

A precíziós állattenyésztés elveinek alkalmazása a haltenyésztésben

Stündl László – Fehér Milán – Bársony Péter

Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma,
Debrecen
stundl@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Az akvakultúrás termékek: halak, rákok, puhatestűek, vízinövények igen széles termékskálát képviselnek, és irántuk a kereslet világszerte folyamatosan növekszik. Ennek oka, hogy egyrészt olcsó és könnyen előállítható fehérjeforrások így – főként a gazdaságilag fejletlen meleg égövi területeken – népelelmezési jelentőségük van, ugyanakkor a fejlettebb országokban a prémium kategóriás élelmiszerek is ezekhez tartoznak. Az évi 164 millió tonnás termelés (2009) a már évek óta stagnáló természetesvízi (tengeri és édesvízi) halászatból és dinamikusan (2000–2009), évi 6%-os ütemben fejlődő akvakultúrából származik. Ez utóbbi részaránya már közel 45%, ennek oka a tengeri halállományok túlhalászat miatti kimerülése. Az akvakultúra fejlődése azért is töretlen, mivel e rendszerekben jól tervezhető és biztonságos módon lehet terméket előállítani.

A precíziós haltermelés képviselői az intenzív haltermelő rendszerek, számos típusuk létezik melyek világszerte igen elterjedtek. A legkorszerűbb számítógép vezérelt több ezer m³-es temperáltvízű recirkulációs halnevelő telepek Európában is meghonosodtak, mivel így folyamatosan egész éven át termelhetők a legértékesebb fajok is. A technikai/takarmányozási feltételek kialakításánál elsődleges szempont, hogy az a termelt faj(ok) igényeihez igazodva, megbízhatóan és költséghatékonyan legyen működtethető. Ennek egyik feltétele az intenzifikálás, azaz egységnyi erőforrás-felhasználásra több terméket lehessen előállítani. Az üzemeltetés energiaigénye jelentős, ezért előnyben kell részesíteni a megújuló (geotermikus) energiák felhasználását, melyre hazánk adottságai komparatív előnyt jelentenek.

Kulcsszavak: recirkulációs akvakultúra, biológiai, technológiai, gazdasági, környezeti és energetikai aspektusok

SUMMARY

Aquaculture species such as fish, crayfish, molluscs and plants are a wide range of products, with continuously growing demand worldwide. The reasons for this is that they are cheap and easy-to-raise protein sources, thus having significance in food supply especially in developing countries in tropic regions, moreover, the premium category foodstuffs in developed high income countries are also belonging to this category. World annual total production of 164 million tons (2009) are made up of two sources: 1) marine and inland fisheries landings that are stagnating for several years and 2) aquaculture which is growing dynamically with annual 6% rate between 2000–2009. The latter is accounting for nearly 45% of the total supply due to the depleting marine stocks caused by overfishing. Aquaculture is growing continuously also because the production is safe and can be planned well.

Intensive fish production systems are the representatives of precision animal production, several types exist and widespread worldwide. The modern computerized temperate water recirculation plants with several thousand m³ capacity are widespread also in Europe because they make it possible to produce even the most valuable species whole year round. A key issue in the technical/feeding outlay is to meet the demands of the cultured species the best and the operation of the system is to be safe and cost-effective. One condition for this

is intensification: enable to produce more product per unit resource input or effort. The facilities need significant amount of energy, thus renewable energy sources are to be favoured for which Hungary has comparative advantages

Keywords: recirculating aquaculture, biological, technological, economic, environmental and energetic aspects

BEVEZETÉS

Az akvakultúra – azaz vízi növények és állatok kereskedelmi célú termelése – a fajok, módszerek és technológiák széles körét érinti. Legegyszerűbb formája medencékben, tavakban, vagy természetes vizekből kizárt terekben (öblözetekben, lagúnákban, vagy ketrecekben) történő halnevelés, melynek célja általában az étkezési hal előállítás. (McAvoy, 2009). Ez a Világ egyik leggyorsabban növekvő élelmiszer-ágazata: a népesség által elfogyasztott halak és más vízi állatok körülbelül fele már napjainkban is ilyen tenyészetekből származik (Európai Unió, 2011a).

