terhelés

hektáronként az I₂, I₃, I₄ és I₆ intenzív tavak esetében 345 kg/ha, 398 kg/ha, 417 kg/ha és 114 kg/ha, szemben az R₁-es tóra számítottal, ami mindössze 98,0 kg/ha. A területegységre jutó összes nitrogén terhelés az intenzív tavak esetében 264 kg/ha, az egész rendszerre 109 kg/ha, ami a kiegészítő takarmányozású halastavak műtrágyázására ajánlott 150 kg N/ha dózishoz képest is alacsony terhelést jelent.

Az intenzív tavak (I₂, I₃, I₄, I₆) összes **foszfor terhelése** 13,3 kg, 14,7 kg és 16,9 kg, 11,1 kg, míg az R₁-es extenzív tóé 365 kg, ami fajlagosan 53,9 kg/ha, 62,1 kg/ha, 65,2 kg/ha és 18,4 kg/ha, illetve az extenzív tó esetében 18,3 kg/ha értéket jelent. Az intenzív tavak átlagolt terhelése 41,6 kg P/ha, a rendszer egészét tekintve 19,7 kg P/ha, ami már összemérhető a halastavak trágyázásakor általában alkalmazott 20 kg P/ha műtrágya dózissal, és így jó-közepes terhelésnek tekinthető.

A fenti tápanyag-terhelési adatok alapján megállapítható, hogy az egész rendszer tápanyagterhelését az extenzív tó működése, illetve az ennek eredményeként az extenzív tóban kialakuló tápanyag viszonyok határozzák meg. Ennek alapján biztonsággal kijelenthető, hogy a rendszer terhelése tovább növelhető, a tisztító-tározó tó még rendelkezik lényegesen magasabb tápanyagterhelés feldolgozásához is elegendő kapacitással. Az intenzív tavakból álló tóegység, illetve az extenzív tisztító-tározó tó felület- és víztérfogat aránya ugyanis olyan kedvező, hogy megfelelő mértékű vízátfolyás mellett az intenzív tavak terhelése lényeges mértékben megnövelhető, az intenzív tavakban folytatott haltermelés biztonságának és a sokkal nagyobb kapacitású extenzív tó működőképességének veszélyeztetése nélkül. A jövő évi kísérletek beállítása előtt ezért célszerű további terhelhetőségi modell-számításokat végezni, amelyek alapján megadható a rendszerben biztonságosan feldolgozható tápanyagok mennyisége.

4.2.4.2. A tápanyagforgalom vizsgálata a tenyésztési időszak különböző szakaszaiban

Az 1999. évi kísérletek során a rendszer működése és működtetése három szakaszra bontható. Az **első szakasz** a tavaszi feltöltéstől, népesítéstől a június 15-ig terjedő időszak. Erre az időszakra jellemző a többszöri vízpótlás az R₁-es tóból az intenzív tavakba. Mind az intenzív, mind pedig az extenzív tavakban alacsony szintű, búzára alapozott takarmányozás folyt, a tavaszi planktonbőség kihasználása érdekében. A

feltöltés előtt az R₁-es tó egyszeri 5 t/ha-os, az I₆-os tó pedig 1 t/ha-os szervestrágyázásban részesült. A **második szakasz** a június 15. és a szeptember 27. között eltelt időszak. Ebben a periódusban valamennyi tó takarmányozása folyamatosan növekvő, a halbiomassza függvényében a kezdeti 3 %-ról 6 %-os értékre emelkedő a takarmányozási szint. A tavaknak a tenyésztési időszak különböző szakaszaiban kapott tápanyag terhelését a 10. sz. táblázat mutatja be. A rendszer augusztus elején 108.000 m³ vízpótlást kapott az R₁-es tavon keresztül a párolgási és a szivárgási veszteség kiegyenlítésére. A **harmadik szakasz** maga a lehalászás időszaka, szeptember 27-én, melynek során a tavak vize lecsapolásra került.

10. táblázat: A tavak tápanyag-terhelése a tenyésztési időszak különböző szakaszaiban

	I ₂	I	I ₄	I ₆	Intenzív tavak Összesen	R ₁	Rendszer Összesen
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
06.15-ig							
búza	131	166	210	198	705	2.310	3.015
táp	-	-	-	-	-	-	-
ist. trágya	-	-	-	600	600	100.000	100.600
06.15-09.27.							
búza	324	335	355	2.920	3.934	62.650	66.584
táp	1.975	2.175	2.500	-	6.650	-	6.650
ist. trágya	-	-	-	-	-	-	-

A tó működésének leírását az egyes szakaszokban úgy kíséreljük meg, hogy figyelembe vesszük az összes rendelkezésre álló adatot ahhoz, hogy megadhassuk, milyen szervesanyag, nitrogén és foszfor bázison működött, gazdálkodott a rendszer. Figyelembe vettük a feltöltő vízzel, valamint a trágyával, a haltakarmánnyal bekerült anyagmennyiségeket, összehasonlítást teszünk az egyes szakaszokat lezáró időszakban mért tápanyag koncentrációkkal, mind az összes szerves anyag, az összes nitrogén és az összes foszfor esetében.

I. szakasz:

A szerves anyag forgalom szempontjából, az összes szerves anyag bázis megadásához, a feltöltő vízzel bekerült szerves anyag mennyiségét a KOI értékéből számolható, összes oldott szerves anyag alapján becsültük. A lebegőanyag szerves anyag frakciója a feltöltő vízben elhanyagolhatóan alacsony volt, így nem számoltunk vele. Becsültük a

rendszerbe június 15-ig bekerült takarmány szerves anyag tartalmát, valamint számoltunk az R₁-es extenzív és az I₆-os tóba szerves trágyaként bejuttatott szerves anyag mennyiségével is. Az intenzív (I₂, I₃, I₄, I₆) tavakban 142 kg, 173 kg, 216 kg és 316 kg, míg az R₁-es extenzív tó esetében 19.816 kg szerves anyag állt rendelkezésre a tavak biológiai folyamataihoz június 15-ig. Ezek az adatok a fenti sorrendben megfelelnek 38,2; 48,6; 52,1; 52,2, valamint 99,1 g/m³-es számított szervesanyag koncentráció értékeknek a vízoszlopban. Az egész rendszerre vonatkoztatott átlagolt érték 95,0 g/m³. A KOI-ként és lebegő szerves anyagként a vízoszlopban június 15-én mért aktuális szervesanyag koncentrációk (18,4; 16,1; 13,2; 17,2; valamint 10,5 g/m³) minden tó esetében lényeges mértékben alatta maradtak a fenti számított értékeknek, ami a rendszer aktív anyagcseréjét és működését mutatja.

Az összes nitrogén bázis megadásához a feltöltő víz mért összes nitrogéntartalmának és a feltöltő víz mennyiségének felhasználásával becsültük a vízzel bekerült összes nitrogént. Ezen kívül kiszámítottuk a takarmánnyal, valamint a szerves trágyával bejuttatott összes nitrogént is. Az I₂-es, I₃-as, I₄-es, I₆-os kísérleti tavakban június 15-én 7,87 kg, 8,40 kg, 10,2 kg, és 16,1 kg, míg az R₁-es extenzív tóban 1075 kg összes nitrogén állt rendelkezésre. Ezek az értékek megfeleltek 2,13 g, 2,37 g, 2,45 g, 2,67 g, valamint az R₁-es esetében 5,37 g, a rendszer egészében 5,14 g számított mennyiségeknek m³-enként. Amennyiben a június 15-én a vízoszlopban mért összes nitrogén értékeket hasonlítjuk az általunk kiszámított, a víztestbe bekerült összes nitrogén értékekhez, az R₁-es extenzív tó kivételével, a mért értéknél 1,4-1,8-szor nagyobb bekerült összes nitrogént számolunk. Az R₁-es tóban ugyanakkor 1,49 g/m³ összes nitrogén mennyiséget mértünk, szemben a rendszerbe bekerült 5,37 g/m³-es mennyiséggel, amely 3,6-szor magasabb érték a mért koncentrációhoz képest. Ez utóbbi adat valószínűleg azzal magyarázható, hogy a tóba került nitrogén jó része kikerült a vízoszlopból (az üledékben csapdázódott, haltáplálékká vált, denitrifikálódott). Az a tény pedig, hogy a kísérleti intenzív tavakban nagyon hasonló értékeket mértünk az R₁-ben mért összes nitrogén értékhez, annak az eredménye, hogy ebben az időszakban az R₁-ből többször került víz az intenzív tavakba és így közel azonos koncentrációviszonyok alakulhattak ki az egész tórendszerben.

A foszfor forgalom becslésénél az előző, a nitrogén forgalomhoz hasonlóan jártunk el, vagyis a rendszer különböző elemeibe bekerülő víz mennyisége és a feltöltő víz mért

összes foszfor tartalma alapján, valamint a bekerült takarmány és szerves trágya foszfor tartalmának meghatározása után számítottuk ki a rendszert ért összes foszfor terhelést. Az I₂-es, I₃-as, I₄-es, I₆-os kísérleti tavakban 0,93 kg, 1,03 kg, 1,25 kg, és 2,39 kg, míg az R₁-es extenzív tóban 185 kg a számított összes foszforterhelés június 15-ig, ami megfelel 0,25 g, 0,29 g, 0,30 g, 0,40 g, valamint 0,93 g összes foszfor terhelésnek m³-enként. Az egész rendszerre vonatkoztatva ez 0,88 g/m³-es foszfor terhelést jelent. Az intenzív tavak foszforforgalma esetében azonban a szervesanyag és a nitrogén forgalomhoz képest más helyzet alakult ki a rendszer működésének I. szakaszában. Június 15-én a vízoszlopban mért összes foszfor mennyisége az intenzív tavak esetében ugyanis 1,4-2,1-szer magasabb értéket mutatott, mint a becsült, a vízoszlopba bekerült összes foszfor mennyisége. Az R₁-es extenzív tó vízoszlopában becsült összes foszfor terhelésének értéke viszont 1,6-szor magasabb a mért összes foszfor mennyiséghez képest. Az intenzív tavak vízoszlopában mért foszfortartalom nagyon közeli hasonlóságot mutat az R₁-es vízoszlopában mért értékkel, ami az R₁-ből az intenzív tavak felé történő vízmozgás eredménye.

II. szakasz:

Ebben az időszakban a szervesanyag döntő hányada takarmányozás útján került a rendszerbe. Becslésünk szerint az I₂-es, I₃-as, I₄-es, I₆-os kísérleti tavakban 2065 kg, 2236 kg, 2532 kg, 2736 kg összes szerves anyag állt rendelkezésre a biológiai folyamatok számára, míg az R₁-es extenzív vízkezelő tóban 60.103 kg szerves anyag található. Az előzőek sorrendjében ezek az adatok megfelelnek 558 g, 630 g, 610 g, 457 g, illetve 301 g számított szervesanyag mennyiségeknek m³-enként. A rendszer egészet tekintve 321 g/m³ szervesanyag koncentráció számolható. Ezen becsült adatok tófelületre vetítve ugyancsak a fenti tóssorrendben a következők: 835 g, 946 g, 979 g, 457 g, és 301 g m²-ként az R₁-es tóban. Ebben a periódusban az intenzív tavakba több mint tízszeres (15-, 13-, 12-, és 9-szeres) szerves anyag mennyiség került be a június 15-i állapothoz képest. Ezzel szemben az R₁-es extenzív tavat az előző periódus szerves anyag terhelésének csak mintegy a 3-szorosa érte. Az egész rendszerbe az előző periódushoz képest 3,4-szer több szerves anyag került bejuttatásra, főleg haltakarmány formájában.

A nitrogén forgalom számításánál az előző módhoz hasonlóan jártunk el, vagyis értékeltük a vízpótlással és a takarmányozás útján bejuttatott összes nitrogént. Az I₂-es, I₃-as, I₄-es, I₆-os tavakban 88,1 kg, 95,8 kg, 109 kg, 72,9 kg összes nitrogén tartalmat becsültünk tavanként, illetve az R₁-es tó esetében 2017 kg-ot. Ezek az értékek tófelületre vonatkoztatva: 35,6 g/m², 40,5 g/m², 42,2 g/m², 12,1 g/m², illetve 10,1 g/m² nitrogén mennyiségek, amelyek vízköbméterre vetítve: 23,8 g/m³, 27,0 g/m³, 26,3 g/m³, 12,1 g/m³, és 10,1 g/m³ nitrogén koncentrációnak felelnek meg. Az előző időszakhoz viszonyítva szintén nagymértékben nőtt a tavakba bejuttatott összes nitrogén mennyisége (11-, 11-, 11-, illetve az I₆-os és az R₁-es tavak esetében 4,5- és 1,9-szeresére). Az egész rendszerre vonatkoztatva az 5,14 g/m³-es összes nitrogén értékéről 11,0 g/m³-es értékre nőtt az előző periódusra vonatkoztatva. A vizsgált időszak végén a vízoszlopban az intenzív tavakban 0,451 g, 0,517 g, 0,537 g, illetve 0,386 g összes nitrogén értéket mértünk m³-enként, ami lényegesen kevesebb, mint ami a tavakba került. Az R₁-es tó esetén 10,1 g/m³ rendelkezésre álló összes nitrogént becsültünk, azonban a vízoszlopában csak 0,872 g/m³ összes nitrogént mértünk.

Az összes foszfor mennyiség alakulását vizsgálva június 15. és szeptember 27. között a következő képet kapjuk: az I₂-es tóban 14,8 kg, az I₃-as tóban 16,1 kg, az I₄-ben 18,5 kg és az I₆-os tóban 12,9 kg, míg az R₁-es extenzív tóban 385 kg összes foszfor állt rendelkezésre tavanként. Az előző időszakhoz viszonyítva a másik két paraméterhez hasonlóan szintén nagymértékben nőtt a bejuttatott összes foszfor mennyisége, mintegy 16-, 16-, 15-, 6,8-, valamint az R₁-es extenzív tó esetében mintegy 3,8-szorosára. Az egész rendszer összes foszfor terhelése 4,16-szorosára nőtt, 107 kg-ról 447 kg-re. Ezek az értékek megfeleltek 3,99 g, 4,53 g, 4,45 g, 2,13 g, valamint az R₁-es esetében 1,92 g összes foszfor mennyiségeknek m³-enként. A kísérleti tavak vízoszlopában ezzel szemben szeptember 27-én 0,719 g, 0,353 g, 0,285 g, 0,242 g, illetve az R₁-es extenzív tó esetében 0,608 g összes foszfor volt mérhető m³-enként, azaz jóval kevesebb, mint ami a rendszerbe bekerült.

III. szakasz:

A rendszer egészéről elfolyó víz összes szerves anyag tartalma 5123 kg. Ez a szerves anyag mennyiség két paraméterből tevődött össze: a szerves lebegőanyaggal 3483 kg szerves anyag, míg a kémiai oxigénigénnyel 1640 kg távozott el a rendszerből az

elfolyó vízzel. Tavasszal, a rendszer feltöltésével a tórendszer egészére a befolyó vízzel érkezett összes szerves anyag mennyisége 1322 kg volt, amely a kémiai oxigénigényből számított. Ekkor a szerves lebegőanyag mennyisége nagyon alacsony értékű volt, ezért azzal nem számoltunk. A rendszer egészét tekintve 3801 kg többlet összes szerves anyag távozott. Az év folyamán a kémiai oxigénigény által meghatározott szerves anyag mennyisége 318 kg-mal emelkedett (amely $1,464 \text{ g/m}^3$ -es emelkedést tükröz), szemben a szerves lebegőanyag tartalommal, amely a méréshatár alatti mennyiségről 3483 kg-ra emelkedett. Ez képezte az eltávozó összes szerves anyag mennyiség nagy részét, amely $16,0 \text{ g/m}^3$ koncentráció-emelkedést jelent. Az elfolyó vízzel összesen 182 kg összes nitrogén távozott a tórendszer egészét nézve. A befolyó vízzel 450 kg összes nitrogén érkezett a rendszerbe. A kettő közötti különbség -268 kg, amely azt jelenti, hogy ezt a mennyiséget valamilyen formában visszatartotta a rendszer. A szeptember 27-i állapot szerint a rendszer egészéből 128 kg összes foszfor távozott el az elfolyó vízzel. Ezzel szemben a befolyó vízzel mindössze 27,2 kg összes foszfor érkezett a tavaszi feltöltés során. Ennek alapján az elfolyó vízzel az egész rendszerből 101 kg-mal több foszfor került ki, mint amennyi a befolyó vízzel érkezett.

4.2.4.3. A rendszer által feldolgozott anyagmennyiségek

A befolyó vízzel 1322 kg, a takarmánnyal és szerves trágyával 85.583 kg, a vízpótlással 880 kg szerves anyag került a rendszer egészébe. Ha levonjuk a halbiomasszával képződött (nettó hozam) 7769 kg szerves anyag mennyiséget (amely az összes tóba bejuttatott szerves anyagnak a 8,85 %-a), úgy összesen 80.016 kg szerves anyagnak kellett volna kikerülnie a rendszerből. Az elfolyó vízzel ezzel szemben mindössze 5123 kg szerves anyag került ki a tórendszerből, így a rendszer visszatartott 74.893 kg-ot, azaz 3,5 tonnát hektáronként. A visszatartott mennyiséget szembeállítva a szeptember 15-én mért üledék 8143 kg-ot kitevő szerves anyag dúsulásával (381 kg hektáronként), arra a következtetésre juthatunk, hogy a tórendszer biológiai folyamatai során a különbözetenként jelentkező szerves anyag mennyiséget feldolgozta (mintegy 3,1 tonnát hektáronként). Az üledékben visszatartott és a feldolgozott mennyiség együtt mintegy 15-szörösen haladta meg az eltávozót. A visszatartott szerves anyag mennyiség mintegy 3,5 tonna hektáronként, amely 85,3 %-os, illetve a nettó halhozamot is figyelembe véve 94,2 %-os szerves anyag visszatartásnak felel meg.

A tórendszerbe bekerült nitrogéntartalmat hasonlóan értékelve, a becsült összes nitrogén mennyisége a rendszerben 3174 kg, ezzel szemben a kifolyó vízzel mindössze 182 kg, míg a nettó halhozammal 931 kg távozott, amely 2061 kg nitrogén visszatartásnak felel meg. A területegységre számított fajlagos nitrogén-visszatartás értéke 96,5 kg/ha, ami 63,1 %-os nitrogén visszatartást jelent. A nettó halhozammal visszatartott 931 kg nitrogén a rendszerbe bevitt összes nitrogén 29,3 %-a.

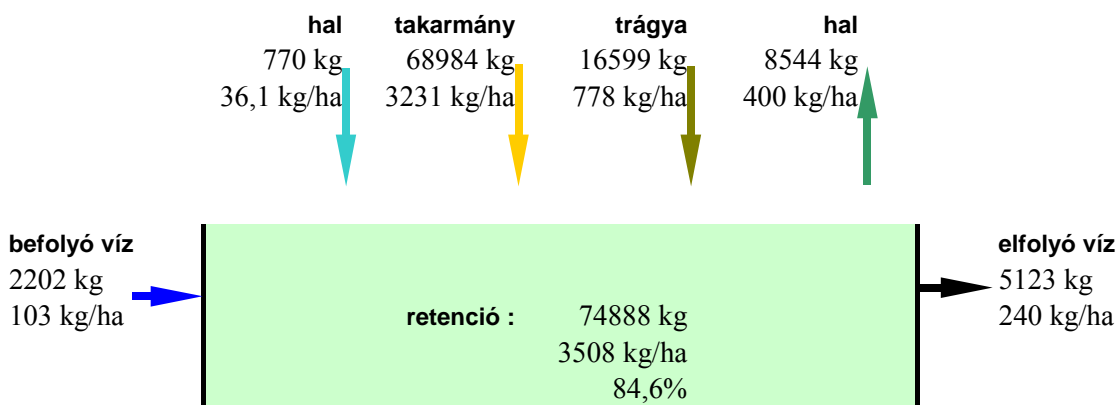
A foszfortartalom esetén a rendszerbe került 514 kg összes foszfor, amivel összehasonlítva az elfolyó vízzel eltávozott 128 kg foszfort, megállapítható, hogy 386 kg foszfort tartott vissza a rendszer, amelyből a nettó halhozammal visszatartott 79,3 kg, ami a rendszerbe bekerült összes foszfor 15,4 %-a. A fajlagos foszfor-visszatartás értéke a rendszer egészére 14,3 kg/ha, amely az összesen bejuttatott foszfor 58,6 %-os mértékű visszatartásának felel meg. A nitrogén esetén 11,3-szorosan, a foszfor esetén 2,4-szeresen haladta meg a visszatartott mennyiség az elfolyó vízzel távozóét. Amennyiben figyelembe vesszük a nettó halhozammal visszatartott mennyiségeket is, úgy a visszatartott mennyiség a nitrogén esetében 16,4-szer, a foszfor 3-szor haladta meg a bejutott mennyiségeket.

A teljes rendszer tápanyag mérlegét a 6. ábra és a 11. táblázat mutatja be.

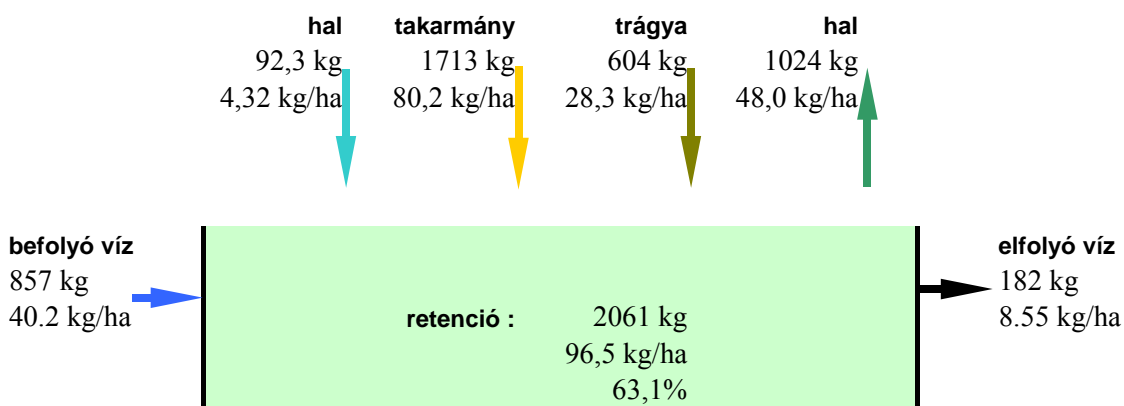
4.2.4.4. Az üledék szerepe a tavi anyagforgalomban

Az intenzív (I₂, I₃, I₄, I₆) tavak kezdeti szakaszában 54,8 g/kg, 51,0 g/kg, 52,0 g/kg, 36,7 g/kg, az extenzív R₁-es tó 54,0 g/kg szerves anyagot tartalmaztak szárazanyagra vetítve. Szeptember 15-én a mért adatok mindegyike magasabb értéket mutatott, az intenzív tavak esetében 57,3 g/kg, 63,7 g/kg, 60,7 g/kg, 56,3 g/kg, valamint az extenzív tó esetében 60,1 g/kg szerves anyag tartalmat. Ez az intenzív (I₂, I₃, I₄, I₆) tavak nedves üledékében tavanként 2564 kg, 1501 kg, -55 kg, illetve 9691 kg szerves anyag növekedést jelent. Az R₁ esetében 5558 kg szerves anyag csökkenést mértünk a tó egészére vonatkoztatva a nedves üledékben. Az egész rendszert tekintve a nedves üledékben 8143 kg szervesanyag növekedést tapasztaltunk.

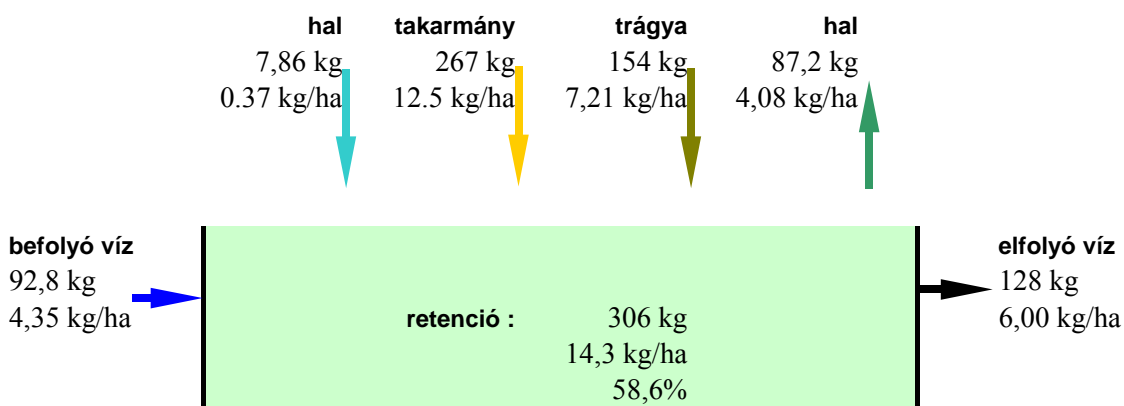
Szervesanyag mérleg



Nitrogén mérleg



Foszfor mérleg



6. ábra: A kísérleti rendszer tápanyag mérlege

11. táblázat: A teljes tórendszer tápanyagmérlege

	Szervesanyag		Nitrogén		Foszfor	
	kg	kg/ha	kg	kg/ha	kg	kg/ha
Tápanyag bevitel						
befolyó vízzel	2 202	103	857	40,2	92,8	4,35
kihelyezett hallal	770	36,1	92,3	4,32	7,86	0,37
takarmánnyal	68 984	3 231	1 713	80,2	267	12,5
szervestrágyával	16 599	778	604	28,3	154	7,21
Bevitel összesen	88 555	4 148	3 266	153	522	24,5
Tápanyag kivitel						
lehalászott hallal	8 539	400	1 024	48,0	87,2	4,08
elfolyó vízzel	5 123	240	182	8,55	128	6,00
Kivitel összesen	13 662	640	1 206	56,5	215	10,1
Tápanyag mérleg						
össz.retenció	74 893	3 508	2 061	96,5	306	14,3
össz.retenció %		84,6		63,1		58,6

Az üledék összes nitrogén tartalmát vizsgálva a június 11-i állapothoz képest szeptemberben valamennyi tóban magasabb értéket detektáltunk. Júniusban az intenzív tavak száraz üledékében (I_2 , I_3 , I_4 , I_6) 0,75 g/kg, 0,59 g/kg, 0,68 g/kg, 0,8 g/kg, az R_1 -es tóban 0,66 g/kg összes nitrogént mértünk. Ugyanezen sorrendben szeptember 15-én 1,84 g/kg, 2,05 g/kg, 1,89 g/kg, 1,97 g/kg, az extenzív tó esetében 1,68 g/kg összes nitrogént határoztunk meg szárazanyagra vetítve. Az intenzív tavak üledékében 222 kg, 192 kg, 203 kg, 361 kg, az R_1 esetében 13.984 kg összes nitrogén többletet találtunk, amelyek megfelelnek az előbbi sorrend szerint 89,5 g/m², 81,2 g/m², 78,7 g/m², 59,7 g/m², valamint 70,0 g/m²-es többlet értékeknek az egységnyi tófelületre vetítve.

Június 11-én az üledék összes foszfor tartalmát vizsgálva az intenzív tavak (I_2 , I_3 , I_4 , I_6) esetében 0,84 g/kg, 0,79 g/kg, 0,78 g/kg, 0,88 g/kg, míg az R_1 -es tóban 0,80 g/kg összes foszfort mértünk szárazanyagra vetítve, ezzel szemben szeptember 15-én az előbbi sorrendben 0,79 g/kg, 0,91 g/kg, 0,94 g/kg, 0,87 g/kg, valamint az R_1 -es tóban 0,94 g/kg mértünk. Az I_2 -es tó kivételével tehát valamennyi rendszerben magasabb összes foszfor értéket mértünk a száraz üledékben. Június 11-én az intenzív tavakban 169 kg, 172 kg, 180 kg, 435 kg, valamint az R_1 esetében 13.104 kg összes foszfor volt található. Szeptember 15-én a tavak összes foszfor tartalma: 124 kg, 118 kg, 116 kg, 248 kg, illetve 13.723 kg, ami tavanként 45,4 kg, 54,0 kg, 64,2 kg, 187 kg csökkenést, ezzel szemben az R_1 -ben 619 kg növekedést jelent, amelyek megfelelnek az intenzív tavakban 18,3 g/m², 22,8 g/m², 24,8 g/m², 30,9 g/m² csökkenésnek, valamint az R_1 -es tó esetében 30,9 g/m²-es többlet értéknek az egységnyi tófelületre vetítve.

4.2.5. Gazdaságossági elemzések

Az 1998. és 1999. évi tenyésztési időszakokban végzett kísérleti munka elsősorban a rendszer tápanyagforgalmának és vízháztartásának vizsgálatára irányult. Részletes gazdaságossági elemzések az intenzív tavak kis terhelése miatt egyébként sem adtak volna a rendszerre jellemző értékeket. A rendszert működtető vállalkozás természetesen elvégezte az üzemi szintű gazdaságossági számításokat, amelyek igazolták a rendszer gazdaságos alkalmazhatóságát. A 2000. évben a rendszer három intenzív tavában magas hozamokat adó étkezési hal termelési technológiákat alkalmaztunk: afrikai harcsából 57,7 t/ha; tilápiából 9,75 t/ha, pontyból 5,75 t/ha hozamokat értünk el. Bár a 2000. évi adatok feldolgozása még folyamatban van, előzetes vizsgálatot végeztünk a rendszer

gazdaságosságára vonatkozóan. A vizsgálatok eredményeit a 12. táblázatban foglaltuk össze.

12. táblázat: A rendszer ökonómiai vizsgálatának főbb előzetes eredményei
(A 2000. évi tenyészidőszak gazdasági eredményeinek előzetes értékelése alapján számítva)

	Rendszer	Intenzív tó	Extenzív tó
Árbevétel (eFt/ha)	824	4.994	615
Termelési költség (eFt/ha)	679	4.371	490
Nettó jövedelem (eFt/ha)	145	623	125
Összes eszközérték¹ (eFt/ha)	1.051	3.639	919
Árbevétel arányos jöv. (%)	18	12	20
Költségarányos jöv. (%)	21	14	25
Eszközarányos jöv. (%)	14	17	14

1. Az összes eszközérték számításánál a meglévő tórendszer rekonstrukcióját és célszerű átalakítását vettük figyelembe.

A fenti táblázatban szereplő gazdaságossági mutatók azonban csak a kísérleti fejlesztés egy adott stádiumára jellemző értékek, amelyek az intenzív tavak hozamainak növelésével és a rendszer működési paramétereinek optimalizálásával tovább javíthatók. Modell számításaink szerint, ha az intenzív tóterület 38 %-án afrikai harsát, 50 %-án pontyot, és 12 %-án tilápiát nevelnénk a 2000. évben elért hozamokkal, a rendszer árbevétel arányos jövedelmezősége 18 %-ról 23 %-ra, költségarányos jövedelmezősége 21 %-ról 30 %-ra, és eszközarányos jövedelmezősége 14 %-ról 22 %-ra növekedhetne. Az elkövetkezendő időszak vizsgálati során kiemelt fontosságot kap a rendszer ökonómiai elemzése, illetve a tervezési és üzemeltetési paraméterek kidolgozása a gyakorlati bevezetés és elterjesztés elősegítése érdekében.

4.2.6. Következtetések és javaslatok

A kombinált extenzív-intenzív haltermelő rendszerek fejlesztésére irányuló program, illetve az üzemi körülmények között végzett kísérletek eddigi eredményei és tapasztalatai alapján azt mondhatjuk, hogy az ilyen típusú rendszerek komoly lehetőségként vehetők figyelembe a hazai tógazdasági haltermelés szükségszerű minőségi fejlesztése során. A rendszer azon előnyeit, amelyek a hosszabb távú kísérleti program első három éve alatt is megmutatkoztak, az alábbiakban foglalhatjuk össze:

- A rendszer kisebb méretű tároló és telelő tavakkal, illetve nagyobb méretű termelő tavakkal rendelkező hagyományos tógazdaságokban viszonylag kis beruházással létrehozható;
- A rendszer a vízforgatás és az extenzív tavi vízkezelés révén átfolyóvízes kistavi intenzív haltermelést tesz lehetővé;
- A kis tavakban történő intenzív haltermelés a halfaj választék bővítésével a piaci igények jobb kielégítését, a programozható termeléssel a piacok és a feldolgozók egyenletesebb ellátását teszi lehetővé;
- Az extenzív tóban természetszerű körülmények között, természetes takarmányozásra alapozott haltermelés folytatható, ami egyrészt költségtakarékos, másrészt a termék speciális fogyasztói igényeket elégíthet ki;
- A komplex rendszerre a víztakarékosság, illetve a környezetkímélet jellemző, tekintettel az alacsony fajlagos vízfelhasználásra és a jelentős szerves tápanyag visszatartásra, illetve feldolgozásra;
- A rendszer fentebb említett elvi előnyei célszerű műszaki és technológiai megoldások alkalmazásával párosulva igen gazdaságos és biztonságos működtetést tesznek lehetővé, amelyeket jól használhatnak ki kis- és középvállalkozások.