Az európai halfogyasztás (EU 25) 22,1 kg/fő/év, jelenleg a Világ átlagot (17,1 kg/fő/év) meghaladja (Szűcs és Tikász, 2008). Ez az átlagérték természetesen szélsőségeket takar, a legnagyobb Portugáliában (61,6) legalacsonyabb Bulgáriában (4,2) (FAO, 2010). A FAO által kiadott előrejelzés (Failler, 2007) eredménye azt mutatja, hogy a hal- és halászati termékek iránti igény 2030-ig jelentősen növekedni fog. Az egy főre jutó fogyasztás (EU 27 és Norvégia) 22-ről 24 kg/fő/év értékre növekszik. Ez azt jelenti, hogy a nettó kínálatban 1,6 millió tonna terméktöbbletet igényel, melyet a 22 millió fővel gyarapodó lakosság és az egyre nagyobb mértékű halfogyasztás együttes hatása okozza. Ugyancsak erősödik a feldolgozott és konyhakész termékek iránti igény, mely elsősorban a nagyobb vásárlóerővel rendelkező EU 15 országokban lesz kifejezettebb. Az előrejelzések szerint a fogyasztás minden termékcsoporthoz növekedni fog, ez a rákféléknél 25%, a puhatestűek és lábasfejűeknél 17%, a tengeri és édesvízi halaknál pedig 12 és 6% lesz.

A jelenleg legnagyobb mennyiségben fogyasztott fajok közös tulajdonsága, hogy szátkamentesek és tengeri halra emlékeztető ízvilágúak. Az európai fogyasztói igényeknek ezek felelnek meg. A hazai versenyképes haltermelés fejlesztésében ezek a tengeri fajok nem jöhetnek szóba, helyettük viszont lehetséges olyan fajok előállítása, melyek alkalmasak édesvízi nevelésre és megfelelnek a legmagasabb fogyasztói igényeknek. Ilyenek a sügérfélék (pl. Barramundi – *Lates calcarifer*; a vörös árnyékhal – *Sciaenops ocellatus*; hibrid csíkos sügér – *Morone saxatilis* x *M. chrysops*; vagy a nilusi tilápia – *Oreochromis niloticus*).

A HALTERMELÉS KÖRNYEZETI ÉS FENNTARTHATÓSÁGI ASPEKTUSAI

Egyre növekszik a világ élelmiszerigénye, és ezzel arányosan nő a természeti tartalékokra nehezedő nyomás. Az igazi kihívást az jelenti, hogy a termelés növelése közben csökkentjük annak a szárazföldre és a tengeri vizekre gyakorolt hatását. (Európai Unió, 2011a). Az európai élelmiszer előállításban egyre inkább előtérbe kerülnek a fenntarthatósági aspektusok, valamint a növekedést akadályozó környezeti kényszerek: betegségek, élelmiszer-egészségügyi és -biztonsági kérdések (McAllister, 1999). A termelésnek nem csupán környezeti szempontból kell fenntarthatónak lennie, hanem ugyanilyen fontosak a gazdasági és társadalmi vonatkozások is. Az intenzív akvakultúrával kapcsolatos környezeti problémát az alábbiakban Baird et al. (1996) és más szerzők nyomán mutatunk be:

- Hulladék- és tápanyagterhelés: a nagy mennyiségű és rossz hatékonyságú halliszt- és halolaj-felhasználás miatt a szilárd anyagok, tápanyagok (N, P, ásványi anyagok) előtisztítás nélküli kikerülése, és ezek hatása a befogadó víztestre, az élőbevonatra, valamint az ott élő fajok mennyiségére és diverzitására (Jennings et al., 2001). Ezt súlyosítja, hogy több esetben a takarmányok összetétele és adagolása nem pontosan felel meg az adott faj igényének, így itt indokolatlan túltakarmányozás fordulhat elő (Wu, 1995).
- Vízcserre: a szárazföldi intenzív rendszerekben a rendszerből távozó víz helyett viszonylag nagy mennyiségű pótvízre lehet szükség. Az elfolyó víz terhelése viszont nem mindig olyan koncentrációjú, hogy hatékonyan hasznosítani lehetne pl. extenzív akvakultúrával.
- Kiszökő példányok: a sérült rendszerekből, vagy pl. átfolyóvízes halnevelőkből áradások esetén a halrácsok sérülésekor a meglévő természetes fauna genetikai szennyezése következhet be, vagy egy erősebb (életrevalóbb, genetikailag egyöntetűbb) faj kikerülése visszaszoríthatja a természetes állományt. Ugyancsak előfordulhat új betegség megjelenése is. Mindezek a biodiverzitás csökkentését eredményezik. Ez a hatás függ attól, hogy az idegen faj életképes tud-e maradni, valamint hogy tud-e szaporodni, végső soron kereszteződni a természetes állománnyal (Black, 2001).
- A védett/védendő fajok kártétele: a tenyésztett fajoknak okozott stressz, veszteség vagy betegségek ellen úgy kell fellépni, hogy az ne veszélyeztesse a területen élő természetvédelem értékeit.
- Betegségek kijutása: egyik leglényegesebb probléma, mivel a tenyésztett fajok ellenálló képessége – a tenyésztési munka és a vakcinázás, immunizálás miatt – jobb (Forrest et al., 2007), így hordozhatnak olyan parazitákat, kórokozókat, melyek a vad állományokra végzetes hatással lehetnek.

Korszerű technológiai kivitelezés és a jó haltermelési gyakorlatnak (Good Aquaculture Practice – GAP) megfelelő üzemeltetés esetén fenntarthatósági szempontból az akvakultúrák rendszerei megfelelőek. A hazai adottságainknak és az európai piaci igényeknek (geotermikus energiaforrás, folyamatos működés, ér-

tékes és különleges halfajok nevelhetősége, piacokhoz való közelség) ezek közül leginkább a magas műszaki színvonalú, így a precíziós haltermelés elveinek leginkább megfelelő recirkulációs halnevelők felelnek meg.

A RECIRKULÁCIÓS RENDSZERŰ INTENZÍV HALNEVELŐ RENDSZEREK JELLEMZŐI

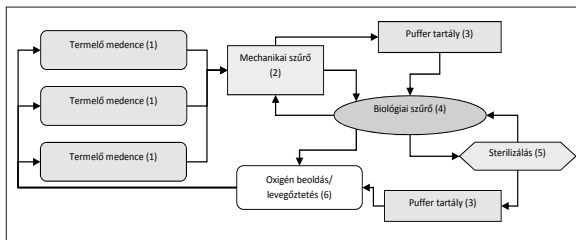
A fentiekben leírt tendenciák egyértelműsítik, hogy Európában igen nagy kereslet tapasztalható a hal- és halászati termékekre, melyet jó minőségben és megbízható módon csak az akvakultúra képes kielégíteni. Az erőforrások hatékony felhasználása és a fenntarthatósági és élelmiszerbiztonsági kérdések előtérbe kerülése miatt ezeknek a kihívásoknak legjobban az intenzív haltermelő rendszerek tudnak megfelelni.

Az elmúlt ötven évben látványos fejlődésnek indult a zárt rendszerű haltermelés. Ezt a technológiát először a halszaporítás során, a halkeltetőkben alkalmazták. Amint egyre több ismeret állt rendelkezésre a vízkémiai paramétereiről, biológiai folyamatokról, valamint a tápanyagmérlegről, egyre inkább lehetségessé vált a leginkább fenntartható, úgynevezett recirkulációs halnevelés. Itt a technológiai víz mechanikai és biológiai tisztítás után visszakerül a halnevelő medencékre, így a külső környezettől – kórokozóktól – teljesen elzártan és optimalizált körülmények lehet nevelni, mely több célfaj esetében elengedhetetlen a gazdaságos termeléshez, valamint a szaporításhoz (Subasinghe és Currie, 2005).