A rendszer működése során szerzett eddigi tapasztalatok, illetve a vizsgálatok eredményei alapján a fejlesztési program jövőbeni végrehajtása során annak alábbi elemeit tartjuk kiemelt fontosságúnak:

- A kis tavak intenzitásának növelése (levegőztetés, automata etetés, vízminőség monitoring, tóméret csökkentés, szerves hulladékok minél tökéletesebb kiöblítése, párolgás csökkentése);
- Az extenzív tó szerves anyag terhelésének növelése a tó méret csökkentésével;
- A víztakarékosság növelése a tó vizének több éven keresztül visszatartásával;
- A szerves anyag feldolgozás hatásfokának növelése (népesítési szerkezet, biomanipuláció, üledékfeltárás, iszap hasznosítás);
- A rendszer gazdasági hatékonyságának optimalizálása;
- A rendszer tervezési és üzemelési paramétereinek optimalizálása, műszaki és technológiai irányelvek kidolgozása.

4.3. Az iparszerű haltermelő rendszerek

Amint azt az előző fejezetben láthattuk, az integráció egyre inkább az erőforrások ésszerű és felelősségteljes hasznosítására irányuló komplex tevékenységet jelent. Az integráció a haltermelés területén elsősorban a vízi erőforrások hasznosításával van a legszorosabb kapcsolatban. Az iparszerű haltermelő rendszerek fejlesztésének egyik alapvető hajtóereje volt a természettől való „függetlenség”, a haltermelő rendszernek a természeti környezetből való „kivétele”, a rendszer, valamint a környezet közötti anyag- és energia-áramlások szabályozhatóvá tétele. Ez nemcsak a haltermelés feltételeinek optimalizálása érdekében történt, de az egységnyi halmennyiség előállításához szükséges vízmennyiség csökkentése és a környezetbe kerülő szerves hulladék minimalizálása érdekében is. Az iparszerű halnevelők tehát alapvető szerepet játszanak a vízi erőforrások integrált hasznosításában, és hosszabb távon választ adhatnak arra a nagy kihívásra, hogy hogyan lehet az egyre korlátozottabban rendelkezésre álló vízkészletek hasznosítása révén egyre több halat termelni.

Az iparszerű haltermelés fejlődése

A haltermelés-haltenyésztés – csakúgy, mint az állattenyésztés egyéb ágazatai – a technikai, technológiai, biológiai, kémiai tényezők összehangolása, a közgazdasági és természeti adottságok, szociális igények figyelembevétele, valamint az új tudományos eredmények alkalmazása révén valósul meg. Ez azt jelenti, hogy a hozam, ill. a gazdaságosság fokozása érdekében nem az egyik, vagy a másik tényező optimalizálására törekednek, hanem azok együttes figyelembevételével alakítják ki a termelés feltételrendszerét.

Az iparszerű haltenyésztés ettől annyiban különbözik, hogy - legalábbis elviekben - lehetősége van nem csak az egyes tényezők figyelembevételére és/vagy összehangolására, de azok célirányos alakítására is. Az iparszerű termelési technológiának nem feltétlenül, sőt általában nem eszköze a természetes körülményekhez való maximális hasonlóság biztosítása, de feltétlenül célja a termelési potenciál maximális kihasználása az adott szervezet ökológiai „tűrőhatárán belüli” körülmények termelési-gazdasági szempontú optimalizálásával.

A hagyományos tógazdasági termeléstől eltérően az iparszerű rendszerekben szinte kizárólag egyetlen faj előállításának zárt technológiáját alkalmazzák, amely – ha fő vonásait illetően nem is – de részleteit tekintve rendszerenként általában különböző. Szigorúan értelmezve ebben a termelési módban a haltenyésztés és termelés teljes egészében független a földrajzi-éghajlati adottságoktól. Ennek következtében a vízi szervezetek növekedéséhez, szaporodásához szükséges minden környezeti feltétel az emberi tevékenység által szabályozott, ill. szabályozható. Ennek révén az életfolyamatok biológiai-ökológiai feltételrendszerének legjelentősebb tényezői (hőmérséklet, fényviszonyok, táplálóanyag-ellátás, vízminőségi paraméterek, stb.) a nevelt faj optimum-igényének megfelelően alakíthatóak, melynek köszönhetően az egységnyi vízzel megtermelt halmennyiség jelentősen növelhető. A takarmányozás kizárólag mesterséges tápokkal történik, mely alól csak néhány faj természetes táplálékkal végzett kezdeti etetése képez kivételt. Azonban még ez esetben is fontos rámutatni arra, hogy egyfelől a természetes táplálékszervezeteket (*zoo- és fitoplankton, Oligochaeta, Enchitreus*, stb.) is az esetek többségében mesterséges körülmények között tenyésztik, másfelől pedig azok tápokkal történő kiváltásának is egyre nagyobb a lehetősége. Jellemző továbbá az iparszerű rendszerekre a nagyfokú gépesítettség, amely lehetővé teszi nem csak az emberi munkaerővel való ésszerű gazdálkodást, de a termelési folyamatok automatizálását is.

A fenti értelmezésben – vagyis a termelés környezettől való függetlenségének kritériumával – csak a teljesen zárt és a recirkulációs rendszerekben folyó haltermelést tekinthetnénk iparszerűnek. Mivel azonban nem hagyhatóak figyelmen kívül az iparszerű haltermelés egyéb felsorolt ismérvei (kizárólagos tápetetés, vízkezelés, gépesítettség, stb.) sem, így ide sorolhatóak olyan rendszerek is, mint az ún. átfolyóvízes és lassú áramlású átfolyóvízes, valamint ketreces haltermelő rendszerek. Ez utóbbiak esetén csak a hőmérséklet szabályozhatóságában van eltérés az eddigiekben említettektől; az rendszerint nem, vagy csak részben függetleníthető a környezettől.

Az iparszerű haltermelés kialakulásában több tényező játszott szerepet, ill. tette lehetővé azt. A természetesvízi halállományok csökkenése, a vízkészletek, valamint a haltermelésre rendelkezésre álló földterületek beszűkülése e természeti erőforrások gazdaságosabb felhasználását tette szükségessé. Eközben a halhús iránti igény nem hogy változatlan maradt, de - felismerve ennek a fehérje-forrásnak a kiemelkedő

szerepét a humán táplálkozásban - egyre fokozódott még a tradicionálisan nem halfogyasztó országokban is. A mennyiségi kereslet mellett növekedtek a minőségi igények is, melyek az ellátás folyamatosabbá tételében, új fajok termelésbe vonásában, ill. a termék feldolgozottságában jelentkeztek. Mindez ösztönzően hatott a fajlagos hozamok növelésére, valamint a termelés és fogyasztás helyeinek egymáshoz közelítésére. Ettől függetlenül, de vele párhuzamosan jelentkezett az ipar, a mezőgazdaság, valamint a lakosság egyre növekvő energia-igénye, melynek kielégítése mind több hő-, és atomerőmű építését tette szükségessé. Az erőművek hűtővizében jelentkező hulladék hő hasznosítása nem csak környezetvédelmi, de egyben gazdasági kérdés is volt, melyre hatékony megoldásnak kínálkozott a haltenyésztés. Ugyancsak megoldandó feladatot jelentett az intenzív haltermelő telepek elfolyó-vizének környezetszennyező magas szerves-, és ásványi-anyag tartalma is. Ugyanakkor a haltenyésztésben a mesterséges szaporításra, táplálóanyag-igényre, stb. vonatkozóan felhalmozódott elméleti és gyakorlati ismeretek termelésbe történő bevezetéséhez már rendelkezésre állt a fejlett ipari háttér, amely lehetőséget biztosított a vízkezelés, gépesítés, automatizálás és tápgyártás magas műszaki színvonalú megvalósítására. Az ezek következtében kialakuló, az addigiaktól eltérő haltermelési formában nem csak a halak nevelése vált folyamatosná egész éven át, de az évszakoktól független szaporításnak köszönhetően a termék-kibocsátás is többé-kevésbé egyenletes lett.

Megkerülhetetlen az iparszerű haltermelési formáknak a hagyományos tógazdasági haltermeléssel való összehasonlítása, ill. párhuzamok keresése. Bár az összehasonlítás során beszélhetünk előnyökről, vagy hátrányokról, mindig szem előtt tartandó azok viszonylagossága és időlegessége. Általánosságban előnyként említhető a külső tényezőktől való függetlenség, az egységnyi térben előállítható nagy halmennyiség, a termelési folyamat minden láncszemébe történő beavatkozás lehetősége. Ugyanakkor ezen tényezők egyben a hátrányok hordozói is. A külső tényezőktől való függetlenség a természetes hozam elvesztésével jár és így a termelés kizárólag a költséges tápokra alapul, a nagy népesítési sűrűség pedig „kitűnő” feltételeket biztosít az egyes betegségek terjedéséhez. A termelési-biológiai folyamatokba történő beavatkozás feltételezi azok minden részletre kiterjedő ismeretét, amelyre vonatkozóan azonban nem rendelkezünk megfelelő ismeretekkel.

Recirkulációs rendszerek fejlesztése

Kezdetben a recirkulációs rendszerű halnevelő berendezéseket elsősorban kutatási-kísérleti célokra használták. Ezen a területen változatlanul fontos szerepet játszanak, hiszen a környezeti feltételek szabályozhatósága egyrészt növeli a kísérletek pontosságát, az eredmények reprodukálhatóságát; másrészt lehetővé teszi a kísérleti eredményekre ható, de azokat az adott kísérletben vizsgálni nem kívánt tényezők kizárását.

A kísérleti rendszerekben elért kedvező eredmények alapján félüzemi, üzemi méretekben megkezdődött a vízi szervezetek gazdasági célú termelése is. Erre azokban az országokban volt lehetőség, ahol a tradicionális halfogyasztási igény és haltenyésztési gyakorlat mellett a magas színvonalú technikai-technológiai feltételrendszer is rendelkezésre állt. Az első recirkulációs termelő üzem 1951-ben, Japánban létesítették, ahol 100 m^3 hasznos térfogatban 55 nap alatt $3,1 \text{ kg/m}^3$ tömeggyarapodást értek el (BARDACH et al., 1972). Ezt követően azonban – bár számos kísérletet végeztek – a zárt rendszerek gyakorlati hasznosítása megtorpant az alkalmazott szűrők elégtelen hatásfoka miatt. Japánban csak 1968-ban került sor hasonló típusú rendszer üzemi alkalmazására angolna-nevelési céllal (CHIBA, 1981).

Magyarországon a recirkulációs rendszerekkel kapcsolatos kutatások 1974-ben kezdődtek. Az akvárium méretű kísérleti rendszert hamarosan, egy közepes méretűnek tekinthető, 1 m^3 hasznos térfogatú berendezés követte, melyben a megfelelő vízminőséget három sorba kapcsolt biológiai szűrő biztosította. A geotermikus energiával fűtött rendszerben a víztisztítási-vízkezelési hatékonyság tanulmányozása mellett elsősorban takarmányozási kísérleteket végeztek (RUTTKAY, 1975). Az igen biztató eredmények hatására a szarvasi Haltenyésztési Kutató Intézet megkezdte, egy üzemi méretű rendszer kifejlesztésének munkáit. A más hazai és nemzetközi intézmények bevonásával is végzett tervező-fejlesztő-kivitelező munka eredményeként a rendszer kísérleti beüzemelése 1978-ban kezdődött meg (CSÁVÁS and VÁRADI, 1981).

A recirkulációs rendszerek fejlesztése kezdetén a halnevelő egységeken átáramló víz teljes egészében, meghatározott sorrendben haladt át az egyes vízkezelő egységeken. A legtöbb mai rendszerekben már az egyes kezelő egységek vízkörei egymástól részben,

vagy egészben függetlenek. A mérsékelt és hideg éghajlati övben kiemelendő a recirkulációs rendszerek révén lehetővé váló energia-takarékosság, valamint ezzel összefüggésben az állandó, a termelt faj számára optimális hőmérséklet tartásával a termelés szezonális jellegének csökkentése. A hőveszteség csökkentése a magas beruházási költségeket sok esetben kompenzálja, különösen azokon a területeken, ahol a haltermelésre közvetlenül nem hasznosítható bőséges geotermikus energia áll rendelkezésre.

4.3.1. Az iparszerű haltermelő rendszerek működésének főbb elméleti alapjai

A Haltenyésztési Kutató Intézetben a hetvenes évek elején kezdődtek a recirkulációs rendszerek fejlesztésére irányuló kutatások, amelyek megalapozták az ilyen típusú rendszerek későbbi, gyakorlati alkalmazását. A HAKI recirkulációs rendszerében végzett, a rendszer működésére irányuló vizsgálatok és nemzetközi kutatások eredményeinek összegzése áttekintést ad a recirkulációs rendszerek működésének elméleti alapjairól. Az adatok és összefüggések alapvető segítséget nyújthatnak üzemi méretű recirkulációs, és/vagy egyéb iparszerű rendszerek fejlesztésére irányuló, hazánkban jelenleg is folyamatban lévő programok végrehajtásához.

4.3.1.1. Az iparszerű haltermelés vízhasznosítási formái

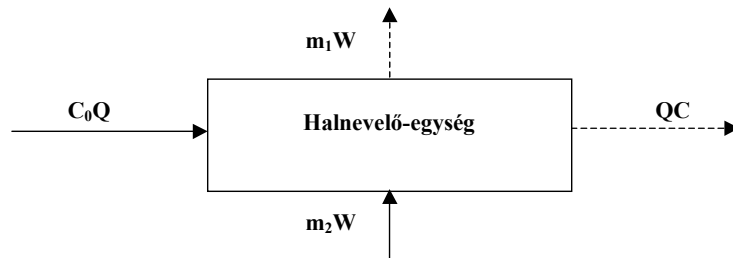
Az elméleti alapok tárgyalásánál az a kiinduló pont, hogy a vízi élőlények termelése értelemszerűen a vízhez kötött; bármely vonatkozásában függ annak mennyiségétől és minőségétől. A víznek, mint környezetnek alapvető feladata az anyagcsere feltételrendszerét kielégítő oxigén-ellátás, valamint a mérgező anyagcsere-termékek eltávolítása. Ezen túlmenően bizonyos áramlás-kedvelő halfajoknál járulékos szerepe sem elhanyagolható. A recirkulációs rendszerek elméleti alapjainak tárgyalását, a vízfelhasználás kritériumát alapul véve abban a komplex összefüggés rendszerben vizsgáljuk, amikor egyik szélső esetben a recirkuláltatás mértéke 0 % (átfolyóvizes rendszer), másik szélső helyzetben 100 % (zárt rendszer).

Átfolyóvizes rendszerek

Az átfolyóvizes rendszerekben a halnevelő egységen átáramló víz teljes egészében külső forrásból származik, egységnyi víz csak egyszer kerül felhasználásra. A

Q kifejezés azt a vízmennyiséget jelenti, amely a rendszerben nevelt halmennyiség teljes oxigénszükségletét kielégíti, valamint eltávolítja a keletkező anyagcsere-termékeket. Az átfolyóvízes rendszer anyagforgalmának vázlatát a 7. ábra mutatja be.

7. ábra: Átfolyóvízes rendszer anyagforgalmának vázlatja



Q (m^3/nap): A pótvíznek a napi mennyisége

C_0 ; és C (g/m^3): A pótvíz és az elfolyóvíz oxigén-, vagy metabolit koncentrációja

m_1 és m_2 ($\text{g}/\text{kg}/\text{nap}$): A halak fajlagos oxigén fogyasztása, vagy metabolit termelése

W (kg): A rendszerben tartott halak összes tömege

A rendszer oxigén-háztartására vonatkozó anyagforgalmi egyenlete a következőképpen írható fel:

$$QC_0 = m_1W + QC$$

Az egyenlet átrendezésével kapjuk a halak oxigén-ellátásra vonatkozó fajlagos vízáram-igényét (q_1):

$$q_1 = m_1 / (C_0 - C)$$

Ezzel analóg módon jutunk a metabolitok eltávolításához szükséges fajlagos vízáramhoz (q_2):

$$QC_0 + m_2W = QC$$

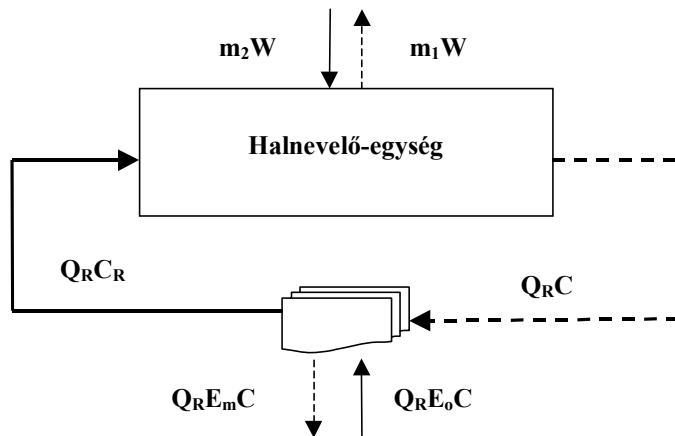
$$q_2 = m_2 / (C - C_0)$$

A q_1 és q_2 kifejezések összehasonlításából megállapítható, hogy azok a formai különbség ellenére is egymással azonosak, hiszen a rendszer szempontjából az oxigén esetén fogyasztás, a metabolit esetén termelés – vagyis egymással ellentétes előjelű folyamat – történik.

Zárt rendszerek

Az átfolyóvízes rendszerekkel ellentétben a zárt rendszerekben nincs külső vízforrás, ill. az csak a párolgási, szivárgási veszteségek pótlását szolgálja. A rendszer oxigén-szükségletének kielégítése, ill. metabolit feleslegének leadása a rendszeren belül történik. Anyagforgalmi szempontból ilyen rendszernek fogható fel a halastó, de ide tartozik a vízvízszaforgatáson alapuló haltermelés is. A kettő közötti lényegi különbség, hogy a halastóban a tárgyalt két folyamat a haltermeléssel azonos térben és időben, míg a recirkuláltatásnál attól térben és időben elkülönülten zajlik. Zárt rendszerek anyagforgalmának vázlatát a 8. ábra mutatja be.

8. ábra: Zárt rendszerek anyagforgalmának vázlatát



Q_R (m^3/nap): A visszaforgatott víznek a napi mennyisége

C_R és C (g/m^3): A visszaforgatott víz és az elfolyóvíz oxigén-, vagy metabolit koncentrációja

m_1 és m_2 ($\text{g}/\text{kg}/\text{nap}$): A halak fajlagos oxigén-fogyasztása, vagy metabolit-termelése

W (kg): A rendszerben tartott halak összes tömege

$E_o = (C_R - C)/C$ és $E_m = (C - C_R)/C$: A hozzáadott oxigén-hányad és az eltávolított metabolit-hányad

Ez esetben az anyagforgalmi egyenlet az oxigénre nézve:

$$Q_R E C = m_1 W, \text{ melyből a fajlagos vízáram-igény}$$

$$q_{R1} = m_1 / E_o C$$

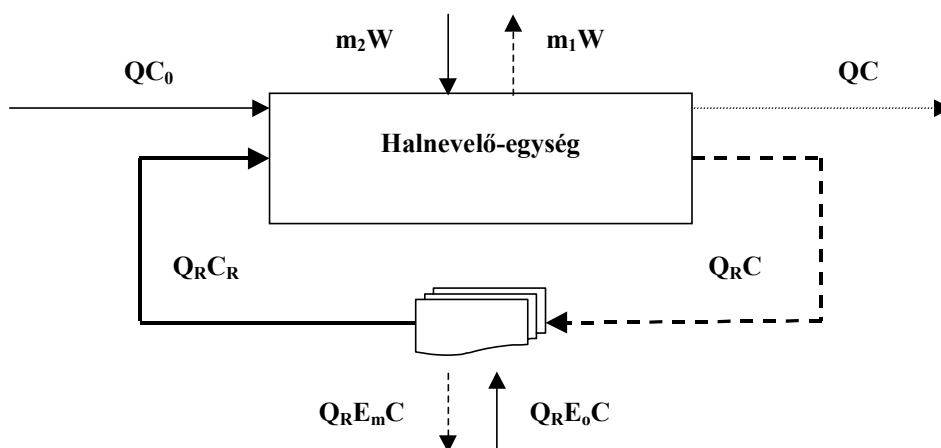
Azonos módon kapjuk az anyagcsere-termékek eltávolításához szükséges fajlagos vízáram-igényt is:

$$q_{R2} = m_2 / E_m C$$

Recirkulációs rendszerek

Az eddigiekben tárgyalt két rendszer a vízfelhasználás szerinti csoportosítás mintegy határesetei. Köztük helyezkednek el a recirkulációs rendszerek, melyekben a külső vízforrás mellett a víznek egy bizonyos – esetenként döntő hányada – hányada visszaforgatásra kerül. A recirkulációs rendszerek anyagforgalmának vázlatát a 9. ábra mutatja be.

9. ábra Recirkulációs rendszerek anyagforgalmának vázlatát



A három rendszer között nyilvánvaló különbséget tehetünk a pótvíz, a recirkuláltatott víz és a rendszeren átfolyatott vízmennyiségek arányosításával (pl. Q/Q_R , vagy $(Q_R/(Q+Q_R))$, stb.). Önmagukban azonban ezek az arányok kevésbé használhatóak, hiszen azon túlmenően, hogy határesetekben értékük 0, használatukkal nem tükröződik az, hogy a nevelő medencén átfolyatott víz mennyisége csak egy bizonyos határig növelhető. A vízátfolyás intenzitásának mértékét jól kifejezi a halnevelő egységen átfolyatott vízmennyiségnek a térfogathoz viszonyított aránya: $z = (Q + Q_R)/V$

A rendszer oxigénháztartására felírható egyenlőség:

$$QC_0 + QR E_0 C = m_1 W + QC$$

Ebből – felhasználva a "z" kifejezést, valamint az egységnyi térfogatban nevelt halmennyiséget kifejező népesítési sűrűséget ($S = W/V$) – a fajlagos pótvíz-igény az alábbiak szerint fejezhető ki:

$$q_1 = (m_1 S - z E_0 C) / [S(C_0 - C - E_0 C)]$$

Az alapegyenletről a számítást elvégezhetjük a recirkuláltatott vízre is q_{R1} , melyre az oxigén szempontjából a következőt kapjuk:

$$q_{R1} = [z(C_0 - C) - m_1 S] / [S(C_0 - C - E_0 C)]$$

Az anyagcsere-termékekre vonatkozó anyagforgalmi egyenlőség pedig:

$$QC_0 + m_2W = Q_R E_m C + QC$$

Az egyenletből a metabolitok eltávolításához szükséges fajlagos pótvíz-, és a recirkuláltatott vízigény a következők szerint fejezhető ki:

$$q_2 = (m_2S - zE_m C) / [S(C - C_0 - E_m C)]$$

$$q_{R2} = [z(C - C_0) - m_2S] / [S(C - C_0 - E_m C)]$$

Ezen egyenletekből a határeseteket jelentő átfolyóvizes és zárt rendszerekre vonatkozó fajlagos vízigények is levezethetők, így tehát ezek a vízigény általános alakját jelentik. Az egyik határesetet jelentő átfolyóvizes rendszer esetén nincs vízkezelés ($E=0$), a másik határesetű zárt rendszerben pedig nincs a vízhez kötött külső forrás (vagyis $C_0 = 0$ és $Q = 0$).

Matematikailag leírni akár a biológiai szűrő, akár az oxigénbevitel hatékonyságát jelentő E_m és E_o mennyiségeket meglehetősen összetett feladat. Az ezen folyamatokra ható nagy számú tényező miatt értékük csak meghatározott rendszerekre, esetileg fogadható el fenntartás nélkül; egyéb esetekben azokat csak tájékoztató értéküként lehet kezelni. Gyakorlati számításoknál mindkét mutatónál a kísérletes úton meghatározott ún. bővített anyagátadási tényezőket alkalmazzák (RUTTKAY és KEPENYES, 1987; KEPENYES és VÁRADI, 1994).

4.3.1.2. Az iparszerű haltermelés biológiai vonatkozásai

Az összefüggésekben szereplő egyes paraméterek között egyrészt maguknak a tenyésztett vízi szervezeteknek az életfolyamatain, másrészt a rendszerben lejátszódó víztisztítás biológiai-kémiai folyamatain keresztül szoros összefüggés és kölcsönhatás van. Általában minden haltermelő rendszernél az első limitáló tényező az oldott oxigén. Ennek megfelelő szintű biztosítása után a termelést korlátozó következő tényezőként jelentkeznek a metabolitok (ammónia, nitrit és nitrát, széndioxid). Végül pedig a termelt faj fizikai térigénye korlátozza a termelés intenzitásának további növelését.

Bármely haltermelő rendszerben tehát a technológiai és biológiai tényezők együttes hatása nem csak a termelt szervezet növekedésében jelentkezik, de egyben formálja a környezetet jelentő vízminőséget is, amely elkerülhetetlenül visszahat a biológiai folyamatokra

Oxigénigény

A haltermelő rendszerekben az oxigén felhasználás három összetevőre bontható; a halak légzése során elfogyasztott oxigénre, a szerves anyagok (takarmány-maradék, ürülék) lebontásához szükséges oxigénre, valamint a nitrifikációhoz szükséges oxigénmennyiségre. Mindegyik összetevőre számos fizikai és biológiai tényező hat.

A tenyésztett víziszervezetek anyagcsere-folyamataihoz elhasznált oxigén mennyisége első közelítésben a testtömeg bizonyos hatványával arányos:

$$m_1 = a \cdot W^{(-b)} \quad (\text{mg O}_2/\text{kg}/\text{óra})$$

A testtömeg kitevőjének értéke a legtöbb tenyésztett faj alapanyagcseréje esetén $-0,2$ körül mozog, fajtól függően $-0,22$ - $-0,11$ közötti (URSIN, 1967).

A tényleges oxigénfogyasztás meghatározása azonban ennél lényegesen összetettebb feladat. Egyrészt a faji sajátosságokon túlmenően a légzés intenzitásában jelentős napszaki ingadozások figyelhetők meg, amire a víz oldott oxigén, szén-dioxid, ammónia és sótartalma, valamint egyéb fizikai tényezők (pl. áramlás) is hatással vannak. Másrészt a vízi élőlények változó testhőmérsékletűek, így anyagcseréjüket a hőmérséklet alapvetően befolyásolja. Ennek mértéke az ún. hőmérsékleti koefficienssel (Q_{10}) jellemezhető, amely kifejezi, hogy $10\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletváltozás hányszorosára növeli meg az oxigénfogyasztást (WINBERG, 1956). A legtöbb tenyésztett faj növekedése számára optimális hőmérsékleti tartományban értéke $2,3$ (BRETT and GROVES, 1979).

Az oxigénfogyasztásnak azonban csak egy részét teszi ki az alapanyagcsere; igen jelentős hányadot képvisel a táplálkozással, emésztéssel összefüggő oxigén-hányad is (SDA). A takarmányozott hal oxigénfogyasztása – amely az etetés után néhány órával éri el a maximumát – többszörösét is kiteheti az üres bélcsatornájú halaknál mértnek. Mivel az SDA adott halfaj, adott minőségű táppal végzett takarmányozása esetén a táp mennyiségével gyakorlatilag arányos, ezért számos esetben az oxigén-igény számításánál az egységnyi tápra eső oxigén-felhasználásból indulnak ki. A lazac-féléknél WESTERS (1979) szerint 1 kg táp megemésztéséhez $200\text{--}250\text{ mg}$, a melegvízi pontynak pedig 230 g (HUISMAN, 1974) oxigénre van szüksége.

Az oxigénfogyasztás mellett, ill. attól függetlenül igen lényeges kérdés a haltermelő rendszerben megengedhető minimális oxigén-koncentráció. Ez az érték fajonként

változó, azonban általánosan megállapítható, hogy az aktív anyagcsere normális szinten tartásához a letálisnál magasabb mennyiségek szükségesek. A legtöbb fajnál célszerű arra törekedni, hogy a halnevelőből elfolyó víz relatív oxigén-telítettsége lehetőleg meghaladja a 70 %-os értéket.

Lebegő szerves anyagok

A feletetett tápmennyiséggel arányos a takarmány-maradék és az ürülék mennyisége is. Gyakorlati számításokhoz irányszámként szolgál, hogy 1 kg táp etetése hozzávetőleg 300 g (szárazanyagban kifejezett) lebegő hulladékot eredményez. Az ezen szerves anyagok lebomlása során felhasználódó oxigén mennyisége jelentősen csökkenthető a rendszerből történő mielőbbi eltávolításukkal. Ezt szolgálja a haltermelő rendszerekben az ülepítés és/vagy a víz mechanikai szűrése.

A szerves anyagoknak a kiszűrése nem csak a megfelelő vízminőség fenntartását segíti elő, de egyre inkább fontossá válik azok koncentrálása és megfelelő elhelyezése (hasznosítása) lévén a természeti környezetbe történő ellenőrizetlen bekerülésüknek a megakadályozása.

Metabolit-termelés

A víziszervezetek anyagcseréjének egyik végterméke az ammónia. A leadott nitrogéntartalmú anyagoknak ez a vegyület képezi a döntő hányadát. A naponta leadott ammónia mennyisége gyakorlatilag arányos a takarmány napi mennyiségével (**R**) és fehérjetartalmával (**P**). Ha kísérletesen meghatározzuk a beépülő fehérje részarányát (**PPV**) és a fehérje átlagos nitrogéntartalmát 16 %-nak fogadjuk el, akkor az egységnyi halra eső ammónia-nitrogén (**m₂**) a következőképpen fejezhető ki:

$$m_2 = W * R * P * (1 - PPV) * 0,16 \quad (\text{mg NH}_4\text{-N/kg hal/nap})$$

Az ammónia-ürítés tehát erősen függ a takarmányozás mennyiségi, minőségi oldalaitól, amelyek azt direkt és indirekt módon – a PPV keresztül – befolyásolják. Általánosan, irányszámként elfogadható, hogy a jól növekedő halak naponta és testtömegkilogrammonként 1 g ammónia-nitrogént választanak ki.

A víz hőmérsékletétől és pH-jától függően az összes ammónia egy része az igen mérgező disszociálatlan formában van jelen (NH₃). Ennek kisebb koncentrációi az étvágy csökkenését idézik elő, nagyobb koncentrációi pedig elhullást okoznak. A

haltermelő rendszerben megengedhető szintjét az adott faj tűrőképessége, valamint a rendszer oxigén-viszonyai is meghatározzák. Az EIFAC ajánlása szerint a maximálisan megengedhető koncentrációja 0,025 mg/l, azonban számos adat szerint a legtöbb tenyésztett faj növekedésére az ennél nagyobb (0,1 mg/l körüli) értékek sem hatnak negatívan (WICKINS, 1981). A recirkulációs és a zárt rendszerek víztisztítása – vagyis az ammónia eltávolítása – alapvetően a nitrifikációra alapul. Ennek a biológiai folyamatnak a során a halak elsődleges anyagcsere-termékét jelentő ammóniát, oxidáció révén a baktériumok egy csoportja (*Nitrosomonas*) előbb nitritté, majd más baktériumok (*Nitrobacter*) nitráttá alakítják. Az utóbbi vegyület csak nagy koncentrációban – 100 mg NO₃-N mg/l felett – toxikus. A folyamat oxigénigényes; 1 kg ammónia-nitrogén nitráttá történő átalakításához 4,57 kg oldott oxigénre van szükség (TIMMONS and LOSORDO, 1994). Ezen kívül szükséges rámutatni arra, hogy a biológiai szűrőkben a nitrifikációs folyamatokhoz szükséges minimális oldott oxigén-koncentrációnak legalább 2 mg/l-nek kell lennie (MANTHE, et al. 1988).

Ha a nitrifikáció akár az oxigén, akár a *Nitrobacter* elégtelen mennyisége, vagy egyéb ok miatt korlátozott, akkor a folyamat során a nitrit felhalmozódhat. Ennek a methemoglobéniát okozó vegyületnek a toxikussága függ a víz pH-tól, valamint a Ca és a klorid ionok mennyiségétől. Toxikus koncentrációit, illetve megengedhető határértékét ezeket figyelembe véve szükséges meghatározni. A tárgyra vonatkozó adatok ismeretében a NO₂-N még elfogadható koncentrációja kemény édesvízben 0,1 mg/l, tengervízben pedig 1,0 mg/l.

A fehérjék metabolizmusa nem csak nitrogén-tartalmú mérgező anyagcsere-termékekkel, de jelentős energia-veszteséggel jár. A halaknál 1 g fehérje lebontása során közel 4 kJ az N-tartalmú anyagcsere-termékekkel járó energiaveszteség (BRETT and GROVES, 1979). Ezért a tápok fehérje-energia arányát úgy kell kialakítani, hogy az életfunkciók energiaszükségletét a legnagyobb mértékben a nem fehérje eredetű energia fedezze (COWEY, 1979).

Az anyagcsere során nagy mennyiségű széndioxid is keletkezik, amely toxikus volta miatt szintén limitáló tényezője a termelésnek. COLT és WATTEN (1988) szerint 1 mg oldott oxigén légzéssel történő felhasználásával 1,375 mg CO₂ keletkezik. Mérgező koncentrációját általánosan igen nehéz számszerűsíteni, hiszen a szabad

széndioxid egyrészt szoros összefüggésben van egyéb vízkémiai mutatókkal (pH, karbonát és hidrokarbonát rendszer stb.), másrészt toxikussága függ nem csak az oldott oxigéntől, de a szervezetek alkalmazkodó képességétől is. Több irodalmi adat ismeretében LOSORDO és WESTERS (1994) 20 mg/l CO₂ koncentrációt tart megengedhetőnek. Szerencsére a széndioxid vízben való jó oldhatósága ellenére a haltermelő rendszerekből könnyen eltávolítható, hiszen a levegőben a részaránya csak 0,03 %.

A széndioxid hosszú távú közvetett hatása a rendszer kémhatásának csökkenésében jelentkezik, amely azonban könnyen, pl. a víz mésztartalmú kőzetten való átáramoltatásával szabályozható.

Állategészségügyi célú vízkezelés (sterilizálás)

Az iparszerű rendszerekben zártságuk, valamint a bennük nevelt élőlények rendkívül nagy egyedsűrűsége miatt az egyes betegségek, illetve azok kórokozói igen gyorsan terjednek. Az állományokat megtizedelő, sok esetben teljesen kipusztító betegségek megakadályozásának természetesen a legjobb módja a megelőzés. Az általános állategészségügyi és higiéniai szabályok betartásán (stressz csökkentése, megfelelő vízminőség biztosítása, jó fiziológiás állapotot eredményező teljes értékű tápok alkalmazása, stb.) túl ezt a célt szolgálja a rendszer pótvíz-igényének a felszíni élővizektől független vízforrásból (forrás, fűrt, vagy ásott kút) történő biztosítása.

Azonban mindezek mellett is szükséges és célszerű a rendszerben a keringtetett, a kórokozók terjedését elősegítő víz fertőtlenítése. Az ezt a célt szolgáló vízkezelést általában a DNS láncot romboló ultraibolya sugarakkal, vagy a hosszú láncú szerves molekulákat elhasító ózonnal végzik. Mindkét vízkezelési mód alkalmazásának azonban vannak korlátai, illetve hátrányai. Ezek között kell említeni, hogy az UV-kezelés hatékonysága nagymértékben függ a víz átlátszóságától, valamint jelentős a lámpák üzemeltetésének energia-igénye is (30.000–40.000 $\mu\text{W sec/cm}^2$). Az ózon előállításának szintén nagy az energia-igénye, és maradványa mind a halakra, mind az emberre toxikus hatású.

Sterilizálási célra, az erős oxidáló hatása révén romboló klórt is alkalmaznak. Bár a klórozás viszonylag olcsó eljárás, működő rendszerben mégis csak korlátozott

mértékben használják. Ennek oka, hogy a klór a nitrogén-tartalmú molekulákkal mérgező klóramin-vegyületeket alkothat, valamint szabad formájában rendkívül mérgező is. Ezért ezt a vízkezelési módot inkább időszakosan, üzemen kívüli (hal nélküli) rendszerekben, a teljes fertőtlenítés céljából alkalmazzák. Itt azonban megjegyzendő, hogy a szinte tökéletes sterilizálás egyben a biológiai szűrő nitrifikációt végző mikroflórájának a megsemmisítését is jelenti, melynek regenerációjához hosszabb idő szükséges.

A sterilizációs vízkezelési eljárásokkal számos irodalom foglalkozik, melyeket összefoglalóan MUIR (1982) ismertet.

A haltermelésre ható néhány egyéb tényező

A haltermelés meghatározott alakú és térbeli kiterjedésű egységekben történik. Ezek alapvetően lehetnek hosszirányban többé-kevésbé megnyúltak, vagy kör alakúak. A medencék alakja a betáplált vízmennyiséggel és annak módjával együtt meghatározza az áramlási viszonyokat. Gyakorlati tapasztalat, hogy az óránkénti 4–6-szoros vízcseré általában a legtöbb tenyésztett faj esetében megengedhető; ez a vízcseré-intenzitás a halakat nem zavarja és a tápot sem mossa ki a medencéből. A hosszú medencék esetén még ez a vízcseré is csak 5 cm/sec-nél kisebb sebességet eredményez, amely sem az öntisztuláshoz, sem a halak megfelelő kondíciójának biztosításához nem elegendő.

A vízáramlás intenzitásának jelentőségét főleg a lazacféléknél tanulmányozták. Ezeknél az áramlás-kedvelő fajoknál a vízsebesség optimális értékét (cm/sec-ban) általában a testhossz 1,5–2-szeresében állapították meg.

Az abiotikus tényezők közül igen jelentős szerepe van a népesítési sűrűségnek. A faji és korosztályi sajátosságok szerinti téréigény, az egyéb tényezők növekedést nem korlátozó értékei mellett alapvetően meghatározza a faj intenzív rendszerű termelhetőségét. Az egyedek közötti kompetíció bizonyos mértékig csökkenthető ugyan a takarmányozási technológiával, vagy egyéb módon (megvilágítás, búvóhelyek), azonban stresszorként a halak fiziológiai állapotára ható szerepe még tanulmányozásra vár.

A halak növekedése

Az eddigiekből már kitűnt, hogy sem az oxigén-fogyasztásnál, sem a metabolit-termelésnél nem hagyható figyelmen kívül a nevelt állomány testtömegének változása, hiszen az nem csak közvetlenül (biomasszán keresztül), de közvetetten (fajlagos értékek testmérettől függő változásán keresztül) is hatással van a rendszerre. Jelentős azon tényezők száma, melyek a halak növekedésére hatnak: pl. testtömeg, takarmány mennyisége, valamint minősége, hőmérséklet, fotoperiódus, só- és oxigéntartalom, metabolit-koncentráció, stb. A növekedés modellezéséhez azonban három faktort mindenképpen figyelembe kell venni: a napi takarmánymennyiséget, a halak méretét, valamint a hőmérsékletet (STAUFFER, 1973; ELLIOT, 1975a, 1975b).

A halak takarmányozástól és testtömegtől függő növekedési törvényszerűségeinek leírására számos empirikus, ill. elméleti munka született (PALOHEIMO and DICKIE, 1965; URSIN, 1967; ELLIOT, 1975a, 1975b; RUTTKAY, 1990; stb.).

Az elmélet és gyakorlat egységét leginkább azok a modellek biztosítják, amelyek a növekedést két ellentétes folyamat - a szervezetbe belépő, ill. onnan távozó anyag, valamint energia - eredőjének tekintik. A haltermelő rendszerek folyamatainak leírásához azonban jól megfelelnek azok az empirikus modellek, amelyek csak a két folyamat eredőjeként létrejövő testtömegváltozás (növekedés) és idő kapcsolatát vizsgálják.

Rövid időtartamra vonatkozóan (**dt**) a halak pillanatnyi tömegváltozása (**dw**) jól jellemezhető az alábbi formula segítségével (HOAR et al., 1979)

$$dw/dt = G w$$

ahol w - a pillanatnyi testtömeg, (g), G - a ' dt ' időtartam alatti relatív tömegváltozás mértéke ($g/g/nap$), amely 100-zal szorozva a relatív napi növekedési sebességet - **SGR** - adja (%/nap)

Az egyenlet átrendezése és az idő szerinti integrálása után kapjuk:

$$w_t = w_0 e^{(G t)}$$

Hosszú időtartamra vonatkozóan azonban a halak pillanatnyi tömegváltozása (dw) és az aktuális testtömeg között az alábbi empirikus összefüggés adható meg (BRODY, 1927)

$$dw/dt = G w^{(x)}$$

Ebben az esetben azt kapjuk, hogy:

$$w_t^{(1-x)} = w_0^{(1-x)} + (1-x) G t$$

Az építő folyamatokra ható számos körülménynek köszönhetően az x hatványkitevő értéke viszonylag széles, 0,6-0,9 közötti tartományban, sok forrás szerint általában 0,66 (RICKER, 1979) körül alakul. Ugyanakkor URSIN (1967) 81 halfajra vonatkozó adatokat elemezve és értékelve a tömeg kitevőjének átlagos értékét 0,56-ban állapította meg.

A fajlagos növekedési sebességnek a növekedés számszerűsítésére való használata, különösen az egyes környezeti tényezők szabályozhatóságát lehetővé tévő iparszerű rendszerekben nyújt nélkülözhetetlen információt. Értékében nem csak a faji, életkori sajátosságok és környezeti hatások tükröződnek, de az alkalmazott technológia egyes elemei (pl. népesítés, takarmányozás, stb.) is (RÓNYAI et al., 1989).

4.3.2. Recirkulációs rendszerek létesítése és üzemeltetése hazánkban

Magyarország európai viszonylatban is úttörő szerepet játszott a melegvízi recirkulációs rendszerek fejlesztésében. Ezt a hazánkban meglévő geotermikus vízkészletek, az értékes halászati és műszaki ismeretek mellett az tette lehetővé, hogy 1975-ben a FAO támogatásával egy, a halászati kutatások feltételeinek javítására irányuló projekt indult a HAKI-ban. E program keretében elsősorban amerikai eredményekre támaszkodva, a HAKI szakembereinek és tervező intézetek munkatársainak együttműködése eredményeképpen 1978-ban felépült az intézetben egy 80 m³ hasznos víztérfogatú recirkulációs rendszer. Bár a létesítmény alapvetően a kutatási munka elvégzésének feltételeit biztosította, az maga is vizsgálat tárgyát képezte. A vizsgálati eredmények és a rendszer működésével kapcsolatos tapasztalatok elősegítették a recirkulációs vízhasználat elvén működő kísérleti, termelő rendszerek létesítését hazánkban és külföldön is (VÁRADI, 1979; CSÁVÁS and VÁRADI, 1981; VÁRADI, 1992).

4.3.2.1. A HAKI kísérleti recirkulációs rendszere

A recirkulációs rendszerek tervezésére és üzemeltetésére vonatkozóan kevés ismeret állt rendelkezésre a rendszer építése idején nemcsak hazánkban, de egész Európában. A HAKI-ban RUTTKAY (1975) végzett biztató kísérleteket olyan 1000 literes recirkulációs rendszerrel, amelyikben 2-5 mm kavicsöltettel ellátott aerob szűrőkkel

kezelte a vizet. Európában egyedül a hamburgi Belvízi Halászati Kutató Intézet Ahrensburgi Kutató Állomásán üzemelt egy melegvizes recirkulációs rendszer 1971 óta. Az ahrensburgi rendszer összes víztérfogata 60 m^3 volt, és a víztisztítást eleveniszappal végezték. A FAO program keretében Szarvason épített rendszer alapvető részét képező biológiai szűrő az USA és Norvégia lazackeltetőiben akkor már elég elterjedten alkalmazott nyitott gyorszűrők mintájára készült. Ilyen szűrők tervezésének és kivitelezésének feltételei nálunk is a leginkább rendelkezésre álltak. A HAKI, a MÉLYÉPTERV, és az AGROBER szakembereinek munkáját a tervezés során amerikai szakember is segítette. A recirkulációs rendszer mai állapotának megfelelő medencés terme és víztisztító egységének vázlata a 10. és 11. ábrán látható.



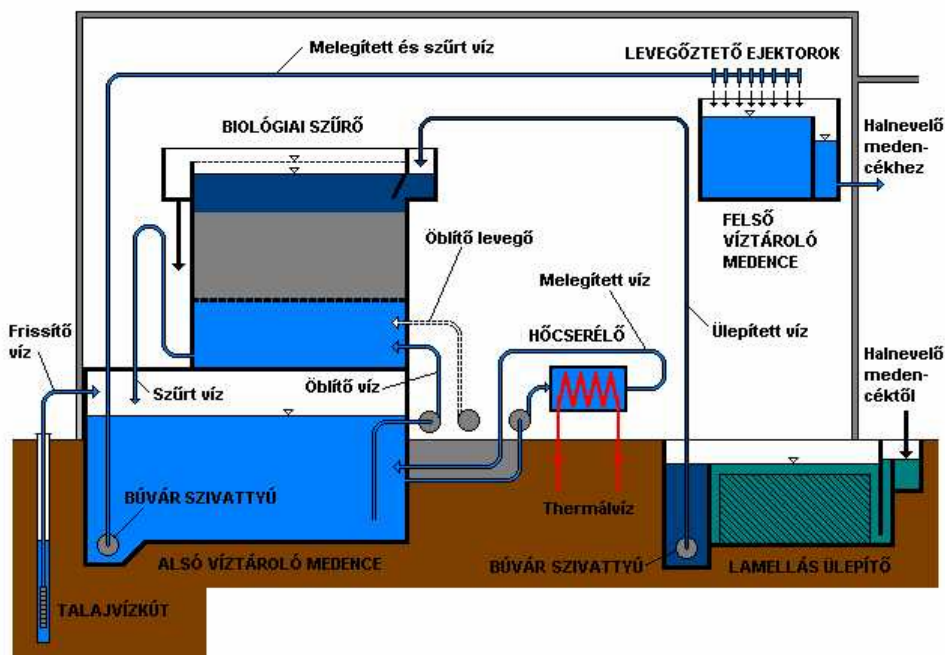
10. ábra: A HAKI recirkulációs halnevelő rendszerének medencés terme

A következőkben a rendszer ismertetésén túl összefoglalom a rendszer működésének tapasztalatait, és a működés hatásfokának javítására irányuló műszaki módosításokat.

A rendszer vízforgalma

A recirkulációs rendszer vízfeltöltését és vízutánpótlását egy kis vízhozamú talajvízkút biztosítja, amelynek vízhőmérséklete egész éven át $14 \text{ }^\circ\text{C}$. A kútból a vízveszteségek pótlására folyamatosan, mintegy 10-15 l/perc vízhozammal tápláljuk a vizet a rendszerbe, ami napi mintegy 5-7 %-os vízcserét jelent a rendszer teljes víztömegére számolva. A rendszeren belüli vízforgatás 22 l/s vízszállítási teljesítményű

szivattyúkkal történik. Ez a vízhozam a haltartó medencék óránkénti vízcserejét teszi lehetővé.



11. ábra: A HAKI recirkulációs halnevelő rendszerének víztisztító egysége

A forgatott és tisztított víz hőmérsékletének szabályozása egy 800 m talpmélységű ártézi kút 42,5 °C-os vizével, hőcserélők segítségével történik. A kezdeti elképzelés, miszerint automatikus hőfokszabályozó szelepek segítségével folyamatosan három különböző hőmérsékletű vízáramot biztosítunk, sem technikailag nem vált be, sem a kísérleti munka nem ezt igényelte. Egy általában 20-25 °C-os vízhőmérsékletű vízzel történő alap-vízellátás, és kisebb egységekben a kísérlet által megkívánt hőmérséklet egyedi beállítása jobb megoldásnak bizonyult. Az üzemi tapasztalatok alapján a rendszer hőcserélőjét is korszerűsítettük. A tisztavíztároló medence fenekén elhelyezett csökígyó, bár egyszerű megoldás volt, jelentős korróziónak volt kitéve és a rendszer szabályozhatósága sem volt megfelelő. A problémákat egy mellékáramkörű, szabványos hőcserélővel küszöböltük ki, amelynek működtetése ugyan egy kis teljesítményű szivattyút igényelt, de hőmérséklet szabályozása jól kézben tartható. Trópusi halakkal végzett kísérletek során a megkívánt magasabb hőmérsékletet külön gázkazán, hőcserélő és hőmérséklet szabályozó szelep segítségével biztosítjuk.

Halnevelő (medencés) egység

A recirkulációs rendszer vasbetonvázas épületben helyezkedik el, amelynek összes alapterülete 553 m². A medencés terem az összes alapterület mintegy 56 %-át foglalja el. Az itt elhelyezett különböző típusú, méretű medencék összes víztérfogata 80 m³, és a medencék egy, a mennyezetről függesztett 150 mm átmérőjű műanyag csővezeték hálózatról kapják a tápláló vizet. Az üzemelés kezdetén az összes medence-térfogat 30 %-át 12 db 2,5 m³-es betonmedence tette ki, amelyeket később elbontottunk, tekintettel arra, hogy a kísérleti munka változó feltételeit a könnyű, áthelyezhető és cserélhető műanyag medencék elégítik ki a legjobban. Az akkori beszerzési lehetőségek megnehezítették korszerű halnevelő medencék üzembeállítását, így saját tervezésű medencéket is alkalmaztunk. Ezek között külön említést érdemel az acélváz szerkezetű Graboplast vízhatlan-vászon falú 4 m³-es medence, amelynek költsége a hasonló méretű import medencékének csak töredéke, és amelyeket 10 éve használunk eredményesen.

A medencékről elfolyó víz padlócsatornában gyűlik össze és folyik gravitációsan a rendszer terepszint alatt elhelyezett ülepítőjébe. A medencék pótlólagos levegő ellátására egy külön levegőszállító csővezeték szolgál, amelyek az oldalcsatornás ventilátorok (Siemens 2BH5) által sűrített levegőt osztják szét a medencés teremben.

A halak takarmányozására forgótárcsás és szalagos automata-etetőket egyaránt alkalmaztunk, az utóbbiból házilag készülteket is. Ma már elfogadható árú, korszerű és üzembiztos szalagos automata-etetők vannak kereskedelmi forgalomban, melyek közül a HAKI recirkulációs rendszerében elsősorban a Kronawitter gyártmányú szalagos automata etetők üzemelnek.

A medencés terem üzemeltetésével kapcsolatos legnagyobb probléma a páralecsapódás, illetve a falakon és a nyílászárókon általa okozott kár volt. Ezt a problémát csak az épület külső falának hungarocell burkolásával, a terem teljes belső csempézésével és műanyag nyílászárók beépítésével lehetett kiküszöbölni.

Vízkezelő rendszer

A recirkulációs rendszerek alapvető, és az egész rendszer hatékony működését meghatározó eleme a vízkezelő rendszer, amelyik a halas medencékről elfolyó szennyezett vizet olyan mértékben megtisztítja, hogy annak minősége visszanyeri a

halas medencébe vezetés előtti, vagy azt megközelítő állapotot, és így az újra alkalmas a halas medencék biztonságos vízellátására.

A vízkezelés első fázisa az ülepités, amely kezdetben úgy történt, hogy egy terepszint alatti vízgyűjtő aknából szivattyú (Flygt 3101.180.HT) emelte az ülepitendő vizet két párhuzamosan üzemeltethető, egyenként 28 m³-es **ülepítő** medencébe. Ez a megoldás azzal járt, hogy az ülepités előtti szivattyúzás rontotta az ülepitési hatásfokot. Bár az alkalmazott szivattyúknak olyan műanyag bevonatú, nyitott járókerekei vannak, amelyek mellett akár a medencéből kiszökött kisebb halak is sérülésmentesen jutottak az ülepitőbe, mégis az ülepitési hatásfok elégtelen maradt. A halas medencékből távozó használt víz ugyanis olyan nehezen ülepihető anyagokat tartalmaz (halürülék, nyálka, stb.), amelynek a vízből való eltávolítása speciális eljárást igényel. A rendszer víztisztító egységének minőségi fejlesztését jelentette egy felszín alatti lamellás ülepitő beépítése, amelybe gravitációsan kerül a medencék használt vize, és ahol a műanyag lamellák visszatartják a nehezen ülepihető lebegő anyagokat. Ezzel a megoldással az ülepitési hatásfok 100 %-al növekedett.

A vízkezelő rendszer lelkét képező **biofilter**, két párhuzamosan üzemeltethető, egyenként 36 m³-es, 3-5 mm szemcsenagyságú zeolittal töltött vasbeton medence. A szűrőkben az egyenletes vízáramot egy célszerűen kialakított beömlő csatorna és a szűrő fenekén a tisztított víz elvezetését biztosító műanyag „szűrőgyertyák” tették lehetővé. Az alkalmazott szűrőtöltet egy Magyarországon nagy mennyiségben található természetes zeolit (clinoptilolit) ásvány volt, amely képes arra, hogy a vízből az ammónium-ionokat ioncsere révén eltávolítsa. A kezdeti vizsgálatok egyértelműen kimutatták, hogy a 2 m rétegvastagságú zeolit szűrőágyban három folyamat megy végbe egyidejűleg. A töltet legfelső rétegében a szemcsék mechanikai szűrőként visszatartották a vízben lebegő szilárd szemcséket. A szűrőágy felső, magasabb oxigéntartalmú, vízzel érintkező rétegében nitrifikáló baktériumok telepedtek meg és alakították át a mérgező ammóniát nitráttá. A töltet alsó rétegében a zeolit szemcsék ioncsere révén távolították el a még vízben lévő ammónia nagy részét. Mindezek mellett a zeolit szűrőágy pH stabilizáló hatása is jelentős volt. A biofilter tehát nem kizárólag biológiai ammónia eltávolítást végzett, bár működésében meghatározó volt a nitrifikáló baktériumok szerepe. A vizsgálatok kimutatták, hogy az NH₄-N koncentráció a szűrőben jelentősen csökkent és 0,3 ppm körüli szinten stabilizálódott.

A szűrő visszamosására nagy teljesítményű légfúvókat (Hoffmann HV 42.08-A; 10.000 m³/óra) és vízszivattyúkat (BKS 200/200; 80 l/s) alkalmaztunk. Visszamosáshoz a szűrők alatti tisztavízgyűjtő medencéből nyertük a vizet. A szűrőmedence fenekén lévő „szűrőgyertyák” biztosítják a levegőnek, a víznek a szűrőtölteten keresztül alulról felfelé történő egyenes átáramlását, illetve lazító és öblítő hatását. A szennyezett vizet a szűrőágy vasbeton medencéjének hosszanti oldalán, annak felső pereme alatt elhelyezett gyűjtőcsatornák vezették el. A visszamosásra a recirkulációs rendszer terhelésétől függően átlagosan havonta került sor.

Bár a szűrő hosszú évekig jó hatásfokkal működött, a zeolit szűrőtöltet használatával kapcsolatban három probléma merült fel: az ioncserélő kapacitás lecsökkenése; a viszonylag laza szerkezetű szemcsék morzsolódása és porlása a visszamosások során; valamint a viszonylag kis fajsúlyú szemcsék kimosódása a visszamosások alkalmával, ami nem tette lehetővé az igen intenzív visszamosások alkalmazását. A tapasztalatok figyelembevételével a zeolit szűrőtöltetet gyöngykavicssal cseréltük fel, ami megfelelő felületet biztosít a nitrifikáló baktériumok számára és jól visszamosható. Célszerű azonban a kavics töltetnek meghatározott szűrőfelületű, kisebb visszamosást igénylő műanyag töltetekkel való helyettesítése.

Vízsterilizálás

A rendszerben a betegségek megelőzését szolgálja a vízellátásnak az előzőekben ismertetett módon, ásott kútból történő biztosítása, valamint az általános állategészségügyi és higiéniai szabályok betartása.

A folyamatos sterilizálást szolgálja a rendszerben a víztisztító egységek után elhelyezett nagy teljesítményű AQUAFINE típusú, 2 x 12 csöves UV-berendezés.

Időszakos fertőtlenítésre a klórmésszel végzett vegyszeres kezelés két formáját alkalmazzák. Az ún. kisdózisú, üzemelés közbeni klórozást a 40 % hatóanyagú klórmésszel végzik, melynek dózisát a rendszer vizének klórfogyasztása alapján, az összes maradék klór megengedhető koncentrációját 0,05 mg/l-ben megszabva határozzák meg. Ennek alapján például 1 g/m³ klórfogyasztású víz esetén az alkalmazható klórmész mennyisége 2,5 g/m³. A másik, nagy dózisú klórmésszel végzett

fertőtlenítésre évente általában egyszer, a rendszer leállításának időszakában, a műszaki-karbantartási munkák egyidejű elvégzésével kerül sor.

Levegőztetés

A szűrt, illetve biológiailag tisztított vizet szivattyúk (Flygt 3101.180 HT) szállítják egy emelt szintű levegőztető medence fölött elhelyezett csőhálózatba, ahonnan légbeszívó fejekon keresztül jut a víz a medencébe. A 15 db, egyenként 90 l/perc vízátbocsátású légbeszívó fej a venturi-elv alapján működik és hatásukra a 29 m³-es levegőztető medencében a víz telítődik oxigénben. A medence egyben ejtőtartályként is szolgál, amelyből gravitációsan jut a víz a medencés terem vízelosztó csőhálózatába. Az említett levegőztető rendszer a keringetett víz alap-levegőztetését biztosítja, de lehetőség van az egyes medencék pótlólagos levegő ellátására is, egy külön levegő ellátó rendszer segítségével.

A korszerű recirkulációs rendszerek ma már kivétel nélkül oxigén ellátó rendszerrel üzemelnek, amely lehetővé teszi egyrészt a vízforgató szivattyúk kapacitásának, így a rendszer teljesítmény igényének csökkentését, másrészt a medencék halsűrűségének növelését. Bár a HAKI recirkulációs rendszerének oxigénnel történő ellátására több próbálkozás volt, a megoldás a jövő feladata marad.

A rendszer üzemeltetése

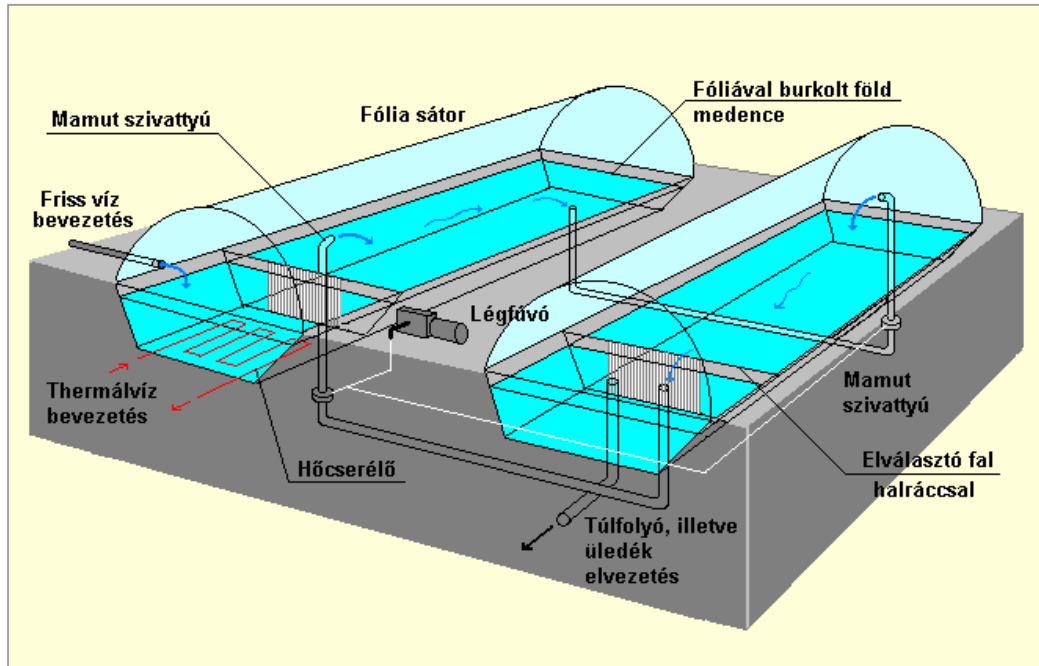
A rendszer a hálózati elektromos energia ellátás kiesése esetén egy 50 kVA-es áramfejlesztő aggregátról kapja az elektromos energiát. Kezelését öt fő látja el, három fő nappali és két fő karbantartó 24 órás műszakban. A rendszer, bár elsősorban kutatási tevékenység kiszolgálása a feladata, értékes halfajok ivadékának előállításával és szolgáltatásokkal képes az önfenntartásra. Ezt azonban az is elősegítette, hogy 1985-ben világbanki program keretében felépült egy 100 m³ hasznos víztérfogatú, átfolyóvizes halnevelő rendszer a meglévő recirkulációs rendszer mellé, így a két egység üzemeltetése a fajlagos költségek csökkentését és azok ésszerűbb kihasználását tette lehetővé.

4.3.2.2. Lassú áramlású ikerárkos haltermelő rendszer mamutszivattyús vízforgatással

A HAKI recirkulációs rendszerének tervezése és üzemeltetése során szerzett tapasztalatok, valamint az iparszerű haltermelő rendszerek fejlesztésére irányuló kutatási eredmények felhasználásával, illetve a gyakorlati igények figyelembe vételével egy, a maga nemében egyedülálló haltermelő rendszer felépítésére került sor 1982-ben, a szentesi Árpád MgTsz-ben, a termelőszövetkezet termálvízzel fűtött fóliaházainak szomszédságában. A rendszer vázlata a 12. ábrán látható.

A rendszer főbb jellemzői

A rendszer alapvető eleme két, egymással párhuzamosan kialakított, 40 m hosszúságú, és egyenként 150 m³ hasznos víztérfogatú, fóliával burkolt halnevelő árok volt. Az árkok felső szintje kb. 50-60 cm-el emelkedett a terepszint fölé, azok szélessége 5,0 m, mélységük 1,2-1,8 m között változott az egyik végük felé lejtve. Az árkok rézsű szöge 45° volt, és a földárkok állékonyságát geotextil szövet alkalmazásával növeltük. Az árkok vízterét mindkét végükön egy-egy mamutszivattyú kötötte össze, melyek működése során a két árokban lassú áramlás indult meg. A mamutszivattyúk a működési elvükből adódó intenzív légbevitel révén oxigénben dúsították a vizet és elősegítették a káros gázok eltávolítását, illetve olyan áramlást létesítettek az árkokban, amely a lebegő anyagoknak az oxigéndús környezetben történő mozgásban tartásával elősegítette azok lebomlását. Az egyik árok végében, a rendszer legmélyebb pontján, egy iszapcsapdát is elhelyeztünk, amely folyamatosan távolította el a rendszerben keletkező iszap egy részét. A haltermelő árok vízellátása egy talajvíz kútból történt, amely vizének hőmérséklete 15 °C volt. A kút vizét a fóliaházak termálvizes fűtőrendszerének 40-60 °C-os hulladék meleg vizével temperáltuk, hőcserélők segítségével.



a. A rendszer felépítésének és működésének vázlata



b. A fólia sátorral lefedett halnevelő árok lehalászás idején

12. ábra: Lassú vízáramlású ikerárkos halnevelő rendszer

A rendszer párolgási veszteségeinek csökkentése érdekében a haltermelő árkokat 7,5 m széles és 3,5 m magas kertészeti fólia sátorral fedtük le. A mamutszivattyúk egyenként 100 m³/óra levegő igényét forgódugattyús légfúvó biztosította. Az üzemelés biztonságának érdekében, áramkimaradás esetére egy robbanómotoros áramfejlesztő állt rendelkezésre.

A halászati munkafolyamatok elősegítése érdekében mindkét medence egyik hosszanti oldalán kezelő utat alakítottunk ki. A halak etetése medencénként két darab forgótárcsás automata etető segítségével történt.

A haltermelési kísérlet főbb adatai

A rendszer kísérleti üzemeltetése során folyami harcsa (*Silurus glanis*) nevelést folytattunk 1982. október 12. és 1983. május 16-a közötti téli időszakban. A két medencébe összesen 15.839 db 73,6 gramm átlagtömegű, összesen 1167 kg harcsát helyeztünk ki. A medencékbe kismennyiségű kétnyaras pontyot is helyeztünk az árkok fenekének tisztántartása céljából. A halak hamar hozzászoktak az új környezethez. A halnevelő medencék vizének hőmérsékletét a kezdeti 15 °C-ról egy hét alatt emeltük 23 °C-ra. December második felétől, a kihelyezést követő egy hónap elteltével, a halakat már intenzíven takarmányoztuk a HAKI-ban gyártott teljes értékű harcsatáppal. A halakat rendszeresen kezeltük parazitafertőzés ellen. A 216 napos (kb. 7 hónapos) tenyésztési időszakot követően, a két medencéből 4285 kg 347 gramm átlagos tömegű harcsát, és 213 kg pontyot halásztunk le, ami kb. 15 kg/m³ végső népesítési sűrűséget jelentett. A megmaradás 78 %, a takarmány értékesítési együttható 1,93 volt. A megmaradást lerontotta, hogy január folyamán egy levegőszállító cső törése miatt átmeneti oxigénhiány lépett fel az egyik medencében, ami halpusztulással is járt.

A rendszer kísérleti üzemének értékelése

Az üzemi kísérlet bizonyította a rendszer alkalmazhatóságát. A téli időszak ellenére lehetővé tette folyami harcsa intenzív nevelését. A prototípus berendezéssel történő kísérleti üzemelés eredményei alapján azt állapítottuk meg, hogy a rendszer nagyüzemi körülmények között biztonságosan és gazdaságosan üzemeltethető. A termelés gazdaságossága a fajlagos költségek csökkentése révén lényegesen megnövelhető, ha növeljük az árokpárok számát. A kísérleti üzemeltetés eredményeit alapul véve

modellszámítást végeztünk egy öt árokpáros rendszer gazdaságosságára vonatkozóan, ami a rendszer beruházási költségeinek négy éven belüli megtérülését mutatta ki (az 1985. évi termelési adottságokat figyelembe véve).

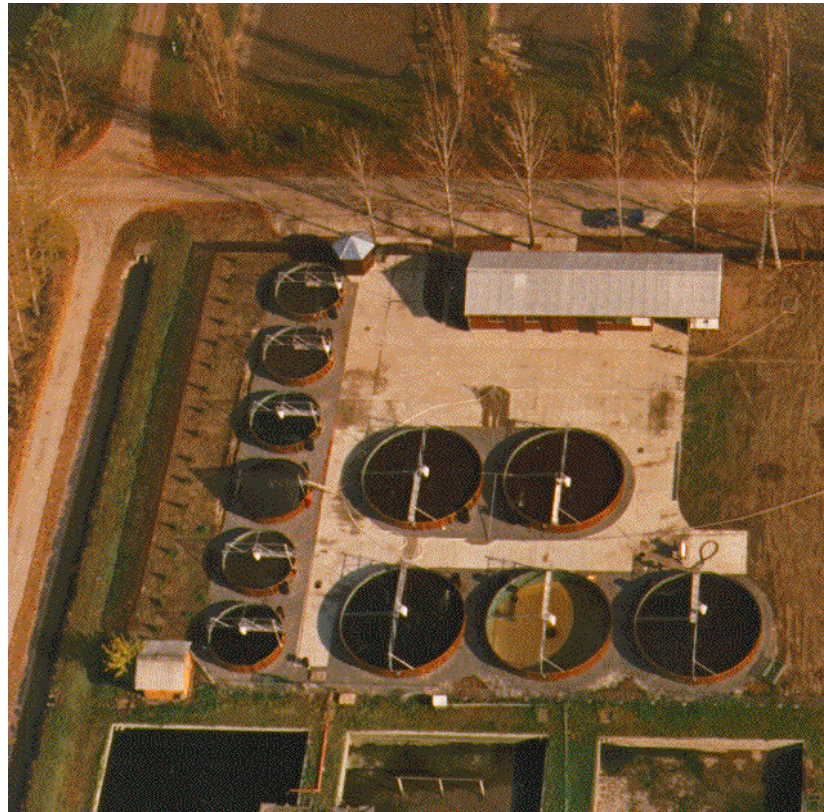
A kísérlet során 200-300 l/p folyamatos kútvízellátással, a mamutszivattyúk általi vízforgatással biztosítható volt, hogy a kísérlet időtartama alatt az oldott oxigéntartalom soha nem csökkent 4 ppm alá, és a vízminőségi paraméterek is a megengedett határértéken belül maradtak. Az intenzív termelés és a 15 kg/m^3 -es maximális népesítési sűrűség elérése napi egyszeri vízcserét igényelt. Ez a vízmennyiség a rendszer fejlesztésével csökkenthető, és az elfolyó, még mindig magas hőtartalmú víz további hasznosításával is számolni lehet. A víz hőmérséklet viszonylag egyenletes volt a téli üzemelés teljes időszakában, és a víz hőmérséklet ingadozása nem haladta meg a $2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ -ot. Az ikerárkos haltermelő rendszer technológiai paramétereinek méretezésére kidolgoztunk egy olyan módszert, amellyel jól számolhatók az adott termelési cél eléréséhez szükséges technológiai és technikai paraméterek (VARADI et al., 1984). Megállapítottuk ugyanakkor, hogy további kutatások szükségesek a módszer továbbfejlesztésére, különös tekintettel a rendszerben zajló nitrifikációs folyamatokra.

A kísérletek folytatására sajnos nem kerülhetett sor a mezőgazdaságban bekövetkező szerkezetváltás, gazdasági nehézségek miatt, és természetesen nem elhanyagolható az sem, hogy a kutatás fejlesztés lehetőségei is egyre fogyatkoztak a nyolcvanas évek vége felé. A közgazdasági feltételek lényegesen változtak a kísérlet ideje óta, a rendszer létesítésének, üzemeltetésének egyszerűségét és kedvező üzemeltetési paramétereit figyelembe véve kívánatos lenne a kísérletek felújítása, különös tekintettel arra, hogy a rendszer kiválóan alkalmas kisvállalkozások által történő üzemeltetésre.

4.3.2.3. Haltermelő rendszer mamutszivattyús vízfogatással és rendszeres üledékeltávolítással

A fentebb ismertetett intenzív haltermelő rendszer működési elvével gyakorlatilag megegyező, de műszaki kialakításában és néhány részletében eltérő rendszer nagyüzemi alkalmazásának feltételeit teremtette meg egy magyar-norvég vegyes vállalat létrehozása 1988-ban. A „Magnor” nevű vállalatnak norvég részről a Marenor és Agrotrade cégek, magyar részről a Magyar Hitelbank, a Vízépítőipari Tröszt és a HAKI

volt a tagja. A Magnor vállalat 1989-ben felépített egy 840 m³ összes víztérfogatú intenzív haltermelő telepet Szarvason. A rendszer kialakítása, beüzemelése a magyar és norvég szakemberek együttműködésével történt, amit megkönnyített, hogy a technológiát a magyar fél ismerte. A rendszerről az üzemi átadást megelőzően készült légi felvétel a 13. ábrán látható.

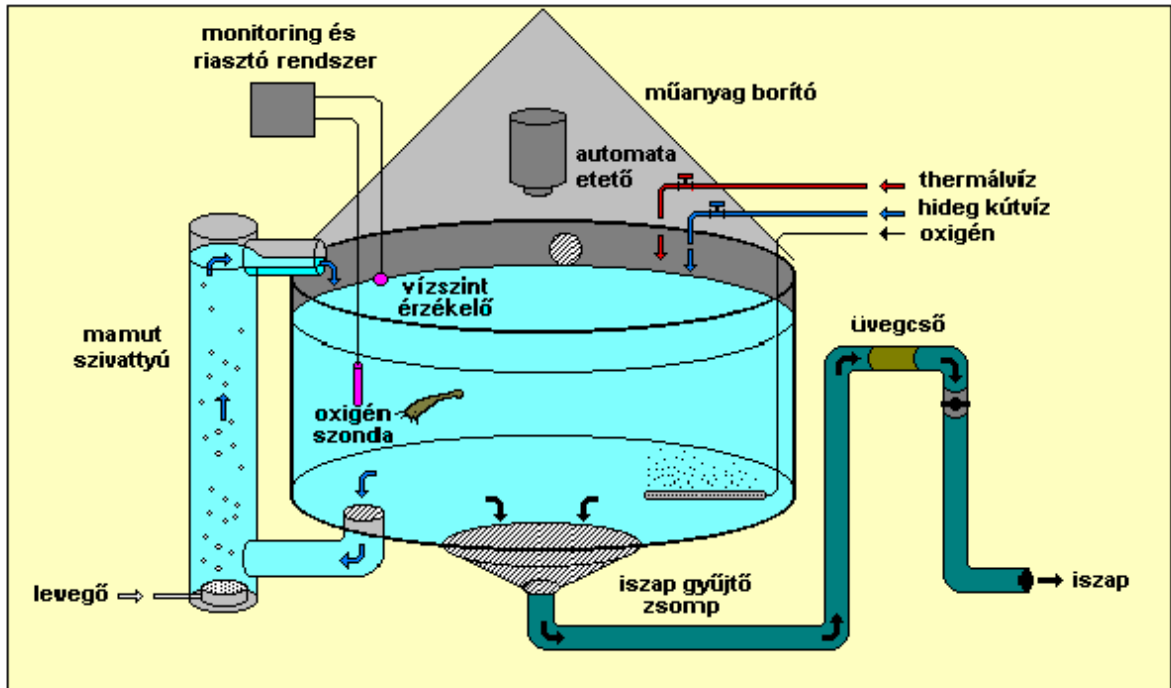


13. ábra: Magyar-norvég együttműködés keretében 1989-ben felépült iparszerű haltermelő telep madártávlatból

A rendszer főbb jellemzői

A rendszer átadását követően 6 db 40 m³-es, és 5 db 120 m³-es kör alapterületű medencéből állt. A félig a terepszint alá süllyedő medencék kerete fából készült, amelyre erős vízhatlan műanyag fóliát feszítenek. A medencéken belüli vízforgatást mamutszivattyúk biztosítják. A mamutszivattyúk feladata egyrészt a víz levegőztetése és a káros gázok eltávolítása, másrészt a medencében a vízcirkuláció kialakítása, ami elősegíti a szennyező anyagoknak a medence alján kialakított iszapgyűjtő térbe

terelését. Innen egy szivornya segítségével rendszeresen eltávolítható a szerves iszap. Egy ilyen speciális medence vázlatja a 14. ábrán látható.



14. ábra: A telep speciális halnevelő medencéje, mamutszivattyús vízforgatással és rendszeres iszapeltávolítással

A mamutszivattyúk vastagfalú, kemény PVC csőből készültek és azok átmérője a 120 m³-es medencében 700 mm, a 40 m³-es medencékben 500 mm. Egy 700 mm átmérőjű mamutszivattyú, kb. 45 m³/óra levegő betáplálás esetén, 120 perc alatt 2 ppm-ről 8 ppm-re képes megnövelni a víz oldott oxigéntartalmát. A medencéket a hőveszteség csökkentése érdekében speciális műanyag borítással látták el. –18 °C külső léghőmérséklet esetén a borítás alatti légtérben nappal +10-12 °C, éjszaka +4-5 °C hőmérsékletet lehetett tartani. A medence fenekén lévő iszapgyűjtő téből a szerves iszap egy gömbszelep nyitásával, szivornya szívóhatására egyszerűen eltávolítható. Naponta a medence víztérfogat kb. egynegyedének megfelelő vízmennyiséggel együtt lökészerűen ürítik az összegyűlt iszapot. A medence fenekéhez csatlakozó túlfolyón keresztül folyamatosan távozik valamennyi üledék. A medencék két egymástól független csővezetéken kaphatnak termálvizet, illetve hideg kútvizet. Kiepült egy

harmadik csővezeték is tiszta oxigén betáplálására, azonban ennek használatára nem került sor.

Az oxigén ellátására oxigénfejlesztő berendezés alkalmazását javasolta a norvég fél, ami lehetővé tette volna a népesítési sűrűség növelését, és növelte volna a rendszer biztonságát. Bár a berendezést, amelynek működési elve a levegő molekuláinak szűrésén, illetve a nagy méretű nitrogén molekula visszatartásán alapult, leszállították, annak üzemi alkalmazására nem került sor. Ennek fő oka az volt, hogy a termelésbe vont halfaj az afrikai harcsa lett, de megállapítható az is, hogy folyamatos, biztonságos oxigénellátásra sokkal alkalmasabbak a tartályos és elpárologtatós berendezések. Az afrikai harcsa példája jól reprezentálja a víztakarékosságnak azt a módját, amikor alacsony oxigénfogyasztású, rosszabb vízminőséget is elviselő halfajt választunk. E módszer alkalmazásának természetesen piaci korlátai lehetnek, bár a víztakarékos, környezetkímélő haltermelési megoldások értéke előbb-utóbb a fogyasztói megítélésben és az árban is visszatükröződik.

A rendszert eredetileg ellátták olyan számítógép vezérelte műszerrel, amely folyamatosan regisztrálta a medencék vizének oldott oxigéntartalmát, és riasztó jelet adott, ha az oxigénkoncentráció, illetve a vízszint egy előre beállított érték alá süllyedt. Bár az oxigénkoncentráció folyamatos regisztrálása szükségtelennek bizonyult afrikai harcsa esetében, a vízminőségi paraméterek rendszeres nyomon követése az intenzív rendszerek menedzsmentjének alapvető feladata.

A rendszer működésének alapgépei, a mamutszivattyúk működtetését biztosító három forgódugattyús légfűvő, és egy áramkimaradás esetén automatikusan induló áramfejlesztő aggregát (40 kVA), melyek egy hangszigeteléssel ellátott konténerben nyertek elhelyezést. A rendszer működésének egyidejű levegő igénye $600 \text{ m}^3/\text{óra}$, amit egy üzemi légfűvő biztosít, míg másik kettő meleg tartalékot képez.

A rendszer vízellátását egy termálvíz kút ($36 \text{ }^\circ\text{C}$) és három rétegvíz kút ($16, 24, \text{ és } 27 \text{ }^\circ\text{C}$) biztosítja. A kutak összes vízszállítása 2.150 liter/perc . A rendszer egyike azon kevés hazai intenzív haltermelő telepeknek, ahol a kutat halnevelésre alkalmas víz nyérése céljából fűrták. Intenzív halnevelő rendszereket általában felhagyott termálvíz kút vagy kutak mellé építik, amivel kétségtelenül meg lehet takarítani a kútfürés igen magas

költségeit, de problémát jelenthet a víz kezelése, és a sok esetben igen kedvezőtlen minőségű hulladék termálvíz elhelyezése. A szarvasi telepen a vizet közvetlenül a halnevelő medencékbe vezetik, bár a víz így is kezelésre szorul érzékenyebb, fiatalabb halak nevelése során. A víz oxigéntartalma növelhető, és ammóniatartalma némileg csökkenthető kaszkádon való átcsörgedeztetéssel. A folyamatos mamutszivattyús levegőztetés és belső vízforgatás, illetve a rendszeres iszap eltávolítás következtében a rendszerben csak kb. 14 óránként van teljes vízcsere. Így is gondot jelent azonban a szerves anyagokban gazdag elfolyó víz elhelyezése. Az elfolyó víz a Körös holtágba folyik, és minősége néhány paramétert tekintve (dikromátos oxigénfogyasztás, nátrium egyenérték, foszfortartalom) kis mértékben meghaladja a befogadóra megengedett határértékeket. Így, a jelenleg érvényben lévő rendelkezések szerint a telep által évente fizetendő bírság értéke mintegy 750.000 Ft. A szigorodó környezetvédelmi előírások figyelembe vételével szükség lesz az elfolyó víz további kezelésére, amelynek tervezett módja a halastavi utókezelés. Ennek megoldására irányuló projekt előkészítés alatt áll.

A rendszer üzemeltetésének főbb tapasztalatai

A Magnor nevű magyar-norvég vegyes vállalat 1992-ben fizetéképtelenné vált és felszámolásra került. Ez nem a rendszer alkalmatlanságát jelezte (hiszen a telep azóta is eredményesen működik), hanem a vállalkozás gyengeségeit. A tanulságokkal szolgáló okokat és körülményeket az alábbiakban foglalom össze.

A vegyes vállalat által épített telep beruházási költsége 1989. évi árakon számolva 56 millió forint volt, amit hitelből fedezett. A Kft. formában működő vegyes vállalat törzstőkéje 24 millió forintot tett ki, amelyikből 14 millió forint szellemi apport volt. A hitel visszafizetésekre nem volt türelmi idő, ami egy olyan halászati vállalkozásnál, ahol a piaci termék előállításához kb. egy év, igen nehéz helyzetet teremtett. A vállalat nem haltermékek, kereskedelmi tevékenységek és szolgáltatások bevételeiből tervezte áthidalni a termelés felfutásának időszakában jelentkező pénzforgalmi problémákat. A napraforgó, bio-humusz és libamáj exportjára irányuló kereskedelmi vállalkozások azonban nem hozták meg a várt eredményt. Tovább súlyosbította a helyzetet a telepet vízzel tápláló kutak üzembe helyezésének elhúzódása. A tervezettnél későbbi üzemkezdés miatt halmozódtak a vállalat fizetési kötelezettségei. Az egyébként is alacsony összegű törzstőkét hamar felélte a vállalat és a bevételek elmaradása súlyos gondokat jelentett a működtetés finanszírozásában. A tulajdonosok egy nagyobb

termelő telep magyarországi létesítésével próbálták a helyzetet javítani, amely telepnek a szarvasi egység referenciája és ivadéknevelő telepeként működött volna. A tervezett beruházás azonban az intenzív előkészítő munka ellenére nem valósult meg. A szarvasi telep tok és harcsafélék termelését tűzte ki célul, azonban a tokfélék értékesítési nehézségei miatt a várt üzleti eredmények elmaradtak. A vegyes vállalatban 37 %-kal részes norvég Marenor cég, a működés költségeinek időszakos átvállalásával még egy darabig működésben tudta tartani a telepet, de miután a magyar tőkerészesek nem tudtak anyagi támogatást biztosítani a további működéshez, sőt a 25 %-al részes Magyar Hitel Bank még a kamat visszafizetések átmeneti befagyasztását sem tudta vállalni, a vegyes vállalat 1992-ben tönkrement.

A telep működtetését 1994-től a Szarvas-Fish nevű Kft. vette át, és elsősorban a menedzsment, marketing munka megerősítésével a cég hazánk legsikeresebb intenzív haltermelő vállalkozása lett. A rendszer fentebb vázolt alapelemei lényegesen nem változtak, feltétlenül megemlíthető azonban a medence térfogat növelése, és saját keltetőház létesítése, amelyek lényegesen javították a működés gazdaságosságát. Az új menedzsment kizárólag afrikai harcsa termelését tűzte ki célul, amelynek teljes termelési technológiája jól ismertté vált ekkorra hazánkban, és a költség ár viszonyok is kedvezően alakultak. A drága üzemeltetésű telep gazdaságos működésének alapfeltétele, hogy abban a biomassza értéke mindig a legmagasabb legyen. Az a határ, amely felett a telep már nem ráfizetéses $87,5 \text{ kg/m}^3$, de az átlagos népesítési sűrűség elérte a 167 kg/m^3 -t (MÜLLER et al., 1996). A rendszeres, saját ivadékkal történő ellátás a saját keltető révén biztosítva volt, a termelési tevékenység másik végén lévő folyamat, a késztermék elhelyezése viszont komoly marketing munkát igényelt. Ez magában foglalta a reklámmal és egyéb eszközökkel történő fogyasztói megnyerést, az export piacok feltárását, a hazai áruházláncokkal való kapcsolatépítést, a termékfejlesztést, sőt a saját feldolgozást is.

4.4. Integrált haltermelési technológiák fejlesztése Vietnamban, a Mekong folyó deltavidékén

4.4.1. Akvakultúra a Mekong-deltában

Természeti és társadalmi adottságok

A Mekong-delta, Vietnam déli részén, az ország összes területének mintegy 12 %-át foglalja el, azonban gazdasági jelentősége ennél sokkal nagyobb. A Mekong-deltából származik az összes vietnami rizstermelés 50 %-a és a GDP 30 %-a. E régió egyik alapvető jellemzője a haltermékeknek a táplálkozásban betöltött nagy szerepe. A hal a második legfontosabb élelem a rizs után. A haltermelés fontos szerepet tölt be a vidéki lakosság életében, és mintegy 260.000 ember foglalkozik haltermeléssel a régióban. A Mekong-deltavidék mintegy 4 millió hektáros területe a világ egyik igen értékes, egyedülálló ökoszisztémája. Az eredetileg mocsári erdővel borított terület a tizenkilencedik századi francia gyarmatosítása alatt lényegesen megváltozott, ugyanis az eredeti vegetáció jelentősen visszaszorult a rizstermesztés fejlődésének következtében. A tengerparti sáv mentén elterülő mangrove erdők is jelentős károsodást szenvedtek az indokínai háborúban. A régió agro-ökológiáját ma három fő tényező határozza meg: a Mekong folyó évenkénti elöntései, illetve azok mélysége; a folyóágak sótartalmának növekedése a száraz évszakban; és a talajminőség, különös tekintettel az egyes területeken jellemző savas-szulfátos talajokra. A népesség növekedése, így a természeti erőforrások használata iránti növekvő igény egyre nagyobb veszélyt jelent a természeti környezetre. A növekvő számú lakosság élelmiszer ellátása és foglalkoztatása a mezőgazdasági technológiák intenzifikálását vonta maga után. Az évi kétszeri, illetve háromszori rizstermelési ciklusok bevezetése a felhasznált műtrágyák, növényvédő szerek mennyiségét megsokszorozta, és a tengerpart menti övezetben végzett garnélarák termelés a mangrove erdők egy részének kiirtásához vezetett. A városiasodás és az intenzívvé váló mezőgazdasági termelés következtében egyre inkább veszélybe kerül a régió érzékeny biológiai egyensúlya.

Halászat és akvakultúra

A Mekong-delta környezeti adottságai kiváló feltételeket biztosítanak a különböző vízi élőlények termeléséhez. A haltermelésre alkalmas terület mintegy 1,4 millió hektárra tehető, amelynek 39,5 %-a mély fekvésű mezőgazdasági művelésre nem alkalmas

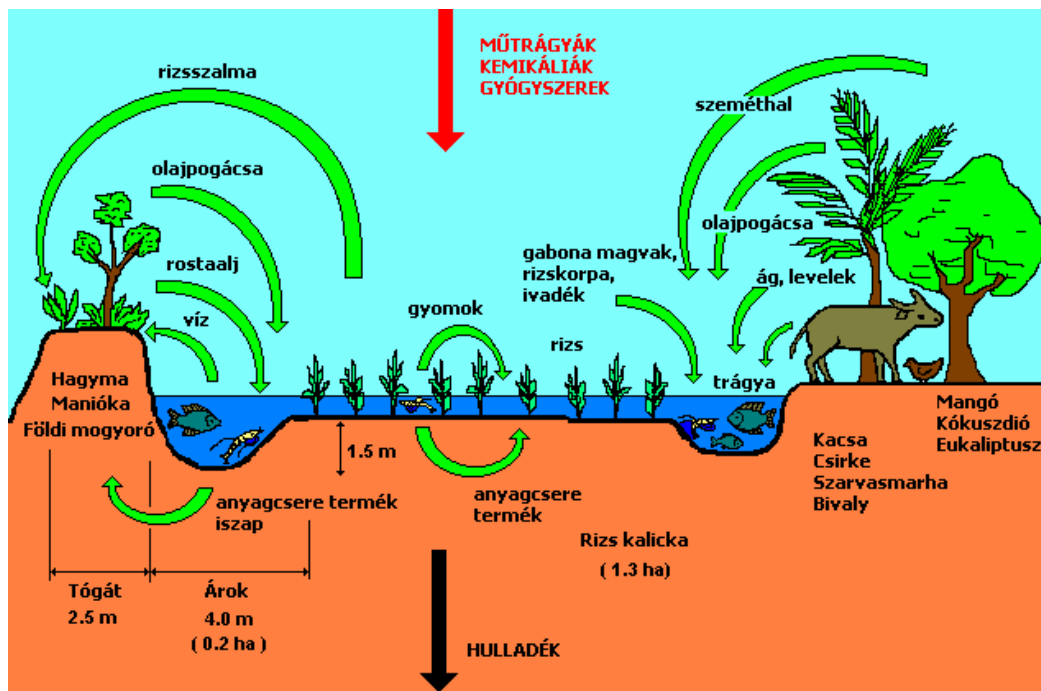
terület, 27,9 %-a tengerpart menti lagúna, 28,5 %-a nagy kiterjedésű vízfelület, illetve tó és 4,4 %-a kisméretű tó. A természetesvízi fogások és a mesterséges haltermelés sok szálon kapcsolódik össze, sok esetben szinte szétválaszthatatlan egymástól. Igen elterjedt például a vadon befogott halaknak kis tavakban, víztározókban, ketrecekben, illetve rizsföldön való továbbnevelése, valamint természetes vizekből származó alacsony értékű halak takarmányként való alkalmazása értékes tenyésztett halak előállításának során. Bár a természetesvízi halászatnak nagy múltja van a régióban, a haltermelés, illetve általában az akvakultúra, amely más vízi élőlények termelését is magában foglalja, viszonylag új tevékenység. Az akvakultúrára alkalmas területeknek csak mintegy harmadrésze van kihasználva, és a kiterjedt rizsterületeknek is csak kb. 10 %-án folyik halak és rákok termelése. A lehetőségek viszonylag alacsony kihasználtsága ellenére a Mekong-delta a vietnami haltermelés legfontosabb régiója, amely az ország összes haltermelésének mintegy 48 %-át adja. 1998-ban az éves összes akvakultúra termelés 1,8 millió tonna volt, amelynek 67 %-a származott természetesvízi fogásokból és 33 %-a termelésből.

Integrált haltermelés

A régióban mintegy 24 halfajt termelnek mesterséges körülmények között, amelyből 12 őshonos. Az őshonos halak között igen népszerű és nagy tömegben termelt faj egy kistermetű márnaféle, a *Puntius gonionotus*, amely a rizsföldi haltermelés általánosan alkalmazott halfaja. Igen elterjedt a nem őshonosnak számító ponty is, amelynek a ragadozó halakat követően a legmagasabb a piaci értéke. Jelentős termelési potenciált jelentenek a régióban a harcsafélék, különösen a *Pangasius* fajok, újabban a *Clarias macrocephalus* és *Clarias gariepinus* hibridje is. Az integráció alapvető eleme a legtöbb haltermelési technológiának a Mekong-deltában. A haltermelést az esetek túlnyomó többségében szárazföldi állatok termelésével, növény-, és gyümölcsstermesztéssel, valamint rizstermeléssel kapcsolják össze, kihasználva a tápanyag visszaforgatás adta lehetőségeket, növelve a víz, illetve földterület kihasználásának hatékonyságát. A haltermelési technológiák között fontos szerepe van az úgynevezett „VAC” rendszereknek. A „VAC” betűszó a vietnami „vuon” kert, „ao” halastó, „chuong” állattartás szavak kezdőbetűiből áll, utal a haltermelési, növénytermesztési és állattartási tevékenységek integrálására. Az integrált rendszerek a falusi, többnyire családi farmok alacsony input szintű olyan termelési rendszerei, amelyek diverzifikált termelést, termékskálát, bevételt, élelmiszert és foglalkoztatási lehetőséget jelentenek. Az integrált

haltermelési rendszerekben az éves átlagos haltermelés 2-8 t/ha a gazdálkodás színvonalának és a termelés intenzitásának függvényében. Egy integrált haltermelő rendszer anyagáramlási modelljét a 15. ábra mutatja be.

15. ábra: Integrált haltermelési rendszer anyagáramlási modellje



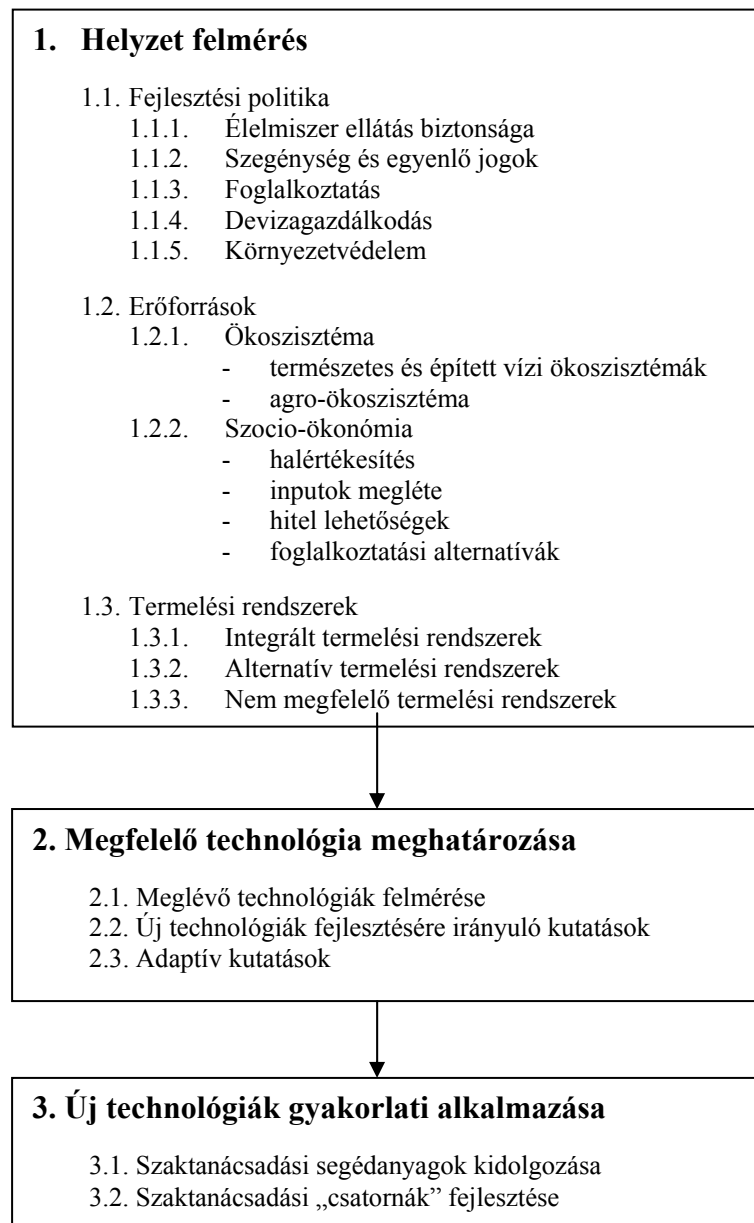
Az integrált haltermelési rendszereknek számtalan változata alakult ki a farmereknek a változó körülményekhez való folyamatos alkalmazkodása eredményeképpen. A farmerek többnyire rizstermelő gazdák, akik emellett másodlagos vagy kiegészítő tevékenységként halat is termelnek. A rizs árának változásaitól függően sok rizstermelő változtatja a rizs- és a haltermelő terület arányát, sőt egyesek fel is hagytak a rizstermeléssel. Nagy azonban az olyan gazdaságok száma is, ahol a hal a fő termék. A farmerek többségének hiányosak az ismeretei a természetes táplálékkészlet polikultúrával történő kihasználásának lehetőségeit, a túlélőkészítést, a vízkormányzást, népesítést és takarmányozást illetően. Általában a saját káron való tanulás elvét alkalmazzák („trial and error”), az ismeretek családtagok és farmerek személyes kapcsolatán keresztül terjednek. A tavak sok esetben a rendelkezésre álló hulladékok (konyhai hulladék, állati trágya, emberi fekália) hasznosítói, egyre inkább terjed azonban a tudatos takarmányozás, amely során rizskorpát, szeméthalat, hallisztet, és zöldségeket, illetve ezek keverékét használják. Az értékes ragadozó halakat termelő telepeken ma már teljesértékű granulált, illetve extrudált tápokot is etetnek. A

haltermelő gazdaságok nagy többsége ma már nem saját ellátásra, hanem piaci értékesítésre termeli a halat, amely többnyire közvetítők segítségével kerül a piacra.

4.4.2. Integrált haltermelő rendszerek fenntartható fejlesztése

A növekvő népesség élelmiszer ellátása, foglalkoztatása, illetve a piacgazdaság kínálta lehetőségek kihasználása az ésszerű erőforrás használaton alapuló és szerves fejlődés során kialakult integrált rendszerek torzulásához, az ésszerűtlen erőforrás fogyasztás felerősödéséhez vezethet. A fenntartható integrált haltermelő rendszerek fejlesztése érdekében 1994-ben egy, a holland kormány által támogatott, úgynevezett Nyugat-Kelet-Dél Projekt (WES Projekt) kezdődött a Mekong-delta központi vidékén, amelynek koordinátora és egyik fő végrehajtója a Haltenyésztési Kutató Intézet volt. A program végrehajtása során a 16. ábrán bemutatott fejlesztési koncepciót alkalmaztuk.

16. ábra: Integrált haltermelési rendszerek fejlesztésének koncepciója



4.4.2.1. Szocio-ökonómiai felmérés főbb eredményei

A családi gazdaságok általános jellemzői

A gazdaságok 90 %-ának főfoglalkozása a mezőgazdasági termelés. Másodfoglalkozásként az állami szervezetek végzett munka, kereskedelem és asztalos munka említhető. A családi gazdaságoknak csak mintegy 47 %-ában van vezetékes elektromos energia ellátás. A családi gazdaságok 94 %-ának mindennapi élete alapvetően a folyók és csatornák vízellátásának függvénye. A családi gazdaságokban változatlanul a rizstermelésből származó bevétel a legfontosabb, de „külső” bevételek szintén fontos szerepet játszanak a családok teljes jövedelmében. Az utóbbi időben megfigyelhető a foglalkozásbeli diverzifikáció, és egyre több családtag talál munkalehetőséget a privát-, illetve az állami szférában. A nők részt vesznek a családi gazdaságok működésével kapcsolatos döntéshozatalban, bár a termelési és értékesítési kérdésekben a férfiak döntése a legtöbb esetben meghatározó. A nők aktívabbak a házimunkában, mint a farm-gazdálkodásban, bár nagyon sok gazdaságban a nők specializálódtak a sertés- és baromfígondozásra. Általában véve a farmerek pozitívan értékelik a Vietnamban végbemenő változásokat, úgy érzik, hogy folyamatosan javul a helyzetük. Többségük úgy nyilatkozott, hogy a farm bevételei fedezik a család költségeit.

A családi gazdaságok viszonylag kisméretűek. Átlagos területük 1,03 ha, ami magában foglalja a lakóépületet, a kertet és a mezőgazdasági termelő területet. A gépesítettségi szint igen alacsony, rendszerint egy csónakból, egy kis hordozható szivattyúból és egy háti permetezőből áll a gazdaság gépparkja. A legnagyobb három tétel a termelési költségek között a takarmány, az ivadék és a tóelőkészítés.

Integráció a családi gazdaságokban

A megkérdezett farmerek többsége tisztában van az integráció előnyeivel. Bár az erőforrások farmon belüli ésszerű hasznosítása is szempont az integráció alkalmazásánál, mégis az integráció legnagyobb hajtóereje a magasabb jövedelem elérése. A felmérés során megkérdezett farmerek válaszainak megoszlását bemutató 13. sz. táblázat a fenti megállapításokat jól érzékelteti.

13. táblázat: Az integráció előnyei és hátrányai (a farmerek válaszai alapján)

Előnyök	%	Hátrányok	%
Hulladék visszaforgatás	17,9	Befektetés igényes	28,0
Nagyobb jövedelem	58,9	Munkaerő igényes	8,0
Munkalehetőség	2,9	Időnkénti hulladék túltermelés	32,0
A vízterület jobb kihasználása	6,8	Negatív hatások a vállalkozásra	18,0
Kisebb vegyszer felhasználás	1,3	Egyéb	14,0
Jobb környezeti/higiéniái viszonyok	4,5		
A család jobb ételkészítés ellátása	7,1		
Egyéb	0,5		

Az integrált technológiák alkalmazása viszonylag új, és csak az utóbbi 5-6 évben vált általános gyakorlattá. A farmerek többsége vállalja a többletbefektetést, amit kis tavak, fásorok közötti árkok építése jelent, a nagyobb jövedelem elérésének reményében. A felmérések kimutatták azt, hogy az integrált gazdaságok nagyobb jövedelmezőségűek, mint azok a gazdaságok, ahol a haltermelést nem integrálják más tevékenységgel. A Mekong-deltában a családi gazdaságok éves átlagos bevétele kb. 2300 USD. Ha a teljes bevételt termelési rendszerekre bontjuk, az állapítható meg, hogy a hal komponens nem tartalmazó rendszerek bevétele a legkisebb, míg a rizs-hal integrációé a legmagasabb. A vizsgált farmokon a bevétel 81 %-a a családi gazdaságban keletkezett. A legnagyobb bevételt a rizstermelés adta (61,9 %), amit az állattartás (16,6 %) és a haltermelés (10,1 %) követett. A gyümölcstermelés bevétele 7,9 %, az egyéb nem-rizs termények bevétele pedig 3,6 % volt a vizsgált farmok átlagában. Bár a haltermelés részesedése nem túl magas, a vizsgálatok azt mutatták, hogy a gazdaság bevétele összességében jelentősen emelkedett a haltermelésnek a farmok gazdasági tevékenységi körébe integrálását követően.

Értékesítés és finanszírozás

A családi gazdaságok által előállított termékeknek 82 %-a értékesítésre kerül. A rizs, az állatállomány és a hal elsősorban a bevételt növeli, míg a megtermelt egyéb növények, a

gyümölcs elsősorban saját fogyasztást szolgál. A farmerek igen kiszolgáltatottak a piacnak, különös tekintettel arra, hogy nincsenek árinformációik, és nincs szállítóeszközük. Csak legutóbbban értékesítik a terméket közvetlenül a fogyasztóknak. Így a farmerek alkupozíciója igen gyenge és az elért árak alacsonyok. Feltétlenül szükség van a családi gazdaságok marketing munkájának fejlesztésére.

Bár a megkérdezett farmerek többsége úgy nyilatkozott, hogy jelentős finanszírozási gondjaik vannak, a farmerek kevesebb, mint fele vett fel hiteleket az előző évben. Az egymás közötti kölcsönzés igen elterjedt a körükben. Hitelintézmények egyrészt nem is nagyon állnak rendelkezésre, másrészt az eljárás is elég bonyolult, így az általános iskolát végzett farmerek idegenkednek a hitelfelvételtől. Ráadásul a rendelkezésre álló hitelek is korlátozottak és a kamat is magas. Bár egyre bővülnek a farmerek hitelfelvételi lehetőségei különböző, a szegénység felszámolására irányuló programok és új mezőgazdasági fejlesztési bankok révén, a farmerek képzése alapvető feladat a hitelekhez való hozzájutás érdekében.

4.4.2.2. Öko-technológiai felmérés főbb eredményei

Az integrált haltermelési technológiák továbbfejlesztése a fentebb bemutatott fejlesztési koncepció alapján elvégzett helyzetelemzésen alapult, amely a meglévő adatok begyűjtésén és elemzésén, publikációk tanulmányozásán, konzultációkon túlmenően helyszíni felméréseket is tartalmazott. Az alapfelmérés Cantho és Vinhlong tartományok két-két járásában, 262 családi gazdaság „öko-technológiai” elemzését foglalta magában. A helyi szaktanácsadási szervezet szakemberei által kiválasztott gazdaságok jól reprezentálták a régióban alkalmazott különféle integrált haltermelési rendszereket, amelyeket két alapsoporra osztottunk az alábbiak szerint:

- halastavi termelés állattartással, amelyhez esetenként növénytermesztés és/vagy gyümölcsstermesztés is kapcsolódott,
- rizsföldi haltermelés.

Kontroll csoportként olyan tógazdaságokat is vizsgáltunk, amelyekben a tógazdálkodást nem integrálták más mezőgazdasági tevékenységgel.

A helyi szakemberekkel együtt kidolgozott és előzetesen tesztelt kérdőívek alapján gyűjtöttük be az alapvető adatokat a partner Cantho Egyetem, valamint a helyi

szaktanácsadási szolgálat szakembereinek részvételével. A vizsgálatokat a WES Projekt által készített jelentések és dokumentumok részletesen leírják (WES, 1996-1997; VÁRADI, 1996; VÁRADI et al., 1996; PEKAR et al., 1999), a következőkben az öko-technológiai felmérés főbb eredményeit foglalom össze.

Halastavak kora, mérete és formája

A tavak 45 %-a 7 évesnél idősebb, de 12 évesnél fiatalabb volt, ami azt jelenti, hogy a tavak jó része a nyolcvanas években épült. A tavak 29 %-ának életkora 4 és 6 év között változott, míg 26 %-a három évnél fiatalabb. Fentiek igazolják azt, hogy a tavi haltermelés viszonylag új tevékenység a régióban, de egyben jelzik a tógazdasági haltermelés iránti növekvő érdeklődést is. A tavak több, mint 90 %-a négyszög alapterületű. A szabályos alakú tavak építését lehetővé teszik a kedvező területi adottságok. A tavak mérete 30 és 10.000 m² között változott, azonban a tavak túlnyomó többségének mérete 200-300 m². A rizsföldön végzett haltermelés során a rizskalickák területének egy részét lemélyítik, hogy kedvezőbb életfeltételeket biztosítsanak a halaknak. E mélyebb területrész a vizsgált rizs-hal integrációk 28 %-ában elérte az összes rizsterület 20-25 %-át. Azokban a gazdaságokban, ahol gyengébb minőségű talajokon folytatták a rizstermelést, és kisebb hozamokat értek el, nagyobb volt a mélyebb, haltermelést szolgáló területrész aránya. A tavak mélysége a felszíni adottságoktól, az esőzések, illetve az áradások mértékétől és az árapály viszonyoktól függően változott. A kizárólag haltermelésre szolgáló tavak mélysége 0,75-1,25 m, az integrált termelést folytató tavaké 0,95-1,2 m, míg a rizsföldek lemélyített részének mélysége 0,65-0,7 m között változott. Az üledék mélysége az integrált halastavak esetén 34-87 cm, rizsföldeken 27-43 cm között változott. A kis tó méretek, illetve a földterület korlátozottsága miatt a tavak gátjainak rézsűi szinte sehol sem érik el 1:1 arányt, és gyakran szükséges azok helyreállítása. Egyes farmokon természetes anyagokból készült rézsűvédelmet alkalmaznak.

A tavak vízellátása

A Mekong-delta csatornahálózatokkal átszött olyan sík terület, amely alig emelkedik a tengerszint fölé. Így az árapály hatás a tengerparttól 60-70 km-es távolságra is jelentős, ami előnyös a gravitációs vízfeltöltés lehetősége miatt, nehezíti azonban a kívánt időben végzett lecsapolást, és a reverzibilis csatornák nem teszik lehetővé az átöblítést. A tavak legtöbbjén nincs okszerű vízkormányzási technológia, és a vízcserre elsősorban az

árapály, a csapadék hatásától függ. A tavak vize mintegy 2-3 naponta teljesen kicserélődik az alkalmazott integrációtól, illetve technológiától függetlenül. A gyakori vízcserét nagyon sok farmer a tavi halgazdálkodás alapfeltételének tartja, ami a takarmányozáson alapuló intenzív *Pangasius* termelésnél igaz lehet, ahol a hozamok eléri az 50 t/ha-t, de a trágyázott tavakban kedvezőtlen hatású. A Mekong-deltában a tógazdasági haltermelést nehezítő egyik tényező a rendszeres árvíz, ami általában szeptember és október hónapokra esik, de egyes években augusztustól novemberig tart. Sajnos az árvizek szintje a Mekong folyó vízgyűjtőjén végzett fakitermelések miatt évről-évre nő. Az árvizek esetenként különösen pusztító hatásúak, jelentősen károsítják a gátakat, a primitív műtárgyakat és kimossák a tóból a teljes halállományt. Egyre több magasabb színvonalon működő tógazdaság alkalmaz szivattyúkat, amelyek segítségével a technológiának megfelelő vízkormányzás valósítható meg.

Vízminőség és táplálékszervezetek

Vizsgálataink során a víz színe alapján három alapvető vízminőséget különböztettünk meg. A „sárga” szín az áradó folyó zavaros vizére, a „zöld” szín a tavakban kissé leülepedett és algásodó vízre, míg a „szürke” szín az intenzíven művelt, sűrűn népesített, magas szerves anyag tartalmú tavak vizére volt jellemző. Az átlátszóság a sárga víz esetén 13-14 cm, a zöld víz esetén 20-25 cm, a szürke víz esetén pedig 21-26 cm volt. A víz pH értéke szűk tartományon belül változott, és soha nem emelkedett olyan magasra, hogy a szabad ammónia koncentrációja a halak mérgezését okozta volna, illetve nem csökkent olyan mértékűre, hogy nehézfémek oldódását, toxikus gázok felszabadulását lehetővé tette volna. A különböző formákban mért, viszonylag magas lebegő anyag tartalom utalt arra, hogy a táplálóvíz a vízgyűjtőről jelentős mennyiségű hordalékot szállít a tenger felé. A víz lebegő anyagának szerves szén tartalma is magas, ami magyarázza a haltáplálék szervezetek jelentős produkcióját. A Mekong folyó minden évben, mintegy 300.000 tonna nitrogént szállít a folyó delta vidékére, ami jelentős tápanyagforrás a mezőgazdasági termelés és a halászat számára. A vizsgált integrált rendszerekben az üledék tápanyag tartalma kiegyensúlyozott volt az esős időszak kezdetéig, majd az azt követő változások, illetve ingadozások jelezték a rendszerenként eltérő különbségeket. Minden rendszerre jellemző volt azonban az üledék tápanyag tartalmának növekedése.

A tavi rendszerekben magasabb volt a fitoplankton sűrűség a rizs-hal rendszerekkel összehasonlítva. Ezekben a halastavakban az ostoros algák domináltak, ami jelzi, hogy ezek a rendszerek gazdagok voltak szerves tápanyagokban. A zooplankton szerkezet a különböző rendszerekben alkalmazott technológiától függően változott, és abban a kerekesszervek voltak megtalálhatók a legnagyobb számban. A rizs-hal integrációban a zooplankton sűrűség is alacsonyabb volt más rendszerekéhez viszonyítva. A fenékküledékben a csigák biomasszája volt a legmagasabb, míg a kagylóké és gyűrűsféregké a legkisebb.

A tavak szerves szén termelése

A tápláló vízzel és a takarmánnyal a tavakba jutó szerves szén mellett igen jelentős az algák fotoszintézis során végzett elsődleges termelése is. A naponta egy négyzetméter tőfelületen termelt szerves szén mennyisége 3,0-3,5 g volt a vizsgált tavi rendszerekben. Ez azt jelenti, hogy egy hektáron naponta 60-70 kg szerves anyag állítható elő szárazanyag tartalomra számolva, amivel mesterséges táp bevitele váltható ki, pénz és erőforrás takarítható meg. A rizs-hal integrációban a szerves széntermelés csak mintegy fele volt a tavi rendszerekének.

A tavak meszezése

A meszezés a Mekong-deltában is ismert módszer a tavak pH szabályozására, a bakteriális lebontás elősegítésére, a kórokozók elpusztítására, illetve egyes kártevők kiirtására, azonban a vizsgált 262 gazdaságból mindössze húszban jelezték a mész használatát. Az alkalmazott mennyiség 20 és 2500 kg/ha érték között változott, és átlaga mindössze 510 kg/ha volt. Ez az érték a trópusokon elérhetné a 4000 kg/ha-t is, az alacsony pH-t és ásványi anyag tartalmat, illetve a magas kilúgozódást figyelembe véve.

Népesítés

A vizsgált gazdaságok 60-70 %-a márciustól júniusig végzi a kihelyezést, mivel ekkor áll rendelkezésre ivadék, bár a farmerek szeretnék hamarabb kihelyezni, hogy az állomány egy részét le tudják halászni az árvizek előtt. Az egy négyzetméterre kihelyezett halak száma a nem integrált tavi rendszerekben 10,3 db, az integrált tavi rendszerekben 15,4 db, és a rizs-hal rendszerekben 1,8 db volt átlagosan, ami igen magas ahhoz képest, hogy a körülményeket figyelembe véve a 3 db/m²-es népesítési sűrűség lenne a kívánatos. A polikultúrában legnagyobb arányt a *Puntius gonionotus*

(26-34 %) képviselte, amelyet a ponty (19-26 %), majd a tilápia (13-21 %) követett. A Macrobrachium aránya 1-16 %, a fehér busaé 4-8 %, a harcsaféléké 1-5 % volt. Bár a polikultúra összetétele jelentősen változott rendszerenként, a mindenevő fajok dominanciája és a szűrőhalak kis részaránya a rendelkezésre álló táplálékkészlet rossz hasznosítását, alacsony növekedést eredményezett. A megmaradás általában alacsony volt mindegyik rendszerben; 2, illetve 36 % között változott, ami az ivadék minőségével és a tápanyag ellátás hiányosságaival magyarázható. A hektárra számított hozam a nem integrált tavakban átlagosan 4,7 tonna, az integrált tavakban 11,6 tonna és a rizs-hal integrációban 0,7 tonna volt, ami elsősorban a magas népesítési sűrűségnek köszönhető.

A tavak tápanyag utánpótlása

A vizsgált rendszerekben a szerves tápanyagok bevitele igen jelentéktelen volt, az évente kiadagolt mennyiség 9-82 kg/ha között változott. Mindössze egy gazdaság alkalmazott szuperfoszfátot, egy másik pedig ammónium-foszfátot. Bár a karbamid alkalmazása elég általános, annak dózisa szintén nagyon alacsony. A nitrogén műtrágyák éves mennyisége 3-30 kg/ha között változott. Nem feltétlenül a szerves műtrágyák alkalmazásának növelése kínál azonban lehetőségeket a halhozamok növelésére, hiszen ebben a régióban kiváló adottságok vannak a tavak szerves tápanyagokkal való ellátására, elsősorban az integrált rendszerek révén. A klasszikus szerves trágyázásnak, amikor az állattartó telepen keletkezett trágyát a tóhoz szállítják és ott a tóba kiadagolják, nincs hagyománya a Mekong-deltában. A vizsgált gazdaságokban az ilyen módon bevitt trágya mennyiség 12-310 kg/ha érték között változott, amelynek nincs különösebb hatása a halastó termőképességére.

Tápanyag utánpótlás sertés-, illetve baromfi tartással való integráció révén

Szinte minden vizsgált farmgazdaságban tartanak egy-négy sertést, amelyek kb. nyolc hónap alatt érik el a 100-120 kg vágósúlyt. A szabad baromfitartásnak is nagy hagyománya van, és általában 11-40 baromfit tartanak háztartásonként. Sok gazdaságban nevelnek kacsát is, amelyek azonban elsősorban a rizsföldeken elhullott rizsszemeket és egyéb tápanyagokat hasznosítják. A sertést rendszerint a tavak közvetlen közelében épített ólakban tartják, ahonnan rendszeresen bemossák a trágyát a tóba. A vizsgált gazdaságokban az egy hektár halastó felületre számított sertések száma kb. 200, azonban az értékek igen nagy szórást mutatnak. Ez a szám magasnak tűnhet

kizárólag halastavi hasznosítás esetén, azonban a sertéstrágya a családi gazdaságokban termesztett haszonnövények tápanyag ellátását is szolgálja.

4.4.2.3. Félüzemi kísérletek eredményei

A helyzetfelmérés tapasztalatai és az adatok elemzését követően a helyi szaktanácsadási szolgálat szakembereinek segítségével 25 olyan gazdaságot választottunk ki, amelyek új technológiai elemek alkalmazásával bizonyítani, demonstrálni hivatottak az integrált haltermelési technológiák fejlesztésének lehetőségeit (PHUONG et al, 1999). A kiválasztás az alábbi szempontok figyelembevételével történt:

- a gazdaság erőforrásai (föld, tó, munkaerő, tőke, stb.);
- készség a projekttel való együttműködésre, illetve más farmerekkel a tapasztalatok megosztására;
- hajlandóság továbbképzésben való részvételre;
- jövedelemszint.

A Vietnamban elfogadott nomenklátúra szerint a szegény farmerek jövedelme 6,4-10 USD/hó, a közepes jövedelműeké 10-17,1 USD/hó, a jómódúaké 17,1-24,3 USD/hó. Ezt figyelembe véve a kiválasztott 25 gazdaság 36 %-a a szegény, 44 %-a a közepes jövedelmű, és 20 %-a a jómódú kategóriába esett. A félüzemi kísérletek nem egy, illetve néhány kiválasztott technológia alkalmazásának kipróbálását jelentették, hiszen az integrációs formák igen nagy változatosságot mutattak, hanem olyan kismértékű módosításoknak, kiegészítéseknek a hatását, amelyek az addig alkalmazott technológiába beépültek. Így a 25 félüzemi kísérlet tulajdonképpen 25 olyan technológiai változatot jelentett, ahol a gazdaság adottságai és a felmérés tapasztalatai szerint módosítottuk a tölőkészítés módját, a meszezés módszerét, a népesítési szerkezetet, a népesítési sűrűséget, a takarmányozási technológiát, és a vízkormányzást. Segítséget kaptak a farmerek ugyanakkor a gazdálkodás jellemző adatainak felvételezésében, nyilvántartások elkészítésében, egyszerű gazdasági elemzések elvégzésében, illetve a piaci kapcsolatok megszervezésében. Bár az integrációs formák száma gyakorlatilag végtelen, praktikus okok miatt három jellemző alaptípust választottunk ki, amelyek fő jellemzői az alábbiak voltak:

- **Rizs-hal integráció**, amely hat farmot érintett és az összes kísérleti terület 42.300 m² volt. Az egyes gazdaságok mérete 3000-13.000 m² között változott. A rizsföldeken olyan polikultúrát alkalmaztak, amelynek halfajai a következők voltak: *Puntius gonionotus*; ponty; tilápia; *Trichogaster pectoralis*; *Notopterus notopterus*; és *Anabas testudineus*. A népesítési sűrűség 2-3 halivadék volt négyzetméterenként.
- **Halnevelés-sertéstartás integrációja**. E kísérletsorozat 13 gazdaságot érintett, a kísérletek összesen 10.460 m²-en folytak. A gazdaságok mérete 250-2.200 m² között változott. Az alkalmazott polikultúra halfajai az alábbiak voltak: *Pangasius*; tilápia; ponty; csókos gurami; óriás gurami; hibrid harcra (*C. macrocephalus* x *C. gariepinus*); fehér busa. Egy négyzetméterre 3-5 db ivadékot helyeztek ki.
- **Halivadék nevelő rendszer**. A hat kísérleti gazdaságban összesen 9.400 m² területen folytak a kísérletek. Az egyes farmok mérete 300-1000 m² között változott. A kísérletek során előnevelt ivadék előállítására volt a cél. A következő halfajok előnevelésére került sor: ponty; Indiai pontyok; *Trichogaster pectoralis*; csókos gurami; és hibrid harcra (*C. macrocephalus* x *C. gariepinus*).

A felmérések azt is világosan kimutatták, hogy az integrált haltermelési rendszerek fejlesztésének nemcsak a farmerek tudásának, illetve hajlandóságának a hiánya az oka, hanem a tőkehiány is. A törekvő gazdálkodók sem képesek fejleszteni technológiájukat, ha nem képesek meszet és egyéb anyagokat vásárolni, nincs pénzük a tó állapotának javítására. Bár a hitelellátás intézményrendszere fejlődik Vietnámban, amint azt az előző fejezetben röviden ismertettem, a szegény és közepes jövedelmű farmerek számára a hitelfelvétel egyelőre idegen. Fentieket figyelembe véve a WES Projekt korlátozott lehetőségein belül egy olyan hitelkonstrukciót is mellérendeltünk a technológiai szaktanácsadásnak, amely kamatmentes hitelt adott a termelési költségek egy részének fedezetére. A hitelfeltételeket a tartomány mezőgazdasági osztályának illetékeseivel, illetve a szaktanácsadási szolgálat szakembereivel történt egyeztetés alapján dolgoztuk ki. A Projekt és a farmer között létrejött szerződés értelmében, a kísérletet vállaló farmer a kalkulált termelési költségek maximum 80 %-ára kapott

kamatmentes hitelt, 10 hónapos időtartamra, amit csak meghatározott célokra fordíthatott. A 25 gazdaság, amely a félüzemi kísérleteket végezte, összesen 60 millió VND (kb. 5000 USD) kamatmentes hitelt kapott a kísérleti termelés költségeinek fedezetére, ami gazdaságonként kb. 200 USD-t jelentett. A félüzemi kísérlet ideje alatt a szaktanácsadási szolgálat, valamint a Cantho egyetem szakemberei folyamatosan látogatták a kísérleti gazdaságokat és segítették a munkát. A farmerek igen lelkesen vettek részt a munkában és pontosan követték a meghatározott technológiát. A kísérletek lezárásával, a lehalászást, illetve a hal értékesítését követően mindegyik farmer maradéktalanul visszafizette a hitelt, sőt 10 farmer olyan tartalékot is tudott képezni, hogy nem igényelte az újabb termelési ciklusra is rendelkezésre álló hitelt. A továbbfejlesztett termelési technológiák beváltották a reményeket és minden gazdaságban jelentősen nőtt a hozam, illetve a gazdálkodás jövedelmezősége, továbbá a termék minősége is. Az összesített hozam adatokat a 14. sz. táblázat mutatja.

14. táblázat: A félüzemi kísérletekbe vont gazdaságoknak a korábbi és a továbbfejlesztett technológiával elért hozamadatai

Integrált rendszer típusa	A gazdaság hozama a korábbi technológiával 1996-1997 kg/ha/ciklus	A gazdaság hozama a továbbfejlesztett technológiával 1997-1998 kg/ha/ciklus	Átlagos hozam növekmény
Rizs-hal integráció	429 (min. 90,2, max. 889)	801 (min. 350; max. 1445)	87 %
Sertés-hal integráció	3859 (min. 1400, max. 12.755)	7592 (min. 5856, max. 22.577)	97 %

A hozamnövekedés jelentős eltérést mutatott a különböző jövedelmi szintű csoportok között. Legnagyobb hozamnövekedést a szegény farmerek csoportja ért el, míg a jómódú és a közepes jövedelmezőségű farmerek esetén a hozamnövekedés a szegényekének csak mintegy 70, illetve 54 %-a volt.

Az ivadéknevelési kísérletek hozamai nem emelkedtek lényegesen a korábbi év hozamához viszonyítva, azonban a nevelési ciklus hossza 20 %-kal csökkent, nőtt a megmaradás és nem utolsó sorban jelentősen javult az ivadék minősége. Mindezek a tényezők lényegesen javították az ivadéknevelés jövedelmezőségét, és elsősorban az ivadéknevelő farmerek voltak azok, akik nem igényeltek további hitelt.

Az 1997-1998. évi tenyésztésidőszakban végzett félüzemi kísérletek eredményei alapján egy második kísérleti ciklus beindítását határoztuk el az 1998-1999. években. Ez időszakra 87 farmgazdaság végzett félüzemi kísérleteket. A Projekt azonban ezúttal csak a termelési költségek 37 %-ára adott kamatmentes hitelt, míg 63 %-ot a farmernek kellett fedezni. Az első kísérletsorozat közvetett eredménye volt, hogy a farmerek nagyobb hajlandóságot mutattak kedvezményes banki hitel felvételére, ugyanakkor a bankok is készségesebbek lettek a hitelnyújtásra. Az 1998-1999. évi félüzemi kísérletek költségeinek 42 %-át a farmerek banki hitelekből fedezték.

Bár a legutóbbi fél-üzemi kísérletek eredményeiről még nem állnak rendelkezésre feldolgozott adatok, annyi bizonyos, hogy a farmerek lényegesen növelték hozamaikat a jövedelmezőség növekedése mellett, és csak egy család nem tudta visszafizetni a kölcsönt, ahol a családfő időközben elhalálozott.

4.4.2.4. Következtetések és javaslatok

- Az országos halászatfejlesztési illetve mezőgazdasági stratégia kiemelten kell, hogy foglalkozzon az integrált termelési technológiák alkalmazásával, amely fenntartható módon járul hozzá az élelmiszer ellátáshoz és a vidéki lakosság életkörülményeinek javításához.
- Különösen nagy szükség van a szaktanácsadási rendszer fejlesztésére, azon belül is a farmerek továbbképzésére. A szaktanácsadási programba elsősorban azokat a szegény, de törekvő farmereket kell bevonni, akik azután közvetítői lehetnek az új ismereteknek a farmerek közötti hagyományos információ-áramlás révén. A szaktanácsadási programban kiemelt szerepet kell, hogy kapjon a farmerek továbbképzése.

- A fél-üzemi kísérletek folytatása, mint a szaktanácsadás egyik leghatékonyabb formája feltétlenül kívánatos, amihez részben állami, illetve donor támogatás nyújthat szervezeti és pénzügyi kereteket.
- Szorgalmazni kell farmerszövetségek, illetve szövetkezetek létrehozását, és segíteni kell a meglévők munkáját. A farmerszövetségek fontos szerepet játszhatnak az információ közvetítésében, de gazdasági érdekeltségű szervezetek létrehozását is elősegíthetik. Értékesítési szövetkezetek például jelentősen csökkenthetnék a farmerek piaci kiszolgáltatottságát.
- Javítani kell a farmerek hitelhez jutásának lehetőségét, speciális mezőgazdasági hitelkonstrukciók létrehozásával. A bankoknak különböző akvakultúra fejlesztési programokban való részvételét szorgalmazni kell. Ezzel egyidejűleg a farmerek továbbképzésére van szükség a pénzügyi menedzsment területén. Ilyen programok elvégzését igazoló tanúsítvány preferenciát jelenthetne hitelek felvételénél.
- Elő kell segíteni, hogy a nők aktívan vehessenek részt a családi gazdaságokban működő integrált haltermelési rendszerek menedzsmentjében. Speciális továbbképzési programokat kell szervezni a farmokon dolgozó nők számára, és speciális hitel konstrukciót kell létrehozni nők által menedzselt vállalkozások finanszírozására.
- Tovább kell folytatni az integrált haltermelési rendszerek fejlesztését megalapozó kutatásokat, különös tekintettel az alábbiakra:
 - a legkedvezőbb vízcseré mértékének meghatározása különböző rendszerekben;
 - a népesítési szerkezet és népesítési sűrűség optimalizálása elsősorban a rizs-hal, másodsorban egyéb integrált rendszerekben;
 - a tápanyag utánpótlás optimalizálása különös tekintettel a farmon keletkező hulladékok alkalmazására;
 - a helyileg rendelkezésre álló takarmány alapanyagok tápértékét növelő eljárások kidolgozása;

- a vízi tápláléklánc és anyagforgalom tanulmányozása a szerves anyagok feldolgozása és hasznosítása hatékonyságának növelése érdekében;
- az állattartó telepek és települések szennyvizének tavi feldolgozása higiéniai aspektusainak tanulmányozása;
- családi farmgazdaságokban gazdaságosan előállítható őshonos halak piaci lehetőségeinek tanulmányozása;
- a nőknek az akvakultúra fejlesztésben betöltött szerepének tanulmányozása;
- a technológia transzfer módszereinek tanulmányozása,
- az akvakultúrának a vidéki lakosság életkörülményeire, a fenntarthatóságra és az élelmiszer ellátás biztonságára gyakorolt hatásának vizsgálata.

4.4.3. Halkeltetők fejlesztése Vietnamban

A vietnami akvakultúra fejlesztés egyik kulcskérdése a megfelelő mennyiségű és minőségű ivadék előállítása a piac által igényelt halfajokból. Amint az előzőekben is látható volt, az akvakultúra fejlesztését sok esetben éppen az ivadékhiány okozza. A piacra történő termelés szervezottséget és programozottságot igényel, ami a halivadék ellátásra is vonatkozik, még akkor is, ha a halszaporítás erősen évszakfüggő. Bár az évszaktól független szaporítás csak egyes fajoknál végezhető el biztonságosan, a szabályozott környezeti feltételek mellett, a klimatikus viszonyok adta keretek között szabályozottan történő mesterséges halszaporítás, illetve egyöntetű, egészséges és jó minőségű ivadék előállítása csak korszerű keltetőházakban képzelhető el. Vietnamban jól ismertek a halszaporításban elért magyarországi eredmények (WOYNAROVICH, 1975; BAKOS, 1976; HORVÁTH et al., 1984, 1985) és azokat adottságaiktól függően alkalmazzák is, azonban a Vietnamban általánosan elterjedt kínai típusú körmedencés halkeltető házak ma már egyre korlátozottabban felelnek meg a korszerű halszaporítás követelményeinek. Bár ezek a keltetők kiválóan alkalmasak kínai növényevő halak nagy tömegben, minimális felügyelettel történő szaporítására, jelentős hátrányokkal rendelkeznek az alábbiak szerint:

- a szaporítási folyamat egészére, illetve az egyes anyahalakra jellemző paramétereket (érés százaléka, ikratermelés, megtermékenyülés, kelési százalék) nem lehet pontosan megállapítani;
- nem megoldható az ikra higiénikus kezelése;
- a nem azonos érettségi stádiumban lévő ikratömeg egy rendszerben történő kezelésének következtében nagy a kelési veszteség;
- az ikra inkubációja során nem lehet gomba-, illetve parazita fertőzés ellen hatékony kezelést alkalmazni;
- a módszer kínai növényevő halakon kívül csak korlátozottan, illetve nem alkalmazható más halfajok hatékony szaporítására;
- nincs lehetőség kisebb haltételek, elkülönített csoportok szaporítására, illetve tudományos kísérletek végzésére.

1985 és 1999 között több alkalommal vettem részt olyan vietnami halászatfejlesztési projektek végrehajtásában, amelyek keretében új halkeltető házak létesítésének, illetve meglévők korszerűsítésének tervezését és kivitelezését irányíthattam. E munka keretében három olyan keltetőház létesült Ha Bac-ban, Cantho-ban és Caibe-ben, amelyekben korszerű vízellátó rendszer, valamint Zuger edények biztosítják a minőségi ivadék ellátását, illetve a kutatómunka feltételeit. A keltetők fejlesztésével kapcsolatos főbb megállapításaimat az alábbiakban foglalom össze.

A vietnami halkeltetés-fejlesztés alapvető problémája a tradíciókhoz való ragaszkodás, vagyis a fentebb felsorolt hátrányokkal rendelkező kínai típusú halkeltetők egyeduralma. Újabban azonban a növényevő halak egyre inkább kiszorulnak a termelésből, és egyre nagyobb az igény más, nem tradicionális halfajok szaporítására. A mintegy negyven éve alkalmazott kínai módszer azonban erősen bevéődött a szakmai gondolkodásmódba, és még az újításra kész magán farmerek is körmedencét építenek harcsafélék szaporítására, amely kisebb átmérőjű a hagyományosnál, magassága egészen alacsony, de a mintát mégis a kínai keltetőmedence adta. A hagyományos kínai keltetőmedencéket nagyon sok helyen nem eredeti funkciójuknak megfelelően, hanem csak mint egyszerű betonmedencét használják, és lótuusz gyökérre, vagy fakeretre feszített szúnyoghálóra tapasztva keltetik benne a pontyikrát, erős levegőztetés mellett.

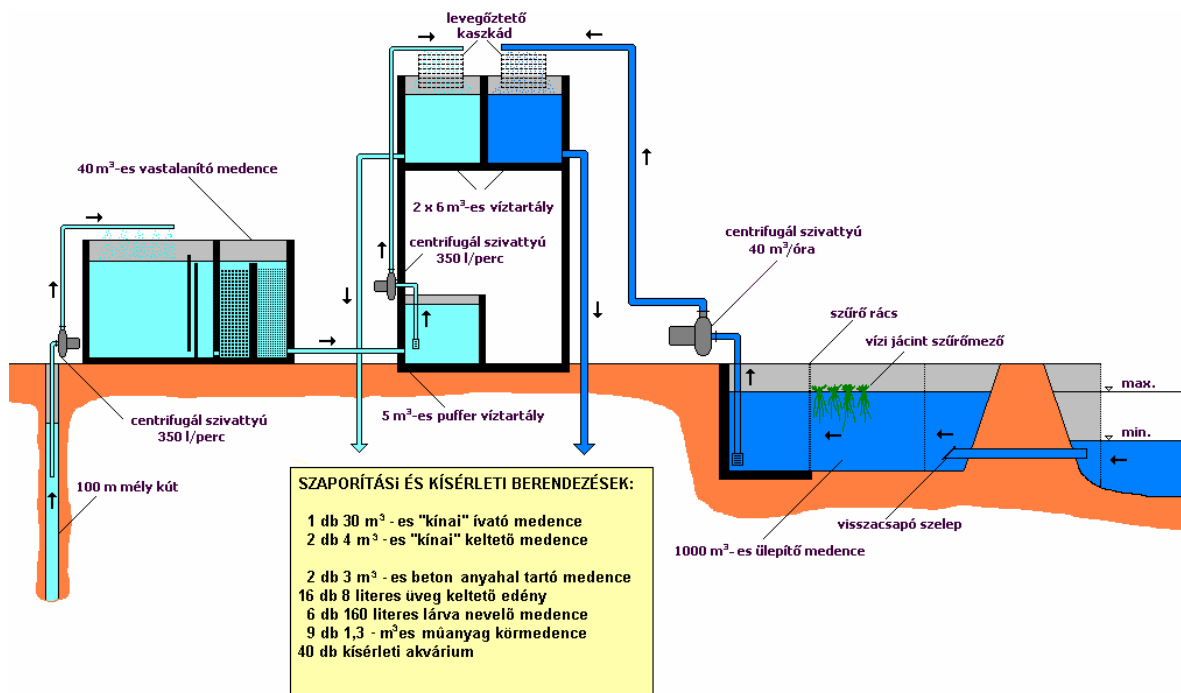
A kínai keltetők használata nemcsak abban a tekintetben korlátozott, hogy maguk a körmedencék nem alkalmasak növényevőn kívül más halfaj hatékony szaporítására, hanem amiatt is, hogy a kínai halkeltetőkben nem alkalmaznak hatékony vízsűrűst. Ennek az lehet az oka, hogy egyrészt a kínai típusú keltetőknek nagy a vízigénye, illetve, hogy ezekben a keltetőkben alapvetően a folyóvízi körülményeket szimulálták és csak a legdurvább szennyeződések kiszűrése volt a cél. A kínai keltetők általános használata Vietnamban azt eredményezte, hogy a víz szűrésének fontossága nem tudatosodott a halkeltetéssel foglalkozó szakemberekben.

A Vietnamban végzett fejlesztő munka során tehát nem is elsősorban a műszaki problémák megoldása jelentette a fő nehézséget, hanem az új elfogadtatása, ami a víz kezelésének fontosságát, illetve keltető edények alkalmazhatóságát illeti. A zuger keltető előnyeit igazolandó, összehasonlító modell-számítást végeztem kínai típusú keltető és zuger keltető vízfelhasználására vonatkozóan. Abból a feltételezésből indultam ki, hogy egy ciklusban, 4 millió fehér busa lárva előállításához a kínai típusú keltetőben egy 40 m³-es ívató medence és egy 3 m³-es keltető medence, míg a zuger keltetőben 6 db 4 m³-es anyahal-tartó kád és 4 db 200 literes keltető edény szükséges. Ezt figyelembe véve a kínai típusú keltető vízigénye kb. 35 m³/óra, míg a zuger keltetőé mindössze 13 m³/óra. A számítás természetesen egyszerűsített, de a berendezések többcélú és rugalmasabb felhasználhatósága a zuger keltetőben még inkább annak előnyeit hangsúlyozza. Végeztem összehasonlító vizsgálatot a két, eltérő típusú keltető terület igényére vonatkozóan is, és azt állapítottam meg, hogy a zuger halkeltető területigénye kb. 40 %-kal kisebb, mint a kínai típusúé. Összehasonlító vizsgálataimat később gyakorlati mérésekkel is alátámasztottam, és megállapításaimról előadásokat is tartottam. Ennek ellenére nagyon lassú az a folyamat, amely során a kínai típusú halkeltetők dominanciája megszűnik.

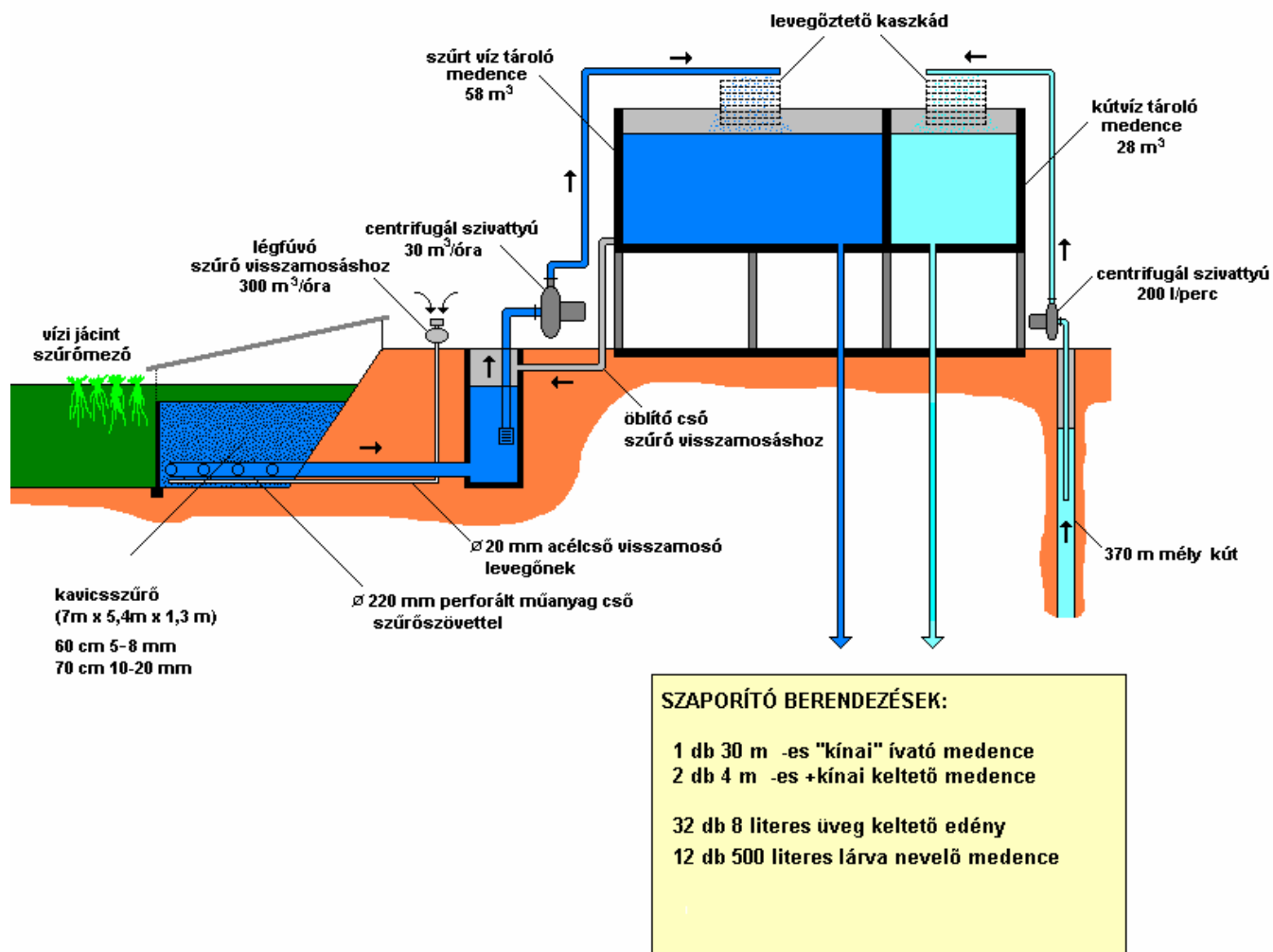
Pozitív példa azonban Cantho-ban, a korábban kínai típusú keltetők iránt elkötelezett személyzet, amelyik ma már csak Zuger üvegben szaporítja a pontyot és a *Pangasiust*. A Zuger edény elfogadásának egyik előzménye az volt, hogy a magas vastartalmú vízből a vaspelyhek kiülepedtek a kínai keltető-medencébe helyezett kereteken lévő pontyikrára, azok fulladását okozva, míg a Zuger edényben nem okozott kárt a vasas víz, és jó eredménnyel kelt az ikra. A Caibe kísérleti gazdaságban épített egyszerű kavicsszűrő berendezés olyan vízminőséget biztosít, amelyet régen szerettek volna a

helyi szakemberek. Gyakorlati és gazdaságossági okok miatt azonban a szűrési teljesítményt korlátozni kell, vagyis kevesebb, de jobb minőségű vízzel kell keltetni. Úgy tűnik, hogy a helyi szakemberek ezt egyre inkább megértik, és a „kevesebb, de jobb víz” elv alkalmazása a kínai keltetők mindenáron való használatától való távolodást eredményezi.

A 17. és 18. ábrákon a vietnami fejlesztő munkám során kialakított halkeltető házak felépítésének vázlatát mutatom be. Bár a műszaki megoldások egyszerűnek tűnhetnek, azok gyakorlati alkalmazásának bevezetése jelentős erőfeszítéseket igényelt, tekintettel a körülményekre és a hagyományokra.



17. ábra: A Cantho Egyetem fél-üzemi halkeltetőjének vázlata



18. ábra: A Mekong Delta Akvakultúra Fejlesztő Központ fél-üzemi keltetőjének vázlata

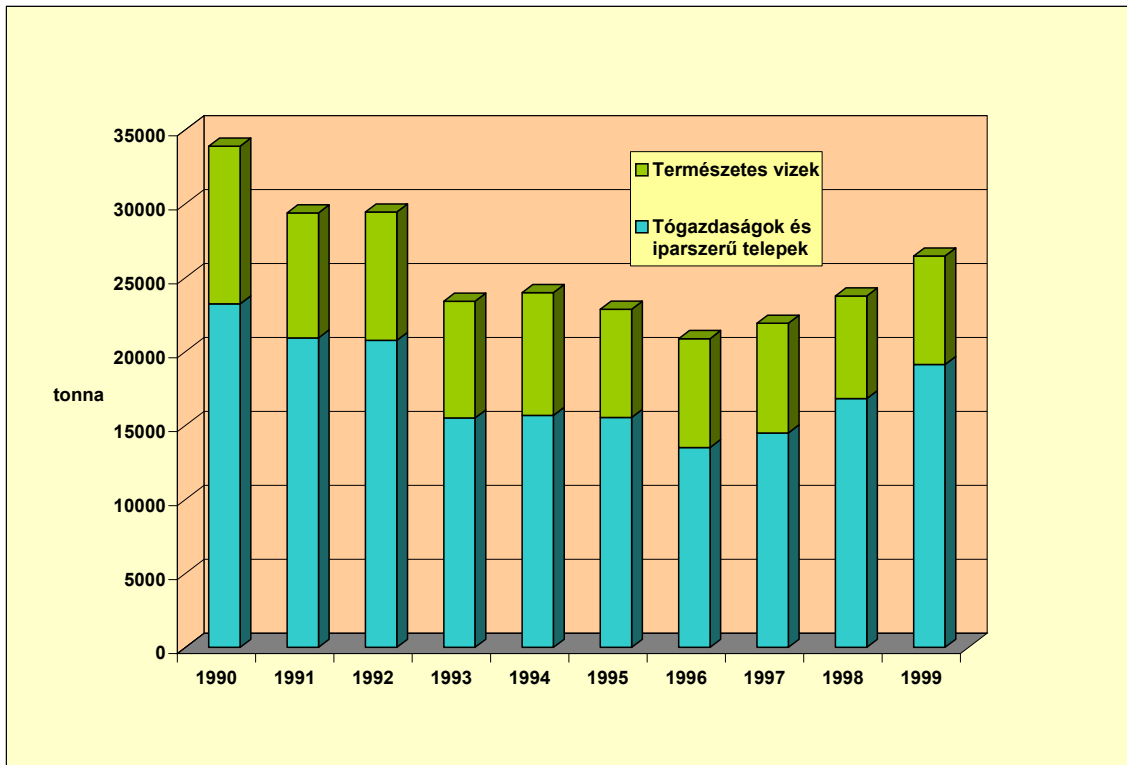
4.5. Az integrált erőforrás gazdálkodás alapjai és lehetőségei hazánkban, a fenntartható halászat fejlesztése során

A fenntarthatóság egyik alapvető kritériuma a természeti erőforrások kíméletes hasznosítása, a természeti környezet minőségének megőrzése és javítása. A halászat egyik legfontosabb természeti erőforrásunknak a víznek közvetlen hasznosítója, így a halászatfejlesztés során kiemelten kell foglalkozni a vízi erőforrások kíméletes hasznosításával, illetve a vízi környezet védelmével. Különösen fontos ez a belvízi halászat, illetve akvakultúra esetén, mivel az édesvizek véges és veszélyeztetett erőforrásaink. Az édesvízi halászat fejlesztése során világviszonylatban három tényező az, amivel alapvetően számolni kell a következők szerint: a vízi erőforrások és a vízi környezet degradációja; az erőforrásokért folytatott erősödő verseny; a halászat fontosságának nem kellő elismerése a gazdaságpolitikában, a társadalomban.

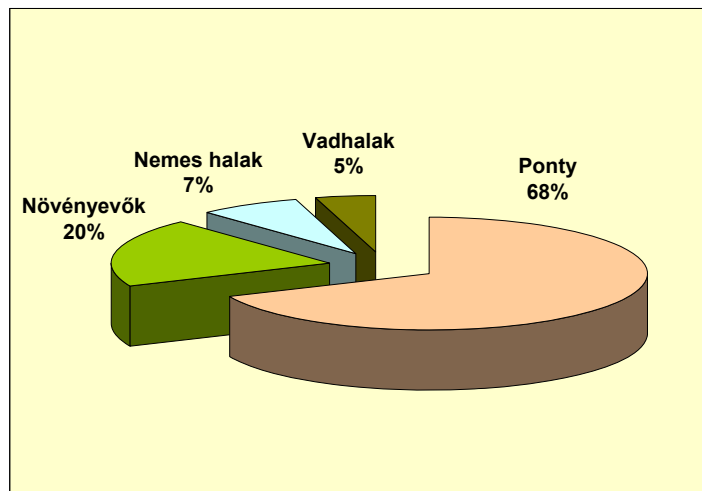
4.5.1. Vízi erőforrások és azok hasznosítása hazánkban

A hazai halászat összes termelése az állattenyésztés bruttó termelési értékének mintegy 2,5 %-át teszi ki (8,5-9 milliárd forint). A halászati ágazat a nemzetgazdaság export bevételeihez kb. 6-7 millió USD dollárral járul hozzá. A halászati ágazat jelentősége azonban túlmutat annak termelési volumenén, hiszen a halnak, mint egészséges élelmiszernek kitüntetett szerepe van a lakosság táplálkozásában, jelentős ugyanakkor a halastavak élőhely teremtő funkciója, a táj víz- és környezet gazdálkodásában érvényesülő pozitív hatása, illetve vízhez kötődő szabadidős tevékenységek feltételeihez való hozzájárulása. A hazai halászati termelés volumene és faji megoszlása a 19. és 20. ábrán látható. Hazánkban a halászat számára rendelkezésre álló vízi erőforrás a mintegy 143.000 hektár természetes vízterületet és a kb. 25.000 hektár épített halastóterület. A felszín alatti vízkészlettel (6,75 km³/év) a halászati potenciál vizsgálatakor nem szoktak számolni, bár ha arányaiban kicsi, de növekvő mértékű használatlall kell számolni a jövőben az iparszerű haltermelő rendszerek szerepének növekedésével. A vízterületek nagyságát és az évi átlagos kb. 800 mm-es csapadék mennyiséget tekintve az mondható, hogy az ország földrajzi fekvése által meghatározott éghajlathoz viszonyítva kedvezőek a halászat adottságai. Van azonban néhány tényező, amelyet vízi erőforrásokkal történő feszítettebb gazdálkodás miatt, egyre inkább figyelembe kell venni.

19. ábra: Összes haltermelés Magyarországon 1990-1999



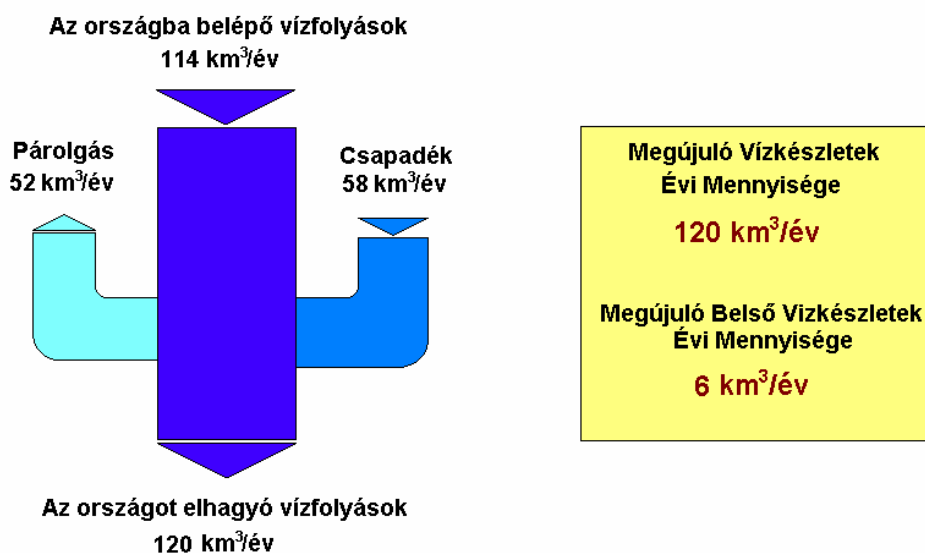
20 ábra: A hazai haltermelés faji megoszlása 1999-ben



A felszíni vízforgalom szempontjából hazánk világviszonylatban is sajátos helyzetben van. Felszíni vízfolyásainak 97 %-a az országhatárokon kívülről származik, és e tekintetben csak Türkmenisztán és Egyiptom van előttünk. Az ország területén

átfolyó vizek mennyiségének egy főre vetített értéke viszont hazánkban a legmagasabb az egész világon. Magyarország átlagos felszíni vízforgalmát a 21. ábra szemlélteti. Ebből látható, hogy hazánkban viszonylag magas az éves megújuló vízkészletek mennyisége ($120 \text{ km}^3/\text{év}$), ami egy főre vetítve $11.476 \text{ m}^3/\text{év}$ értéket jelent. Ez jóval magasabb a vízhiányt jelző $1000 \text{ m}^3/\text{év}$ küszöb értéknél. Az országhatáron belülről származó megújuló vízkészletek mennyisége azonban igen alacsony, $6 \text{ km}^3/\text{év}$, és így a „belső” megújuló vízkészletek (Annual Internal Renewable Water Resources) egy főre vetített mennyisége ($604 \text{ m}^3/\text{év}$), már jóval a vízhiányt jelentő nemzetközileg elfogadott küszöbérték alatt van. Ezért sorolják - sok esetben - Magyarországot a vízszegény országok közé a nemzetközi statisztikák.

21. ábra: Hazánk átlagos felszíni vízforgalma



Ez a helyzet a felvízi országoknak való egyfajta kiszolgáltatottságot jelent és komoly konfliktusok forrása, amint azt a szlovákiai Duna elterelés, illetve a Tisza romániai cián- és nehézfém szennyezése is világosan jelezte. A sajátságos helyzet természetesen a halászatot is érinti, és a halászati stratégiák tervezésekor, illetve halastavak építése és üzemeltetése során e körülményeket is figyelembe kell venni. A felszíni vízellátás helyzetét nehezíti továbbá az is, hogy vízfolyás hálózatunk ritka ($0,4 \text{ km}/\text{km}^2$), és egyes folyóink vízjárása igen egyenetlen. A Tisza folyó kis- és nagy vízhozamai között mérhető, esetenként százszoros eltérés a trópusi folyókéhoz hasonló. Nyáron például a vízigények mintegy 67 %-a a Tisza-völgyben jelentkezik, ugyanakkor a nyári

időszakban a vízkészleteknek csak kb. 20 %-a áll rendelkezésre ebben a régióban. A csapadék eloszlásának kedvezőtlenége, illetve az, hogy a csapadék nagyobb része tenyészidőszakon kívül hullik le, kevésbé érinti a halászatot, mint a növénytermesztést, bár egyes kedvezőtlen hatásaitól a halászat sem mentes. A felszíni vizeink minősége nemzetközi viszonylatban is elfogadható, azonban a vízminőség tekintetében is kiszolgáltatottak vagyunk a felvízi országoknak.

A hazai vízfogyasztás éves átlaga kb. 7,6 km³, amiből a lakossági vízfogyasztás 1,1 km³, az ipari 5,7 km³ és a mezőgazdasági 0,8 km³. A mezőgazdasági vízfelhasználás kb. 62 %-a halászati vízfelhasználás (0,5 km³), ami elsősorban a halastavak vízellátását jelenti. Amikor egyre nagyobb figyelmet kap a hatékony vízfelhasználás, egyre többet kerül szóba a halastavak viszonylag alacsony vízfelhasználási hatékonysága, vagyis az egységnyi halmennyiség előállításához szükséges víz mennyisége. Ezt a tényt a különböző haltermelő rendszerek fajlagos vízfelhasználását bemutató 15. sz. táblázat is jól szemlélteti. Megjegyezzük, hogy a fajlagos vízfelhasználás a táblázatban bemutatott értékhatárokon meghaladóan széles tartományban változhat egy adott technológiától függően, de egy rendszerre vonatkoztatva tipikus értéknek tekinthető.

15. táblázat: Különböző haltermelő rendszerek jellemző fajlagos vízfelhasználása

Haltermelő rendszer típusa	Jellemző fajlagos vízfelhasználás m ³ /kg
Medencés átfolyó vizes rendszer (pl. pisztráng nevelő)	500-900
Extenzív halastó	20-30
Intenzív halastó (évenkénti feltöltéssel)	3-6
Intenzív halastó (négy évenkénti feltöltéssel)	2-4
Medencés rendszer részleges vízrecirkulációval	2-3
Tavi recirkulációs rendszer	0,8-1,5
Medencés rendszer teljes vízrecirkulációval	0,1-0,2

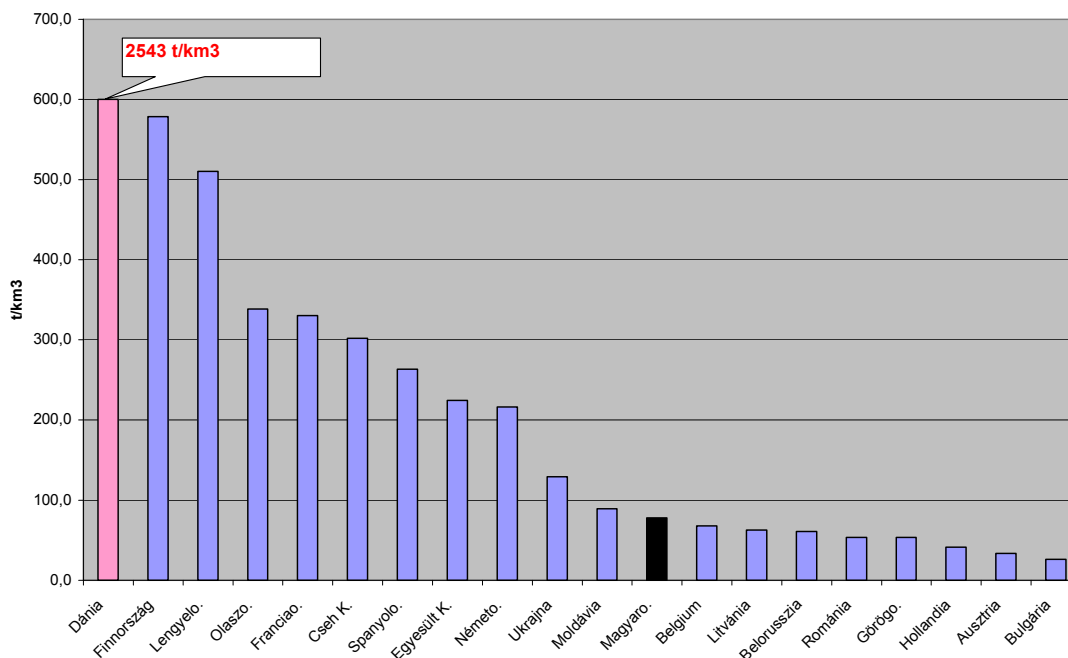
Amint az a táblázatból is látható, egy tonna hal előállítása hagyományos halastavi körülmények között mintegy 20-30.000 m³ vizet igényel, ami lényegesen meghaladja például az öntözött termények előállításához szükséges vízmennyiséget (16. táblázat). Ilyen összehasonlításokkal egyre többet találkozhatunk különböző nemzetközi fórumokon, így a legutóbbi hágai Víz Világ Fórumon is. A fajlagos vízfelhasználás

vizsgálatakor célszerű lenne azonban figyelembe venni az előállított termék értékét is, és sokkal inkább értékre, mint tömegre vetíteni a felhasznált vízmennyiséget. Ennek érdekében egy összehasonlító számítást végeztem az USA foltos harcsa (*Ictalurus punctatus*), szója- és rizstermelési adatainak figyelembevételével, amelynek eredményeit a 16. táblázat mutatja be.

16. táblázat: Különböző mezőgazdasági technológiák fajlagos vízszükséglete

Technológia	Fajlagos vízfelhasználás m ³ /kg	Fajlagos vízfelhasználás m ³ /USD
Szójatermesztés	0,61	6,94
Rizstermesztés	0,88	6,45
Foltos harcsa tavi termelése		
- Évenkénti lecsapolással	0,67	2,88
- Vízvisszatartással	0,22	0,96

Ha megvizsgáljuk az éves megújuló vízkészletek egységnyi mennyiségére vetített édesvízi akvakultúra termelés fajlagos értékét Európában, akkor azt láthatjuk, hogy hazánk a kb. 78 t/km³ értékkel jóval a 217 km³/t átlagérték alatt van (22. ábra).



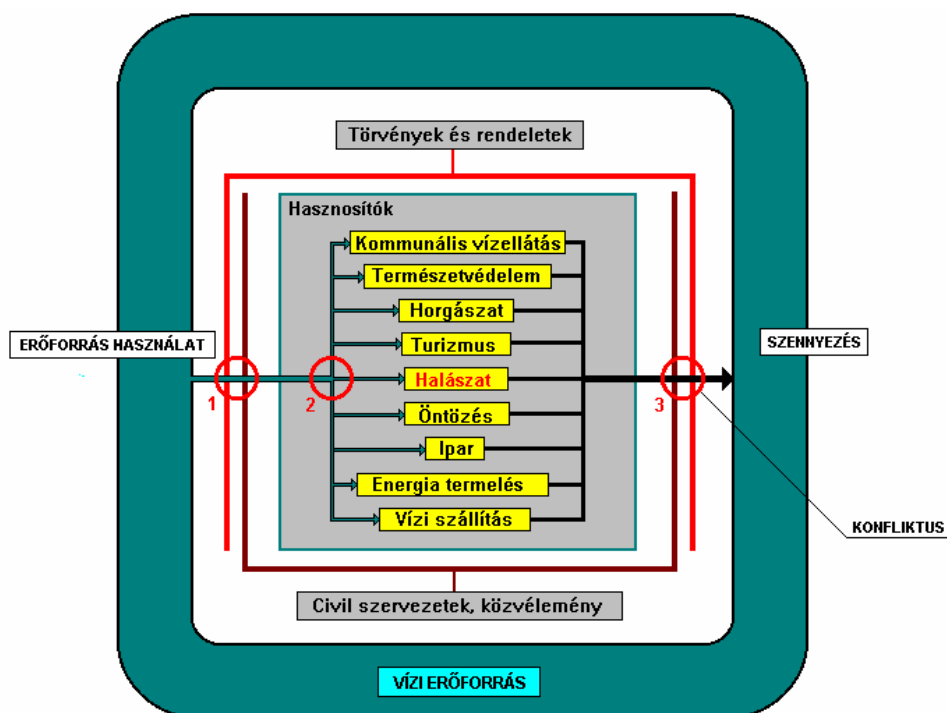
22. ábra: Az évi megújuló vízkészletek mennyiségére vetített fajlagos akvakultúra termelés néhány európai országban (tonna/km³)

A hazai fajlagos termelés akkor is alacsony, ha figyelembe vesszük a külföldről érkező vízfolyások bizonytalanságában rejlő lehetőségeket. Az mondható tehát, hogy

hazánkban a vízi erőforrásokért folytatott verseny éleződése, és a víz értékének növekedése ellenére sem a víz a termelés növekedését korlátozó tényező. Amint az a 15. táblázatból látható, és a korábbi fejezetekben leírtak is bizonyították, a technológia fejlesztés olyan jelentős tartalékokat hordoz magában, amelyek kihasználása lényegesen növelhetné a haltermelés versenyképességét. Ezt igazolja a dániai édesvízi haltermelés példája is, ahol az igen szigorú vízminőségi előírások ellenére, az európai átlagnak majdnem tízszerese az éves megújuló vízkészletek egységnyi mennyiségére vetített édesvízi haltermelés (22. ábra). Az édesvízi haltermelés (szinte kizárólag pisztráng termelés) volumene bővítésének Dániában sokkal inkább a piaci korlátok, mint a vízi erőforrások szabnak határt.

4.5.2. A vízi erőforrásokért folytatott verseny konfliktusai

A víz értékének növekedésével azonban egyre inkább csak a legnagyobb társadalmi és gazdasági hasznot adó vízhasznosítási formák lesznek versenyképesek a vízi erőforrásokért folytatott éleződő küzdelemben, amelynek jellege és kiélezettsége jelentős eltérést mutathat régióként. Ez a verseny olyan konfliktusokat eredményez, amelyeknek kezelésére a halászatnak fel kell készülni. A vízi erőforrások felhasználói, az intézményrendszer és a társadalmi környezet közötti konfliktushelyzetek lehetőségeit próbáltam szemléltetni a 23. ábrán.



23. ábra: A vízi erőforrások hasznosításának lehetséges konfliktus pontjai

A 23. ábrán megjelölt konfliktus helyzeteket az alábbiakban részletezem különös tekintettel a hazánkban meghatározó tógazdasági haltermelésre:

a/ A vízi erőforráshoz jutás konfliktusa

A vízi erőforrásokhoz jutást, illetve a használat feltételeit törvények és rendeletek szabályozzák, de a legitim használat során nem hagyhatók figyelmen kívül az adott vízi erőforrás hasznosításában érintett összes fél érdekei sem. Hazánkban a halászat nincs hátrányos helyzetben a vízkészletekhez jutást illetően más hasznosítókkal szemben, sőt a vízkészlet hasznosítási járulék számítási módszere preferálja a halászati hasznosítást, legalábbis a felszíni vizek esetén. A víz árát ma már a piaci viszonyok határozzák meg, ami sok esetben konfliktus a szolgáltató és a felhasználó között, de a halászat itt is egyenrangú vízhasznosító. (Megjegyezzük, hogy ez nincs mindenütt így Európában.) A halászatnak, illetőleg a tavi halgazdálkodásnak a társadalmi megítélése is jónak mondható, annak ellenére, hogy alacsony a magyarországi halfogyasztás.

b/ A vízfelhasználók közötti konfliktus a vízi erőforrások használatát illetően

A halastavi halgazdálkodás és más vízi erőforrás hasznosítók közötti konfliktus között kiemelkedik a természetvédelemmel való konfliktus, aminek kezelésére voltak próbálkozások, de a helyzetre egyelőre a halászat kiszolgáltatottsága jellemző. Hosszabb távon várható, hogy a természetvédelmi szempontok erősödnek, ezzel együtt azonban a halászat, mint szolgáltató, speciális szerepet kaphat a természeti értékek fenntartásában és védelmében. A tógazdasági haltermelés más vízfelhasználókkal való konfliktusa egyelőre nem jelentős. A vízi erőforrások használatában való együttműködés, vagyis az integrált vízi erőforrás gazdálkodás azonban egyre fontosabb lesz a jövőben.

c/ A vízfelhasználók közötti konfliktus a víz szennyezését illetően

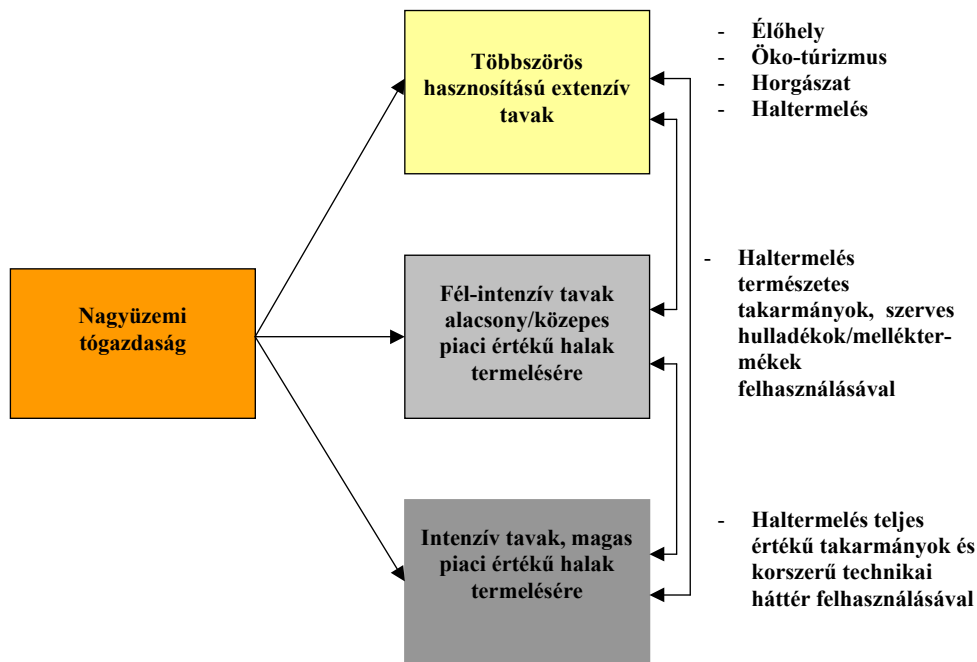
A 23. ábrán bemutatott „vízi erőforrás kör” minőségére az egyes hasznosítók jelentős hatással lehetnek, vagyis egyik hasznosító vízminőség rontó tevékenysége kedvezőtlenül hat más hasznosítók tevékenységére.

Hazánkban a befogadókba vezethető víz minőségét, a terület védettségi besorolásától függően (6 ilyen zóna van), rendelet szabályozza és annak betartását egyre szigorúbban ellenőrzik. A befogadók vízminőségének, illetve általában véve a vízi erőforrások védelmére irányuló törekvések ellenére, a tógazdaságokat egyes régiókban, időnként sújtja az elsősorban ipari üzemek által kibocsátott szennyeződésnek a tápcsatornákba kerülése. A jól menedzselt halastó elfolyó vize nem jelent veszélyt a befogadókra és megfelel az előírásoknak, az iparszerű telepek elfolyó vizének kezelésére alapvető szükség lesz a jövőben. A halastavaknak, a vízi erőforrások védelme érdekében, kitüntetett szerepe lehet különböző tevékenységek során keletkező szerves hulladékok visszatartásával, illetve hasznosításával. A halastavaknak e szerepe az integrált vízi erőforrás hasznosításban különös fontosságú lehet.

4.5.3. A haltermelés integrációjának lehetőségei

A fentebb vázolt konfliktusok kezelésének két alapvető lehetősége az erőforrások megosztása, illetve azok közös használata, vagyis az integráció. Ez utóbbi az a kívánatos megoldás, ami jobban megfelel a fenntarthatóság, a természeti környezettel való összhang megteremtése kritériumainak. Amint azt az előzőekben tárgyaltak érzékeltették, a tavi haltermelés, illetőleg a tógazdálkodás egyáltalán nem a konfliktusok okozója, viszont sokkal inkább a konfliktusok kezelésének egyik eszköze lehet. A halastavi haltermelés nem egy homogén mezőgazdasági termelési technológia, hanem egy nagy változatosságot mutató, egy adott térség természeti környezetével szoros kapcsolatban álló, olyan sajátos tevékenység, amelyik igen értékes komponense lehet az egyre szükségesebb integrált vízi erőforrás gazdálkodásnak. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy a tógazdasági haltermelésben nem kell, hogy meghatározó maradjon az élelmiszertermelő jelleg, de azt jelenti, hogy a jelenleg még mindig meglehetősen homogén szerkezetű, és hagyományos technológiákat alkalmazó tógazdasági szektor diverzifikálódni fog. A diverzifikáció főbb irányait a 24. ábra mutatja be.

24. ábra: A tógazdasági haltermelés diverzifikációjának főbb irányai



A diverzifikáció, illetve a halastavi gazdálkodás sokszínűségének, változékonyságának növekedése azt a rugalmasságot is magával hozza, ami a tógazdálkodás más tevékenységekkel való célszerű integrálását is elősegíti. Az integráció egyes lehetőségeit már vázoltuk az előzőekben, azok összefoglalóan a 17. táblázatban láthatók.

Az egyre szükségesebb integrált vízi erőforrás hasznosítás feltételeinek megteremtése természetesen nemcsak a tógazdasági haltermelési szektor diverzitásának növelését, de a hazai halászat termelő alapjai technikai színvonalának növelését is feltételezi.

Az integrált erőforrás hasznosítás fejlesztése nemcsak műszaki és technológiai kérdés, de feltételezi azt is, hogy a halászat a szektort megillető mértékben részt vegyen az erőforrások tervezésével, illetve azok használatát szabályozó törvények és rendeletek előkészítésével kapcsolatos tevékenységekben. Ez a részvétel - a halászati szektorra nemcsak Magyarországon jellemző szétaprózottságot, kis üzemi méretet és termelési színvonalat figyelembe véve - csak összehangoltan és szervezeten képzelhető el.

17. táblázat: Az akvakultúra és egyéb tevékenységek integrálásának lehetőségei

Ivóvíz ellátás/ kommunális szennyvíz kezelés	<ul style="list-style-type: none"> - Halnevelés ivóvíz tározókban - Ivóvíz tározók növényzetének halas karbantartása - Kommunális szennyvizek halastavi utókezelése
Mezőgazdasági termelés	<ul style="list-style-type: none"> - Állattartás során keletkező szerves trágya halastavi hasznosítása - Növényi eredetű melléktermékek és hulladékok halastavi hasznosítása - Vízi baromfi tenyésztése halastavakon - Fűz, nád, gyékény előállítás halastavakon
Öntözés, víztározás	<ul style="list-style-type: none"> - Halastavak és iparszerű halnevelő telepek elfolyó vizének növény kultúrában való kiöntözése - Halnevelés víztározókban és öntöző csatornában - Víztározók és öntöző csatornák növényzetének halas karbantartása
Ipari termelés/feldolgozás	<ul style="list-style-type: none"> - Erőművek és más ipari üzemek hulladék meleg vizének halas hasznosítása - Feldolgozó ipari melléktermékek és hulladékok hasznosítása trágyaként vagy haltakarmányként
Vízi közlekedés	<ul style="list-style-type: none"> - Kisebb vízi utak, hajózó csatornák növényzetének halas karbantartása
Turizmus	<ul style="list-style-type: none"> - Rekreatív célokat szolgáló vízterületek halas hasznosítása és karbantartása - Akváriumok és dísztavak üzemeltetése - Vadásztatás vízi vadakra - Öko-turizmus, madármegfigyelés és egyéb vízparti szabadidős programok feltételeinek biztosítása - Halászat, vízhez kötődő mesterségek, hagyományok bemutatása - Látvány halászatok szervezése (agroturizmus)
Rekreációs halászat	<ul style="list-style-type: none"> - Rekreatív vízterületek hal népesítő anyagának előállítása - Horgászvizek népesítési, kezelési, élőhely javítási programjainak kidolgozása, a programok végrehajtásában való részvétel - Halastavi horgásztatás
Kereskedelmi halászat	<ul style="list-style-type: none"> - Kereskedelmi halászat szempontjából fontos vízterületek hal népesítő anyagának előállítása - Halászati vízterületek népesítési, kezelési, élőhely javítási programjainak kidolgozása, a programok végrehajtásában való részvétel
Természetvédelem	<ul style="list-style-type: none"> - Élőhely fenntartás vízben és vízparton élő növény- és állatfajok számára - Halgazdálkodás természetvédelmi területen - Védett és veszélyeztetett halfajok in-situ és ex-situ génbankjának fenntartása, a fajok mesterséges szaporítása és visszatelepítése

5. Új eredmények, következtetések és javaslatok

5.1. Az új eredmények rövid összefoglalása

- Megállapítottam, hogy a hal-kacsa integráció adta előnyöket magasabb intenzitási szinten is ki lehet használni, elsősorban a halas és a kacsás komponensek szétválasztásával, illetve a közöttük lévő kapcsolatok (elsősorban tápanyag-áramlás) szabályozhatóvá tételével.
- A fenti elv alkalmazásával kifejlesztettünk egy nagyüzemi integrált hal-kacsa nevelő rendszert. A rendszer gazdaságossági elemzése alapján megállapítottam, hogy a többlet költségek arányosak azzal a „haszonnal”, amit a rendszer hatékonyabb működése és a környezet kímélete jelent.
- Olyan víztakarékos és környezetbarát tavi haltermelő rendszer modelljét dolgoztam ki, amelynek működése az intenzív- és extenzív haltermelési komponensek közötti víz és tápanyag recirkuláción alapul.
- Megállapítottam, hogy a vízforgatás, illetve az extenzív tóban történő vízkezelés eredményeképpen, az intenzív tavak termelésének az eddig elért intenzitási szintig nem gátja a visszaforgatott víz minősége.
- A 2000. évi előzetes eredményeket figyelembe véve elvégeztem a rendszer ökonómiai elemzését és megállapítottam, hogy a tavi recirkulációs rendszer üzemi körülmények között gazdaságosan működtethető.
- Team munka keretében iparszerű haltermelő rendszerek méretezésére kidolgoztunk egy olyan módszert, amellyel jól számolhatók az adott termelési cél eléréséhez szükséges technológiai és technikai paraméterek.
- A zeolitok ammónia eltávolítására, a biofilterek működésére, a halnevelő rendszerek oxigénháztartására és annak szabályozására, illetve a mamutszivattyúk halászati alkalmazhatóságára irányuló kutató-fejlesztő munkám eredményeivel több olyan kísérleti és üzemi iparszerű haltermelési rendszer fejlesztéséhez járultam hozzá, amelyek minőségi változást hoztak a hazai haltermelésben.
- Egy vietnami akvakultúra fejlesztési projekt végrehajtása során az általam vezetett team bebizonyította, hogy az „öshonos” ismereteken alapuló technológiák kis lépésekkel való fejlesztése révén az integrált rendszerek hozamai közel duplájára növelhetők. Trópusi halkeltetők összehasonlító vizsgálata alapján megállapítottam, hogy a Zuger edényes halkeltetők víztakarékosabbak és hatékonyabbak a kínai típusúnál.

- A vízi erőforrások és a különböző hasznosítók közötti kapcsolatrendszerrel valamint a lehetséges konfliktus pontokat elemezve megállapítottam, hogy a konfliktusok kezelésében alapvető szerepe van az erőforrások ésszerű megosztásának, illetve az integrációnak. Feltártam az akvakultúra és a vízi erőforrások más hasznosítói közötti integrációs lehetőségeket.

5.2. Következtetések és javaslatok

(1) A természeti erőforrások fokozott védelmének és ésszerű hasznosításának növekvő igénye az akvakultúra, illetve a halászat szemléletbeli változását és új technológiák fejlesztését igényli annak érdekében, hogy a hazai halászat az erőforrásokért és a piacokért folytatott élesedő küzdelemben versenyképes maradjon, és ugyanakkor hagyományos értékeit megőrizhesse. A hazai halászatnak fel kell készülnie a harmadik évezred elején jelentkező kihívásokra, különös tekintettel hazánknak az Európai Unióhoz történő csatlakozására. Magyarországon a természeti adottságok, a nemzetközileg is elismert tudás és tapasztalat, illetve a hagyományok jó alapját képezik a halászat fejlesztésének. A hazai halászat termelési szerkezete és az alkalmazott technológiák azonban meglehetősen megmerevedtek, és lassan alkalmazkodnak a változó körülményekhez.

(2) A természeti erőforrások között különös figyelmet érdemelnek a véges és veszélyeztetett édesvíz készletek. Az erőforrások használatának tervezése, halászatfejlesztési stratégiák, koncepciók és tervek kidolgozásánál a halászat nem lehet individualisztikus, hanem az integrált erőforrás hasznosítási szemléletet kell érvényesítenie a környezeti és szocio-ökonómiai realitások messzemenő figyelembe vételével. A vízi erőforrások hasznosítóinak egymás közötti, illetve az erőforrások használatát felügyelő szervezetekkel való konfliktus kialakulásának lehetősége növekszik. Hazánkban nemzetközi mércével is mérhető színvonalú intézményrendszer, kutatási-fejlesztési háttér és termelői szövetség megléte jó alapját képezi annak, hogy a halászat hatékonyan vegyen részt az erőforrások hasznosításáért folyó küzdelemben, illetve a vízi erőforrások integrált menedzsmentjében. Az adottságok kihasználása azonban további erőfeszítéseket igényel, különös tekintettel a haltermelők egyes tevékenységeinek szervezettségét, illetve koordinálását, valamint a továbbképzést és a halászati informatika fejlesztését illetően.

(3) Magyarországon nemzetközileg is elismert eredmények születtek a halastavi integráció különböző változatainak fejlesztésében, amelyek között kiemelkedő szerepe volt a halastavi kacsatenyésztésnek. Bár a halastavi kacsatenyésztés, elsősorban a középkelet európai változások mezőgazdaságra gyakorolt hatásának következtében napjainkig nagyon visszaszorult, a technológia megfelelő változatának alkalmazásba vétele jól szolgálná a fenntartható mezőgazdaság fejlesztésére irányuló programokat. A korábbi fejlesztési munka eredményeképpen olyan technológiai változatok állnak rendelkezésre, amelyek jól igazíthatók a természeti és gazdasági környezet által megszabott feltételekhez. Olyan technológia elemei is kidolgozásra kerültek, amely a hal- és a kacsatechnológiák magas intenzitási szintje mellett is biztosítja az integrációban rejlő lehetőségek kihasználását. Ez a komponensek térbeli (esetenként időbeli) szétválasztásával és a közöttük lévő anyag és energia forgalom szabályozottá tételével valósítható meg. Ilyen rendszerek gyakorlati alkalmazhatóságát üzemi körülmények között végzett vizsgálat eredményei igazolták.

(4) A tavi haltermelés nagy múltra tekint vissza hazánkban és szerepe meghatározó a haltermelésben. Az alkalmazott technológiák és a halfaj szerkezet azonban nem sokat változott az elmúlt évtizedekben. A tavak természeti értékének növekedésével, illetve a ponty piaci értékének csökkenésével a szektor versenyképessége romlik, különös tekintettel a piacok egyre nyitottabbá válására. A tógazdálkodás fejlesztésében minőségi változást jelenthet a kombinált extenzív és intenzív haltermelő rendszerek gyakorlati elterjesztése. Bár ilyen rendszerek üzemi alkalmazására egyelőre csak Izraelben van példa, a hazai haltermelés lépéselőnyre tehetne szert, ha a kombinált extenzív-intenzív haltermelő rendszerek fejlesztésére irányuló K+F program bővíthetne, és a gyakorlati alkalmazása felgyorsulna.

(5) Bár hazánkban az iparszerű haltermelési rendszerek nem játszanak jelentős szerepet a haltermelésben, tekintettel az alacsonyabb piaci értékű halak dominanciájára, Magyarország mégis úttörő szerepet játszott Európában a melegvízi recirkulációs rendszerek fejlesztésében. Egy, a FAO által támogatott fejlesztési program keretén belül Szarvason a HAKI-ban felépült recirkulációs rendszer mintaként szolgált recirkulációs technológiák fejlesztéséhez és gyakorlati alkalmazásához. A HAKI recirkulációs rendszerének vizsgálati eredményeit felhasználtuk olyan rendszerek fejlesztéséhez,

amelyek a gyakorlatban biztonságosan és gazdaságosan üzemeltethetők. A gyakorlati körülményeket figyelembe véve olyan rendszert terveztünk, amelyben a recirkuláció mértékét ésszerűen csökkentettük, és a rendszer felépítését és működtetését is egyszerűsítettük. Egy ilyen rendszer prototípusa felépült és fél-üzemi körülmények között sikeresen működött a szentesi Árpád MgTsz-ben. Bár a mezőgazdaságban végbemenő változások és az együttjáró nehézségek miatt a szélesebb körű alkalmazásra nem került sor, a rendszernek a megváltozott körülmények közötti alkalmazása hozzájárulhatna a halászatban szükséges szerkezetváltáshoz és az ágazat versenyképességéhez.

(6) A mamutszivattyús vízforgatás és a rendszeres iszap eltávolítás révén az iparszerű haltermelő telepek vízigénye jelentősen csökkenthető. A rendszer hatékonysága és gazdaságossága tovább javítható, ha abban gyengébb vízminőséget és nagy népesítési sűrűséget toleráló halfajt, például afrikai harcsát termelünk. Fentieket jól bizonyítják a Szarvas Fish Kft. által üzemeltetett iparszerű haltermelő telep üzemi tapasztalatai. A gyakorlati tapasztalatok azonban azt is jól érzékeltetik, hogy az ilyen telepek sikeres üzemeltetésének feltétele a rendszer magas kihasználtsága, a biomassa állandóan magas értéken tartása. Ez azonban egyik oldalról a folyamatos telepítést (évszaktól független szaporítást) és másik oldalról a folyamatos piaci elhelyezés lehetőségét is megköveteli. Az iparszerű rendszerek recirkulációjának mértékét gazdaságossági okok miatt azon a minimális értéken kell tartani, amelynél a rendszerből távozó víz az adott technológiai körülmények között nem jelent környezetszennyezést, illetve hatékonyabb az elfolyó víz utótisztítása, mint recirkuláltatása és rendszeren belüli kezelése. A Szarvas Fish Kft. telepe elfolyó vizének halastóban, illetve épített „wetland”-en történő kezelése olyan nemzetközileg is újszerű és mintaértékű megoldás lehet, amelyre fokozott figyelmet kell fordítani a jövőben.

(7) Az iparszerű rendszerek alkalmazásával lényegesen javítható az egységnyi felhasznált vízre eső halproduktum, így a vízfelhasználás hatékonysága. A recirkuláció révén ezek a rendszerek nem bocsátanak ki környezetet károsító anyagokat, illetve megoldható azoknak megfelelő elhelyezése és feldolgozása. Az iparszerű rendszerekben történő haltermelés fenntarthatósága azonban nagymértékben függ attól, hogyan lehet a rendszerek energiaigényét csökkenteni, így azok közvetett környezetkímélő hatását növelni. A geotermikus energia felhasználásának területén már biztató eredmények

születtek, további kutatómunka szükséges azonban a megújuló energiaforrások (pl. geotermikus energia, napenergia) alkalmazására vonatkozóan. A rendszerek környezet kíméletének növelése szempontjából ugyanilyen fontosságú az alternatív fehérjeforrások alkalmazása, amelyre irányuló kutató-fejlesztő munka új lendületet kap a szarvasi Haltáp Kft.-vel elkezdett közös fejlesztési program keretében, amelynek egyik fő célja hulladékok és melléktermékek haltakarmányokban való alkalmazása, extrudálási technológia felhasználásával.

(8) A hazai halászat eredményeit sikeresen alkalmazzák nemzetközi projektek is fejlődő országok élelmiszer ellátásának és a lakosság életszínvonalának növelése érdekében. Vietnamban a Mekong deltájában családi gazdaságok fejlesztésére irányuló, magyar részvétellel megvalósított program tovább növelte hazánk elismertségét az édesvízi halászatban. A magyar halszaporítási és halkeltető fejlesztési ismeretek hozzájárulnak a vietnami halivadék ellátás minőségi fejlesztéséhez, és a halgenetikai kutatások feltételeinek javításához. A vietnami műszaki fejlesztő munka eredményeként egyre elfogadottabb a tápláló víz kezelésének fontossága, és a „kevesebb, de tiszta víz” elv elfogadása. A magyar halászat elismert nemzetközi kapcsolatainak megőrzése és fejlesztése alapvető érdeke nemcsak a halászatnak, de az országnak is, amely európai megítélésünket is kedvezően befolyásolja. Alapvető fontosságú azonban az új nemzetközi tendenciák és kapcsolatrendszerek ismerete és fiatal szakértők nevelése.

(9) A vietnami tapasztalatok egybevágnak azokkal a hazai tapasztalatainkkal, amelyek azt bizonyítják, hogy a fél-üzemi kísérletek a kutatási eredmények gyakorlati bevezetésének igen hatékony eszközei. A halászat versenyképességének növelésében elengedhetetlen a kutatás és a gyakorlat kapcsolatának fejlesztése, melynek érdekében minden lehetséges eszközt fel kell használni. Új és közös érdekeltséget teremtő formája lehet az együttműködésnek a kutató intézet és a termelők közös vállalkozása, amelyre jó példa a HAKI és 13 kisvállalkozás által létrehozott „Akvapark” nevű egyesület. A HAKI-nak az Akvaparkkal, illetve egyes tagjaival való együttműködése jó háttérrel biztosít a dolgozatban tárgyalt kombinált extenzív-intenzív haltermelő rendszer fejlesztéséhez, illetve az előzőekben említett jövőbeli K+F programok (lassú áramlású rendszer üzemi vizsgálata, iparszerű rendszerek elfolyó vizének halastóban, illetve „wetland”-en történő kezelése, extrudált haltápok fejlesztése) végrehajtásához.

(10) Hazánkban az évente megújuló vízkészletek mennyisége átlagosan $120 \text{ km}^3/\text{év}$, azonban az évente megújuló „belső” vízkészleteké csak $6 \text{ km}^3/\text{év}$. A vízellátás időbeli eloszlása is egyenetlen. Ennek ellenére az mondható, hogy a halászatfejlesztés legfőbb gátját nem a vízellátási problémák jelentik, hiszen olyan technológiák állnak a halászat rendelkezésére, amelyek alkalmazásával a haltermelés fajlagos vízszükséglete lényegesen csökkenthető. Hazánkban egy km^3 megújuló vízkészlet mennyiségére 78 tonna haltermelés esik, ami lényegesen alatta marad a $217 \text{ t}/\text{km}^3/\text{év}$ európai átlagnak. Bár e fajlagos mutatószámok alakulásának sok összetevője van, mégis jelzi a vízkészletek hatékonyabb kihasználásában rejlő lehetőségeket. Nem célszerű halogatni a víztakarékos technológiák fejlesztésében rejlő lehetőségek kihasználását, mert az a halászat versenyképességét gyengíti hosszabb távon.

(11) A vízért folytatott verseny olyan konfliktusokat eredményez, amelyek feloldását egyrészt az erőforrások hasznosításának megosztása, másrészt azok közös hasznosítása, vagyis az integráció jelentheti. A tógazdálkodás nagy változatosságot mutató, egy adott térség természeti környezetével szoros kapcsolatban álló, olyan sajátos tevékenység, amely igen értékes komponense lehet az egyre sürgetőbb integrált vízi erőforrás gazdálkodásnak. Ez természetesen nem jelentheti a halászat értékeinek csökkenését, de nem jelenti azt sem, hogy a tógazdálkodásban nem marad meghatározó az élelmiszer előállítási jelleg, azt azonban jelenti, hogy a jelenleg meglehetősen homogén szerkezetű, hagyományos technológiákat alkalmazó tógazdasági szektor diverzifikálódni fog. A diverzifikáció, illetve a halastavi gazdálkodás sokszínűségének, változékonyságának növekedése elősegíti a tógazdálkodás más tevékenységekkel való integrálásának lehetőségét.

(12) Az integrált erőforrás hasznosítás fejlesztése természetesen nemcsak műszaki és technológiai kérdés, de feltételezi azt is, hogy a halászat a szektort megillető mértékben vegyen részt az erőforrások tervezésével, illetve azok használatát szabályozó törvények és rendeletek előkészítésével kapcsolatos tevékenységekben. Ez a részvétel, - a halászati szektorra nemcsak Magyarországon jellemző szétaprózottságot, kis üzemi méretet és termelési színvonalat figyelembe véve - csak összehangoltan és szervezeten képzelhető el. Az együttes és koordinált fellépésben meghatározó szerepet kell játszania a Haltermelők Országos Szövetségének.

6. Összefoglalás

A dolgozatban az erőforrás kímélő haltermelő rendszerek fejlesztésére irányuló önálló kutató-fejlesztő munka az alábbi öt fő fejezetben kerül tárgyalásra.

- (1) A hal-kacsa integráció fejlesztési lehetőségeinek vizsgálata
- (2) Kombinált extenzív-intenzív tavi haltermelő rendszer fejlesztése
- (3) Iparszerű haltermelő rendszerek fejlesztése
- (4) Integrált haltermelési rendszerek fejlesztése Vietnámban
- (5) Az integrált erőforrás gazdálkodás alapjai és lehetőségei hazánkban

Az egyes fejezetekben bemutatott főbb eredmények és megfogalmazott főbb megállapítások tömör összefoglalását az alábbiakban adom meg:

A **hal-kacsa** integráció fejlesztésére irányuló kísérletek eredményei igazolják, hogy a hagyományos integrált haltermelési technológiák bizonyított előnyei („kacsás vizek” nitrogén és foszfor tartalmának jelentős csökkentése, illetve a szerves tápanyagok felhasználásával jelentős mennyiségű halhús előállítás) magasabb intenzitási szint mellett is érvényesíthetők. Intenzív halastavi kacsanevelés biztonságos és jövedelmező gyakorlati alkalmazásához megfelelő műszaki megoldások, technológiai alapadatok, és a környezetbe illeszthetőségre vonatkozó irányelvek állnak rendelkezésre.

A **kombinált intenzív-extenzív rendszer** vizsgálatának eredményeit értékelve megállapítható, hogy e technológiával a Magyarországon jellemző átlagot lényegesen meghaladó hozamok érhetők el. Az új rendszer víztakarékos haltermelést tesz lehetővé, melynek alkalmazásával csökkenthetők a fokozódó vízhiányból, ill. a vízért folytatott éleződő versenyből adódó problémák. Az intenzív tavak elfolyó vizének kezelése és visszaforgatása révén csökkenthető, ill. minimalizálható a környezet szerves-anyag terhelése. A félüzemi kísérletek eredményei műszaki irányelvként alkalmazhatók a kombinált extenzív-intenzív haltermelő rendszerek tervezéséhez.

Az **iparszerű rendszerek** alkalmazása révén a tógazdasági hozamokat nagyságrendekkel meghaladó eredmények érhetők el. Alkalmazásukkal nemcsak a haltermelés feltételei optimalizálhatók, de az egységnyi halmennyiség előállításához szükséges vízmennyiség, valamint a környezetbe kerülő szerves hulladék mennyisége is

jelentősen csökkenthető. A haltermelő rendszereken belüli hatékony vízminőség szabályozás révén nő a haltermelés biztonsága és hatékonysága, illetve javul a termék minősége, a jobb minőség pedig növeli a rendszert alkalmazók piaci versenyképességét. A korábbi évek kutató-fejlesztő munkájának eredményeképpen különböző, üzemi körülmények között is kipróbált műszaki megoldások és technológiai változatok állnak rendelkezésre, amelyek jó alapját képezik ilyen rendszerek szélesebb körű gyakorlati alkalmazásának.

A **vietnami integrált akvakultúra fejlesztési** program bizonyította, hogy a hazai halászat eredményeit sikeresen alkalmazzák nemzetközi projektek is fejlődő országok élelmiszer ellátásának és a lakosság életszínvonalának növelése érdekében. A magyar halszaporítási és halkeltető fejlesztési ismeretek hozzájárultak a vietnami halivadék ellátás minőségi fejlesztéséhez, és a halgenetikai kutatások feltételeinek javításához. A program eredményei és tapasztalatai jó alapot szolgáltatnak fejlődő országok trópusi akvakultúrájának fejlesztésére irányuló programokban való további részvételre, illetve azok szélesebb körű alkalmazására világszerte.

A **hazai természeti erőforrások integrációs szemléletű** védelmének és ésszerű hasznosításának növekvő igénye az akvakultúra, illetve a halászat szemléletbeli változását és új technológiák fejlesztését igényli annak érdekében, hogy a hazai halászat az erőforrásokért és a piacokért folytatott élesedő küzdelemben versenyképes maradjon, és ugyanakkor hagyományos értékeit megőrizhesse. A hazai halászatnak fel kell készülnie a harmadik évezred elején jelentkező kihívásokra, különös tekintettel hazánknak az Európai Unióhoz történő csatlakozására. A dolgozatban tárgyalt alapelvek, illetve bemutatott technológiák alkalmazása segítheti azokat a törekvéseket, amelyek arra irányulnak, hogy a hazai halászat megfeleljen a XXI. század küszöbén jelentkező kihívásoknak.

IRODALOMJEGYZÉK

- ALLEN, G. H. and B. HEPHER, 1979. Recycling of water through aquaculture and constraints to wider application. In: T.V.R. Pillay and W.A. Dill (eds), *Advances in Aquaculture*. Fishing News Books, Farnham, England. pp. 478-487.
- BAKOS, J., 1976. Crossbreeding Hungarian races of common carp to develop more productive hybrids. In: T.V.R. Pillay and W. A. Dill (eds), *Advances in Aquaculture*. Fishing News Books, Farnham, England. pp. 633-635.
- BALOGH L., KOZMA L. és MOSONYI G., 1975. *Halastavi pecsenyekacsa*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp. 210.
- BARASH, H., I. PLAVNIK and R. MOAV, 1982. Integration of duck and fish farming: experimental results. *Aquaculture*, 27: 129-140.
- BARDACH, J. E., J. H. RYTHER and W. O. McLARNEY, 1972. *Aquaculture: the farming and husbandry of freshwater and marine organisms*. WILEY-INTERSCIENCE, New York – London – Sydney – Toronto. pp. 868.
- BARG, U., J. KAPETSKY, M. PEDINI, B. SATIA, U. WIJKSTROM and R. WILLMANN, 1999. Integrated resources management for sustainable inland fish production. *FAN FAO Aquaculture Newsletter*, 23: 4-8.
- BEHRENDTS, L. L., J. B. KINGSLEY, J. J. MADDOX and E. L. WADDELL, 1983. Fish production and community metabolism in an organically fertilised fish pond. *J. World Maricul. Soc.*, 14: 510-522.
- BEVERIDGE, M. C. M., 1984. Cage and pen fish farming. Carrying capacity models and environmental impact. *FAO Fisheries Technical Paper*, 255: 131.
- BRETT, J. R. and T. D. GROVES, 1979. Physiological energetics. In: W. S. Hoar, D. J. Randall and J. R. Brett (eds), *Fish physiology*. Vol. VIII. Bioenergetics and growth. Academic Press, New York - San Francisco – London. pp. 279-352.
- BRODY, S., 1927. Growth rates. *Mo. Agric. Exp. Stn., Bull. No. 97*. Cited in: Ricker, W. E. 1979. Growth and modell. In: W. S. Hoar, D. J. Randall and J. R. Brett (eds), *Fish physiology*. Vol. VIII. Bioenergetics and growth. Academic Press, New York - San Francisco – London. pp. 677-743.
- CHAO, CHIA-HSING, 1983. Cultivation of duck weed *Spirodella* on cesspool slurry for fish feed. M. Sc. thesis, Asian Institute of Technology, Thailand.

- CHEN, G. L., 1993. Aquaculture, ecological engineering: lessons from China. *Ambio*, 22(7): 491-494.
- CHEN, T. P. and T. LI, 1980. Integrated agriculture/aquaculture studies in Taiwan. In: R. S. V. Pullin and Z. H. Shehadeh (eds), *Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems*. ICLARM Conf. Proc., 4: 239-241.
- CHIBA, K., 1981. Present status of flow-through and recirculation systems and their limitations in Japan. In: K. Tiews (ed.), *Aquaculture in heated effluents and recirculation systems*. Proc. World Symp. on Aquaculture in Heated Effluents and Recirculation Systems. Vol. II. Heenemann Gmbh, Berlin. pp. 343–355.
- COCHE, A. G., 1982. Cage culture of tilapias. In: R. S. V. Pullin and R. H. Lowe-McConnell (eds), *The Biology and Culture of Tilapias*. ICLARM Conf. Proc., 7: 205-245.
- COLT, J. and B. WATTEN, 1988. Application of pure oxygen in fish culture. *Aquaculture Engineering*, 7: 397–441.
- COWEY, C. B., 1979. Protein and amino acid requirement of finfish. In: J. E. Halver and K. Tiews (eds), *Finfish nutrition and fishfeed technology*. Vol. 1. Berlin. pp. 3-17.
- CRUZ, E. M., A. S. SENNA and P. M. INOCENCIO, 1979. Preliminary results of integrated pig-fish and duck-fish production tests. *Freshwater Aquaculture Center, Central Luzon State University Techn. Rep.*, 15: 15-38.
- CSAVAS, I. and L. VARADI, 1981. Design and operation of a large-scale experimental recycling system heated with geothermal energy at the Fish Culture Research Institute, Szarvas, Hungary. In: K. Tiews (ed.), *Aquaculture in heated effluents and recirculation systems*. Proc. World Symp. on Aquaculture in Heated Effluents and Recirculation Systems. Vol. II. pp. 445–454.
- DEGANI, G., C. DOSORETZ, D. LEVANON, U. MARCHAIM and Z. PERACH, 1982. Feeding *Sarotherodon aureus* with fermented cow manure. *Bamidgeh*, 34: 4.
- DELMENDO, M. N., 1980. A review of integrated livestock-fowl-fish farming systems. In: R. S. V. Pullin and Z. H. Shehadeh (eds), *Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems*. ICLARM Conf. Proc., 4: 59-71.
- DIAB, S., M. KOCHBA, D. MIRES and Y. AVNIMELECH, 1992. Combined intensive–extensive (CIE) pond system. Inorganic nitrogen transformation. *Aquaculture*, 101: 33-39.

- DJAJADIREDDA, R., Z. JANGKARU and M. JUNUS, 1980. Freshwater aquaculture in Indonesia with special reference to small-scale agriculture-aquaculture farming systems in West Java. In: R. S. V. Pullin and Z. H. Shehadeh (eds), *Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems*. ICLARM Conf. Proc. 4: 143-165.
- E.I.F.A.C., 1968. Water quality criteria for European freshwater fish. Report on extreme pH values and inland fisheries. E.I.F.A.C. Technical Paper, 4: 18.
- EDWARDS, P., 1980a. The production of microalgae on human wastes and their harvest by herbivorous fish. In: G. Shelef and G. J. Soeder (eds), *Algae Biomass*. Elsevier/North Holland Biomedical Press, Netherlands.
- EDWARDS, P., 1980b. A review of recycling organic wastes into fish with emphasis on the tropics. *Aquaculture*, 2: 261-279.
- EDWARDS, P., 1982. Integrated fish farming in Thailand. *ICLARM Newsl.*, 5: 3.
- EDWARDS, P., 1983. The future potential of integrated farming systems in Asia. In: *Proc. Fifth World Conference on Animal production*. Vol.1. Japanese Society of Zootechnical Science, Tokyo. pp. 273-286.
- EDWARDS, P., 1984. A scheme to recycle septage into high protein animal feed. Paper presented at the International Seminar on Resource Recovery and Utilisation (Liquid and Solid Waste, Septage), Shanghai, PRC. November 3-10, 1984.
- EDWARDS, P., 1986. Duck/fish integrated farming systems. In: Farell, D.J. and Stapleton, P. (eds), *Duck Production Science and World Practice*. University of New England. pp. 267-291.
- EDWARDS, P., 1994. A systems approach for the promotion of integrated aquaculture. Paper presented at the Integrated Fish Farming International Workshop. 11-15 October 1994. Wuxi, People's Republic of China.
- EDWARDS, P., 1998. A systems approach for the promotion of integrated aquaculture. *Aquaculture Economics & Management*, 2(1): 1-12.
- EDWARDS, P., K. KAEWPAITON, E. W. McCOY and C. CHANTACHAENG, 1986. Pilot small-scale crop/livestock/fish integrated farm. AIT Research Report, 184, AIT, Bangkok, Thailand, 131 pp.
- ELLIOT, J. M., 1975a. The growth rate of brown trout, *Salmo trutta* L., fed on maximum ration. *J. Anim. Ecol.*, 44: 805-821.
- ELLIOT, J. M. 1975b. The growth rate of brown trout, *Salmo trutta* L., fed on reduced ration. *J. Anim. Ecol.*, 44: 823-842.

- FAO, 1977. China: recycling of organic wastes in agriculture. *FAO Soils Bulletin*, 40: 107.
- FAO, 1983. Fish feeds and feeding in developing countries - an interim report on the ADCP Feed Development Programme. *ADCP/REP/83/18*. pp. 97.
- GIRARDET, H., 1992. *The Gaia Atlas of Cities, New Directions for sustainable living*. Gaia Books Ltd., London. pp. 192.
- HEPHER, B., 1952. Rotation of crops in fish ponds. *Bamidgeh*, 4(1/2): 18-19.
- HEPHER, B., 1975. Supplementary feeding in fish culture. In: *Proc. 9th International Congress on Nutrition, Mexico, 1972*. Vol. 3. S. Karger Publ. New York. pp. 183-198.
- HEPHER, B. and Y. PRUGININ, 1981. *Commercial fish farming, with special reference to fish culture in Israel*. John Wiley and Sons, N.Y., USA.
- HOAR, W. S., D. J. RANDALL and J. R. BRETT (eds), 1979. *Fish Physiology*. Vol. VIII. Bioenergetics and Growth. Acad. Press, New York - San Francisco - London. 786 pp.
- HOPKINS, K. D., 1982. Outstanding yields and profits from livestock-tilapia integrated farming. *ICLARM Newsl.*, 5(3): 13.
- HOPKINS, K. D. and E. M. CRUZ, 1980. High yield, but still questions: three years of animal-fish farming. *ICLARM Newsl.*, 3(4): 12-13.
- HOPKINS, K. D. and E. M. CRUZ, 1982. *The ICLARM-CLSU integrated animal-fish farming project: final report*. ICLARM Technical Reports 5, International Centre for Living Aquatic Resources Management, Manila and the Freshwater Aquaculture Center, Central Luzon State University, Nueva Ecija, Philippines. pp. 96.
- HORVATH, L., G. TAMAS and I. TOLG, 1984. Special methods in pond fish husbandry. (ed. J. Halver), *Akadémiai Kiadó – Halveer Corporation*, Seattle, pp. 148.
- HORVATH, L., G. TAMAS and A. G. COCHE, 1985. *Common Carp*. Part 1: Mass production of eggs and early fry. Part 2. Mass production of advanced fry and fingerlings in pond. *FAO Training Series*, Vol. 8-9. FAO, Rome, 1985.
- HUISMAN, E. A. 1974. *Optimalisering van de groei by de Karper (Cyprinus carpio L.)*. Dissertation, *Agricult. Univ. Wageningen, The Netherlands*. pp. 95.

- HUISMAN, E. A. 1983. Problem into protein - The Egyptian experience. *International Agricultural Development*, May/June 20-22.
- I.D.O.E. 1972. Baseline studies of pollutants in the marine environment and research recommendations. I.D.O.E. Baseline Conf., 24–26 May 1972. Cal., USA. pp. 54.
- JHINGRAN, V. G. and B. K. SHARMA, 1980. Integrated livestock-fish farming in India. In: R. S. V. Pullin and Z. H. Shehadeh (eds), *Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems*. ICLARM Conf. Proc. 4:135-142.
- JIA, J., U. WIJKSTROM, R. SUBASINGHE and U. BARG, 2000. Aquaculture development beyond 2000: Global prospects. *Book of Synopses*. International Conference on Aquaculture in the Third Millennium, 20-25 February 2000, Bangkok, Thailand. pp. 7-10.
- KELLERMANN M., 1964. Halastóhasznosítás pecsenyekacsa neveléssel. A Debreceni Agrártudományi Főiskola Tudományos Ülésszakának előadásai. Debrecen, 1964.
- KELLERMANN M. és PÓCSI L., 1976. Halastavi pecsenyekacsa nevelés. *Halászat*, XXII(2): 48-49.
- KEPENYES, J. and L. VARADI, 1994. Model for calculation of water requirement of aquaculture production systems. *International Conference on Aquaculture and Water Resources Management*, Stirling (Scotland), June 21-23, 1994.
- KETOLA, H. G., 1982. Effects of phosphorous in trout diets on water pollution. *Salmonid*, 6(2): 12-15.
- KINTZLY Á. és OLÁH J., 1984. Sertés hígrágya halastavi hasznosítása. *Hidrológiai Tájékoztató*, 4: 22-24.
- KISS, L. and F. PEKAR, 1998. Effective manure production of fishpond raised ducks. In: Mathias, Jack A., Charles, Anthony, T. and Baotong, Hu (eds), *Integrated Fish Farming. Proceedings of a Workshop on Integrated Fish Farming held in Wuxi, Jiangsu Province, People's Republic of China*. October 11-15, 1994. CRC Press LLC. pp. 157-162.
- KOVÁCS GY., 1986. A halastavak termelőképességének növelése kommunális szennyvizek felhasználásával. *Doktori értekezés*, Debrecen, 1986.

- KOVACS, GY. and J. OLAH, 1984. Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix* Val.) dominated domestic sewage oxidation fish pond technology. *Aquacultura Hungarica*, IV: 149-157.
- LIAO, I. C. and T. P. CHEN, 1983. Status and prospects of *Tilapia* culture in Taiwan. In: L. Fishelson and Z. Yaron (eds), *Proceedings of International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. Tel Aviv, Israel. pp. 588-596.
- LIGHTFOOT, C., M. P. BIMBAO, J. P. T. DALSGAARD and R. S. V. PULLIN, 1993. Aquaculture and sustainability through integrated resources management. *Outlook on Agriculture*, 22(3): 143-150.
- LITTLE, D. and J. MUIR, 1987. A guide to integrated warm water aquaculture. Institute of Aquaculture Publications, University of Stirling, Stirling. pp. 238.
- LOSORDO, T. M. and H. WESTERS, 1994. Carrying capacity. In: M. B Timmons and T. M. Losordo (eds), *Development in Aquaculture and Fisheries Science; Aquaculture water reuse systems: engineering design and management*. Elsevier (Amsterdam-Lausanne-New York-Oxford-Shannon-Tokyo), 27: 9-60.
- MANTHE, D. P., R. F. MALONE and KUMAR, 1988. Submerged rock filter evaluation using oxygen consumption criterion for closed recirculating systems. *Aquaculture Engineering*, 7: 97-111.
- McGARRY, M. G., 1976. The taboo resource, the use of human excreta in Chinese agriculture. *Ecologist*, 6: 4.
- MEHTA, I., R. K. SHARMA and A. P. TUANK, 1976. The aquatic weed problem in the Chambal irrigated area and its control by grass carp. In: C.K. Varshney and J. Rzoska (eds), *Aquatic weeds in South East Asia*. D. & W. Junk. The Hague, Netherlands. pp. 307-314.
- MESKE, C., 1973. *Aquakultur von Warmwasser-Nutzfischen*, Stuttgart, Verlag Eugen Ölmer.
- MOAV, R. G., G. J. WOHLFARTH, G. SCHROEDER, G. HULATA and H. BARASH, 1977. Intensive polyculture of fish in freshwater ponds. I. Substitution of expensive feeds by liquid manure. *Aquaculture*, 10: 25-43.
- MUIR, J. F., 1982. Recirculated water systems in aquaculture. In: J. F. Muir and R. J. Roberts (eds), *Recent advances in aquaculture*. Croom Helm and Westview Press, London, Canberra, Boulder, Colorado. pp. 358-453.

- MUIR, J. F., 1986. Integrated carp farming in Western Europe. In: R. Billard and J. Marcel (eds), *Aquaculture of cyprinids*. Institut National de la Recherche Agronomique, Service des Publications, Versailles. pp. 391-399.
- MÜLLER F., 1973. Ketreces haltenyésztés Szarvason. *Halászat*, 29: 35-39.
- MÜLLER F., 1975. Szikes talajok hasznosításának gazdaságossága vizesforgóval. *Fish Culture Research Institute, Szarvas*. pp. 59.
- MULLER, F., 1978. The aquacultural rotation. *Aquacultura Hungarica*, I: 73-79.
- MULLER, F. and L. VARADI, 1980. The results of cage fish culture in Hungary. *Aquacultura Hungarica*, II: 154-167.
- MULLER, F. and L. VARADI, 1986. Report on Fish-Cum-Duck Culture Development in Lesotho. *FAO Report (TCP/LES/4509/T)*, Rome. pp. 47.
- MÜLLER F., MÜLLER T. és RADICS F., 1996. Az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) termelésének gazdaságossága a termelés volumenének függvényében. *XX. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas. Halászatfejlesztés*, 19: 201-203.
- MYERS, R. W., 1977. A comparative study of nutrient composition and growth by selected duckweeds, Lemnaceae, on dairy waste lagoons. M.Sc. thesis, Louisiana State University, 74 pp.
- NAGEL, L., 1979. Kreislaufanlagen in der Aquakultur. *Alig. Fischwirtsch. Ztg.*, 4: 175-182.
- OLAH, J. and F. PEKAR, 1996. Ecotechnological survey as a tool to quantify the structure, function, metabolism and management of integrated fish farming systems. *WES Newsletter*, No.4, July-December 1996.
- OLAH, J. and F. PEKAR, 1997. Wastewater-Fed Fish Culture in Hungary. In: Etnier, Carl and Guterstam, Björn (eds), *Ecological Engineering for Wastewater treatment*. Second Edition. CRC Press, Inc./Lewis Publishers. pp. 67-76.
- OLAH, J., N. SHARANGI and N. C. DATTA, 1986. City sewage fish ponds in Hungary and India. *Aquaculture*, 54: 129-134.
- OLAH, J., G. VOROS, S. KORMENDI and F. PEKAR, 1990. Groundwater nitrate biomanipulation in *Typha*-covered ponds with goose-cum-fish culture. *Proceedings of an FAO-EIFAC Symposium on Production Enhancement in Still-Water Pond Culture, Prague, Czechoslovakia, 15-18 May 1990*. pp. 107-113.

- PALOHEIMO, J. and L. M. DICKIE, 1965. Food and growth of fishes. I. A growth curve derived from experimental data. *J. Fish. Res. Board of Can.*, 22: 521-542.
- PEKAR, F. and J. OLAH, 1990. Organic fertilization. In: R. Berka and V. Hilge (eds), *Production Enhancement in Still-Water Pond Culture. Proceedings of an FAO-EIFAC Symposium, Prague, Czechoslovakia, 15-18 May 1990.* pp. 116-122.
- PEKAR, F. and J. OLAH, 1994. Fish pond manuring studies in Hungary. *Proceedings of a Workshop on Integrated Fish Farming held in Wuxi, Jiangsu Province, People's Republic of China October 11-15, 1994.*
- PEKAR, F., L. KISS, P. SZABO and J. OLAH, 1993. Pond processing of high organic load in a fish-cum duck culture system in Hungary. *World Aquaculture '93. World Conference and Exhibition. Torremolinos, Spain, May 26-28, 1993. Abstracts*, pp. 271.
- PEKAR, F., N. V. BE, D. N. LONG, N. V. CONG, D. T. DUNG and J. OLAH, 1999. Eco-technological analysis of fish farming households in the Mekong Delta of Vietnam. In: Demaine, H., Little, D. and Edwards, P. (eds), *Rural Aquaculture. The Asian Fisheries Society Special Publication Series.* (Accepted).
- PHUONG, N. T., D. N. LONG, L. VARADI, Z. JENEY and F. PEKAR, 1999. Rural aquaculture development in the Mekong Delta of Vietnam: Farmer-managed trials and extension of the WES-Aquaculture Project of Cantho University. In: Demain, H., Little, D. and Edwards, P. (eds), *Rural Aquaculture. The Asian Fisheries Society Special Publication Series.* (Accepted).
- PÓCSI, L., 1966. A halastavi pecsenyekacsa nevelés hatása a tavak termelésbiológiai állapotára. Doktori értekezés. DATE, Debrecen.
- PÓCSI, L., 1982. A halastavak biológiai produkciójának növelése és szabályozása. Kandidátusi értekezés. MTA, Budapest.
- PULLIN, R. S. V. and G. ALMAZAN, 1983. Azolla as a fish feed *ICLARM Newsl.*, 6(1): 6-7.
- PULLIN, R. S. V. and M. PREIN, 1994. Fishponds facilitate natural resources management on small-scale farms in tropical developing countries. Paper presented at the International Seminar on the Management of Integrated Freshwater Agro-Piscicultural Ecosystems in Tropical Areas, 16-19 May, 1994, Brussels, Belgium.

- PULLIN, R. S. V., J. LAZARD, M. LEGENDRE, J. B. KOTHIAS and D. PAULY, 1996. The Third International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conf. Proc. 41: 575.
- RICKER, W. A., 1979. Growth rates and models. In: W. S. Hoar, D. J. Randall and J. R. Brett (eds), Fish Physiology, Vol. VIII. Bioenergetics and Growth. Academic Press, New York - San Francisco – London. pp. 677-743.
- RONYAI, A. and L. VARADI, 1995: The sturgeons. In: C. E. Nash and A.J. Novotny (eds), World Animal Science C8: Production of Aquatic Animals. ELSEVIER, Amsterdam-Lausanne-New York-Oxford-Shannon-Tokyo. pp. 95-108.
- RONYAI, A., A. RUTTKAY, L. VARADI and A. PETERI, 1989. Growth of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri* B.) and that of its both hybrids with the sterlet (*Acipenser ruthenus* L.) in recycling system. In: P. Williot (ed), *Acipenser Premier Colloque International Sur l'esturgeon*, Bordeaux, CEMAGREF, pp. 423-429.
- ROSENTHAL, H., 1981. Recirculation systems in Western Europe. Aquaculture in heated effluents and recirculation systems. Vol. II., Berlin. pp. 305–311.
- RUDDLE, K., J. I. FURTADO, G. F. ZHONG and H. Z. DENG, 1983. The mulberry dike-carp pond resource system of the Zhujiang (Pearl River) Delta, People's Republic of China. I: Environmental context and system overview. *Applied Geography*, 3: 45-62.
- RUSKIN, F. R. and D. W. SHIPLEY, 1976. Making Aquatic Weeds Useful: Some Perspectives for Developing Countries. National Academic of Sciences, Washington, D.C., USA.
- RUTTKAY A., 1975. A ponty táplálkozásökológiai vizsgálata. *Halászat Tudományos Melléklet*, 21: 17–19.
- RUTTKAY, A., 1990. A halak növekedése és táplálék-hasznosítása. (I., II., III.) *Halászat*, 36(46-49): 121-123., 149-152.
- RUTTKAY A. és KEPENYES J., 1987. Új módszer a haltermelés vízigényének számításához. *Hidrológiai Közlöny*, 67: 93–99.
- SARIG, S., 1984. The integration of fish culture into general farm irrigation systems in Israel. *Bamidgeh*, 1(36): 16-20.
- SCHROEDER, G. L., 1974. Use of fluid cowshed manure in fish ponds. *Bamidgeh*, 26(3): 84-96.

- SHAN, J., L. CHANG, X. GUA, Y. ZHU, X. CHAN, F. ZHOU and G. L. SCHROEDER, 1985. Observations on feeding habits of fish in ponds receiving green and animal manures in Wuxi, People's Republic of China. *Aquaculture*, 46: 111-117.
- SILVA, DE S., 2000. A global perspective of aquaculture in the new millenium. Book of Synopses. International Conference on Aquaculture in the Third Millennium. 20-25 February 2000, Bangkok, Thailand. pp. 51-100.
- SIMONNÉ KISS I. és SZITÓ A., 1999. Rizs és halivadék ökológiai rendszer technológiájának fejlesztése és a biorizstermék előállítás eredményességének vizsgálata. Részjelentés II. (TER 224/99.). Haltenyésztési Kutató Intézet, Szarvas.
- SIN, A. W., 1980. Integrated animal fish husbandry systems in Hong Kong, with case studies on duck-fish and goose-fish systems. In: R. S. V. Pullin and Z. H. Shehadeh (eds), *Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems*. ICLARM Conf. Proc. 4: 113-123.
- SORGHELOOS, P., 2000. Technologies for sustainable aquaculture development. Book of Synopses. International Conference on Aquaculture in the Third Millenium. 20-25 February 2000, Bangkok, Thailand. pp. 181-185.
- STAUFFER, G. D., 1973. A growth modell for salmonids in hatchery enviroments. Ph. D. Thesis, Univ. of Washington, Seattle. In: W. S. Hoar, P. J. Randall and J. R. Brett (eds), *Fish Physiology*. Vol. VIII. Bioenergetics and Growth. Academic Press, New York - San Francisco - London, 1979. pp. 602.
- SZALAY M., 1962. Kísérlet a kacsatrágyázás termésfokozó hatásának megállapítására. *Halászat*, VIII(1): 18-19.
- SZALAY M., 1963. Tógazdasági pecsenyekacsa nevelésről. *Baromfitenyésztés*, Budapest, 7(9).
- TAN, C. E., B. J. CHONG, H. K. SIER and T. MOULTON, 1973. A report on paddy and paddy field fish production in Krian, Perak. *Bulletin*, 128, Ministry of Agriculture and Fisheries, Malaysia. 58 pp.
- TAN, E. S. P. and K. K. KHOO, 1980. The integration of fish farming with agriculture in Malaysia. In: R. S. V. Pullin and Z. H. Shehadeh (eds), *Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems*. ICLARM Conf. Proc. 4: 175-188.

- TAPIADOR, D. D., H. F. HENDERSON, M. N. DELMENDO and H. TSUTSUI, 1977. Freshwater fisheries and aquaculture in China. FAO Fisheries Technical Paper 168. pp. 83.
- TASNÁDI R., 1987. A halastavak zöldtrágyázásáról. Halászat, XXXIII (80): 158-159.
- TIMMONS, M. B. and T. M. LOSORDO, 1994. Development in Aquaculture and Fisheries Science; Aquaculture water reuse systems: engineering design and management. Elsevier (Amsterdam-Lausanne-New York-Oxford-Shannon-Tokyo). 27: 333.
- TUAN, N. A., L. VARADI, Z. JENEY and N. V. BE, 1995. Integrated Rice-Fish/Prawn Farming Systems in the Mekong Delta of Vietnam. Paper presented at the Fourth Asian Fisheries Forum, October 16-20, 1995. Beijing, China.
- URSIN, E., 1967. A mathematical model of some aspects of fish growth, respiration and mortality. J. Fish. Res. Bd. Canada, 24(11): 2355-2453.
- VÁRADI L., 1976. AIR-O-LATOR túlevegőztető berendezés üzemi vizsgálata. Halászat, XXII (69): 72-74.
- VÁRADI L., 1979. Recirkulációs rendszerek a haltenyésztésben. Halászat, XXV (72): 7-11.
- VÁRADI L., 1980. Recirkulációs rendszerek a haltenyésztésben. Halászat, XXV(72): 23.
- VARADI, L., 1983. Mechanized feeding in aquaculture. (Lecture presented at the ADCP Inter-Regional Training Course in Inland Aquaculture Engineering, Budapest, 6 June – 3 September 1983. ADCP/REP/84/21.
- VARADI, L., M. BERCSENYI, I. TOTH and J. KEPENYES, 1984. Design and operation of an intensive fish production system utilizing waste heat. Paper presented at the International Congress on Agricultural Engineering. Budapest, Hungary, 3-7 September, 1984.
- VARADI, L., 1986. Mechanized harvesting in pond fish culture. In: R. Billard and J. Marcel (eds), Aquaculture of Cyprinids. INRA, Paris, pp. 306-314.
- VARADI, L., 1988. Engineering aspects of integrated fish-cum-duck culture in Hungary. Aquaculture Engineering Technologies for the Future. The Institution of Chemical Engineers, Rugby UK. I. Chem. E. Symposium Series No. 111, New York-Washington-Philadelphia-London. pp. 281-298.

- VARADI, L., 1990. Integrated Animal Husbandry. In: Berka, R. (ed.) FAO/EIFAC Symposium on Production Enhancement in Still-Water Pond Culture, Prague, 1: 123-128.
- VARADI, L., 1992. Utilization of geothermal water resources for aquaculture in Hungary. In: Heggberget, T.G. editor (1996), The role of aquaculture in world fisheries. Proceeding of the World Fisheries Congress, Theme 6. Exford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi. pp. 206-213.
- VARADI, L., 1995a. Ecological Aspects in Integrated Duck and Fish Production. Proceedings of the 10th European Symposium on Waterfowl. Halle (Saale), Germany, pp. 8-19.
- VARADI, L., 1995b. Situation appraisal - Main report based on the Mekong Committee report „Fisheries in the Lower Mekong Basin”. pp. 11-15.
- VARADI, L., 1995c. Equipment for the production and processing of carp. *Aquaculture*, 129: 443-456.
- VARADI, L., 1996. Sustainable aquaculture development in the Mekong Delta of Vietnam. Proceedings of NATUREXPO'96 International Conference on Sustainable Use of Biological Resources, August 26-29, 1996. Budapest.
- VARADI, L. and Z. JENEY, 1994. Socio-Economic Aspects of Aquaculture in Hungary during the Transition Period to Market Economy. In: Y.C. Shang, P.S. Leung, C.S. Lee, M.S. S and I.C. Liao (eds), Socioeconomics of Aquaculture. *Tungkang Marine Laboratory Conference Proceedings*, 4: 77-89.
- VARADI, L., N. A. TUAN, L. X. SINH and J. BAKOS, 1996. The development of hatchery fish seed supply in the Mekong Delta of Vietnam. Lecture presented at the World Aquaculture Society Conference, Bangkok, Thailand, January 29-February 2, 1996.
- VÖRÖS G., 1990. Mezőgazdasági melléktermékek halastavi hasznosításának vizsgálata. *Halászat*, XXXVI (83): 10-12.
- WES Project Report, 1996-1997. Eco-technological and socio-economic analysis of fish farming systems in the freshwater area of the Mekong Delta. West-East-South Programme, College of Agriculture, Cantho University, Cantho, Vietnam. 124 pp.

- WESTERS, H., 1979. Principles of intensive fish culture. Mich. Dept. of Nat. Res. p. 108.
- WICKINS, J. F., 1981. Water quality requirements for intensive aquaculture: a review. In: K. Tiews (ed), Proc. World Symp. on Aquaculture in Heated Effluents and Recirculation Systems, I: 17–37.
- WINBERG, G. G., 1956. Rate of metabolism and food requirements of fishes. Belaruss State Univ., Minsk. (Fish. Res. Board Can., Transl. Ser. No. 194.)
- WOHLFARTH, G. W. and G. L. SCHROEDER, 1979. Use of manure in fish farming - a review. *Agricultural Wastes*, 1: 279-299.
- WOYNAROVICH, E., 1975. Elementary guide to fish culture in Nepal. FAO, Rome.
- WOYNAROVICH, E., 1979. The feasibility of combining animal husbandry with fish farming with special reference to duck and pig production. In: T.V.R. Pillay and W.A. Dill (eds), *Advances in Aquaculture*. Fishing News Books Ltd. Farnham, U.K. pp. 203-208.

ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozatban az erőforrás kímélő haltermelő rendszerek fejlesztésére irányuló önálló kutató-fejlesztő munka az alábbi öt fő fejezetben kerül tárgyalásra.

- (1) A hal-kacsa integráció fejlesztési lehetőségeinek vizsgálata
- (2) Kombinált extenzív-intenzív tavi haltermelő rendszer fejlesztése
- (3) Iparszerű haltermelő rendszerek fejlesztése
- (4) Integrált haltermelési rendszerek fejlesztése Vietnámban
- (5) Az integrált erőforrás gazdálkodás alapjai és lehetőségei hazánkban

Az egyes fejezetekben bemutatott főbb eredmények és megfogalmazott főbb megállapítások tömör összefoglalását az alábbiakban adom meg:

A **hal-kacsa** integráció fejlesztésére irányuló kísérletek eredményei igazolják, hogy a hagyományos integrált haltermelési technológiák bizonyított előnyei („kacsás vizek” nitrogén és foszfor tartalmának jelentős csökkentése, illetve a szerves tápanyagok felhasználásával jelentős mennyiségű halhús előállítás) magasabb intenzitási szint mellett is érvényesíthetők. Intenzív halastavi kacsanevelés biztonságos és jövedelmező gyakorlati alkalmazásához megfelelő műszaki megoldások, technológiai alapadatok, és a környezetbe illeszthetőségre vonatkozó irányelvek állnak rendelkezésre.

A **kombinált intenzív-extenzív rendszer** vizsgálatának eredményeit értékelve megállapítható, hogy e technológiával a Magyarországon jellemző átlagot lényegesen meghaladó hozamok érhetők el. Az új rendszer víztakarékos haltermelést tesz lehetővé, melynek alkalmazásával csökkenthetők a fokozódó vízhiányból, ill. a vízért folytatott éleződő versenyből adódó problémák. Az intenzív tavak elfolyó vizének kezelése és visszaforgatása révén csökkenthető, ill. minimalizálható a környezet szerves-anyag terhelése. A félüzemi kísérletek eredményei műszaki irányelvként alkalmazhatók a kombinált extenzív-intenzív haltermelő rendszerek tervezéséhez.

Az **iparszerű rendszerek** alkalmazása révén a tógazdasági hozamokat nagyságrendekkel meghaladó eredmények érhetők el. Alkalmazásukkal nemcsak a haltermelés feltételei optimalizálhatók, de az egységnyi halmennyiség előállításához szükséges vízmennyiség, valamint a környezetbe kerülő szerves hulladék mennyisége is jelentősen csökkenthető. A haltermelő rendszereken belüli hatékony vízminőség szabályozás révén nő a haltermelés biztonsága és hatékonysága, illetve javul a termék minősége, a jobb minőség pedig növeli a rendszert alkalmazók piaci versenyképességét. A korábbi évek kutató-fejlesztő munkájának eredményeképpen különböző, üzemi körülmények között is kipróbált műszaki megoldások és technológiai változatok állnak rendelkezésre, amelyek jó alapját képezik ilyen rendszerek szélesebb körű gyakorlati alkalmazásának.

A **vietnami integrált akvakultúra fejlesztési** program bizonyította, hogy a hazai halászat eredményeit sikeresen alkalmazzák nemzetközi projektek is fejlődő országok élelmiszer ellátásának és a lakosság életszínvonalának növelése érdekében. A magyar halszaporítási és halkeltető fejlesztési ismeretek hozzájárultak a vietnami halivadék ellátás minőségi fejlesztéséhez, és a halgenetikai kutatások feltételeinek javításához. A program eredményei és tapasztalatai jó alapot szolgáltatnak fejlődő országok trópusi akvakultúrájának fejlesztésére irányuló programokban való további részvételre, illetve azok szélesebb körű alkalmazására világszerte.

A **hazai természeti erőforrások integrációs szemléletű** védelmének és ésszerű hasznosításának növekvő igénye az akvakultúra, illetve a halászat szemléletbeli változását és új technológiák fejlesztését igényli annak érdekében, hogy a hazai halászat az erőforrásokért és a piacokért folytatott élesedő küzdelemben versenyképes maradjon, és ugyanakkor hagyományos értékeit megőrizhesse. A hazai halászatnak fel kell készülnie a harmadik évezred elején jelentkező kihívásokra, különös tekintettel hazánknak az Európai Unióhoz történő csatlakozására. A dolgozatban tárgyalt alapelvek, illetve bemutatott technológiák alkalmazása segítheti azokat a törekvéseket, amelyek arra irányulnak, hogy a hazai halászat megfeleljen a XXI. század küszöbén jelentkező kihívásoknak.

SUMMARY

My research and development work aiming at the development of fish production systems of responsible use of natural resources are discussed in five main chapters according to the following:

- (1) Development of integrated fish-cum-duck production systems
- (2) Development of combined extensive-intensive fish production systems
- (3) Development of industrial-like fish production systems
- (4) Development of integrated fish production systems in Vietnam
- (5) Bases and possibilities of integrated resources management in Hungary

The main results and findings discussed in details in the relevant chapters are briefly summarised in the following:

The experiments aiming at the development of the **integrated fish-cum-duck production systems** revealed that the advantages of the conventional integration (reducing nitrogen and phosphorous content of the effluent from the integrated ponds, and utilising the nutrients for the production of fish) could be achieved at high intensity level as well. Adequate technical and technological data have been elaborated for the design and operation of intensive integrated fish-cum-duck production systems, and guideline for their establishment in various environmental conditions is also available.

Based on the investigations of a model **combined extensive-intensive fish production system**, it can be concluded that much higher yields can be reached than the typical annual average fish pond yields in Hungary by the application of this technology. This new type of system is water efficient, therefore, the conflicts during the competition with other water users can be minimised. The organic material and nutrient emission to the natural environment can also be reduced through the circulation and treatment of the effluent from the intensive ponds.

The results and experiences of the large-scale experiments can be used for setting guideline for the design of combined extensive-intensive systems.

In **industrial-like fish production systems** the attainable yields are higher with magnitudes than that of conventional fish pond systems. In these systems, not only the conditions for intensive production could be optimised, but the water requirement of the production and the environmental impact can also be reduced. Through the efficient water quality control in the system, the safety and efficiency of the production can be increased, and the quality of the product could also be improved. The better product quality results in improved market competitiveness of those farmers who apply such systems. As a result of research and development work in the previous years, different type of industrial-like fish production systems have been elaborated and tested in farming conditions. The results and experiences with their operation contribute to the wider practical application of such systems in Hungary.

The results of the **integrated aquaculture development project in Vietnam** proved that the Hungarian results and experiences in freshwater aquaculture could be applied successfully in developing countries for the improvement of food supply and livelihood of the rural population. The Hungarian knowledge in the design and operation of freshwater fish hatcheries has contributed to the development of quality fish seed supply and also to the improvement of the conditions of fish genetics and breeding research programmes. The results and experiences of the project facilitate the further involvement of Hungarian aquaculture experts in tropical aquaculture development projects in developing countries and the world-wide use of the results of Hungarian aquaculture development.

The increasing needs for the **integrated natural resources management in Hungary** require the introduction of new concepts and technologies, of which application is vital for the improvement of the competitiveness of the aquaculture sector in the ever increasing competition for resources and markets, without losing traditional values. The Hungarian aquaculture sector should be prepared to meet the challenges at the beginning of the third millennium, with special regard to the accession to the European Union. Wider application of those principles and technologies, which are discussed in this study may help efforts aiming at the development of the Hungarian aquaculture sector to meet new challenges at the threshold of the Twenty-first Century.