A rendszerek alapelve, hogy a víz zárt körforgásban marad: a halnevelő egységekről távozó víz tisztításra kerül, így „újra keringtethető” lesz. A rendszerek egyik előnye, hogy a külső környezettől elszigeteltek, ami lehetővé teszi a víz valamennyi paraméterének kontrollját és szabályozását: a hőmérsékletet, a pH-t, a sótartalmat, a fertőtlenítést, a szerves anyagcsere-termékek kezelését stb. A technológia az iparszerű halnevelő telepeken az 1980-as évek óta terjedt el, különösen a szélsőséges éghajlatú országokban előnyös, mivel nyáron és télen egyaránt lehetővé teszi a víz hőmérsékletének és szabályozását. Édesvízben e rendszert elsősorban a szivárványos és tengeri pisztráng, a harcrafélék és az angolna esetében alkalmazzák, de valamennyi faj számára megfelelő, beleértve számos tengeri fajt is (Európai Unió, 2011b). Olyan mesterséges ökoszisztémának tekinthetők, melyekben a termelt célfajok számára optimális körülményeket teremtenek úgy, hogy azokat természetes környezetüktől elválasztják. E rendszerek térhódítását több tényező párhuzamos fejlődése tette lehetővé: a.) tenyészállomány tartása mesterséges körülmények között az időzithető ivarérettség biztosítására; b.) lárvanevelés tökéletesítése, c.) ivadék és előnevelt állomány tervezett értékesítésének biztosítása (Wecker et al., 2007).

A rendszerek általában medencékből (termelő egységekből) ülepítő és biológiai szűrő részből állnak (1. ábra), a víz áramlása is ebben az irányban történik: a nevelő medencékről lefolyó vizet először mechanikailag szűrik (eltávolítják a nagyobb szennyeződések) majd az oldott anyagok (elsősorban ammónia/ammónium) semlegesítése történik (Stickney, 1994).

1. ábra: A recirkulációs halnevelő rendszer általános felépítése



Megjegyzés: a nyilak a víz áramlásának irányát jelölik

Figure 1: General scheme of a Recirculating Aquaculture System (RAS)

Culture unit(1), Mechanical filter(2), Sump(3), Biological filter(4), Sterilisation(5), Oxygen injection/aeration(6), Note: arrows indicating the direction of water-flow

A recirkulációs rendszerek a víztakarékosság mellett lehetővé teszik, hogy az élőlények (akár növények, akár állatok) életfolyamatait lényegesen befolyásoló elemeket (pl. hőmérséklet, sótartalom, oxigén, ragadozók, betegségek stb.) kontrollálni tudjuk. Ez ugyan költséges lehet, mivel a működéshez (a víz mozgatásához) elektromos energia, az optimális hőmérséklet fenntartásához (fűtéshez, vagy hűtéshez) pedig további energia felhasználás szükséges. Ugyancsak rendelkezni kell áramkimaradás esetére biztonsági tartalék rendszerrel is. A környezetileg leginkább fenntartható megoldás az alternatív energiaforrások (geotermális, nap vagy szél, esetleg hulladék hő) használata (LSGCP, 1997).

Ezen rendszerek gyakorlatilag bárhová telepíthetők, akár települések határain belül, kihasználva az esetleges meglévő épületek és a piacok közelségét, csökkentve ezzel akár a beruházási, akár a szállítási költségeket (White et al., 2004). A recirkulációs rendszerek kialakulását és elterjedését az energiatakarékosság mellett a csökkentett vízkibocsátással kapcsolatos környezetkímélő technológiák iránti növekvő igény is támogatja (Chen et al., 2002). Ugyanakkor a beruházási és üzemeltetési költségek magas és a műszaki berendezések bonyolultsága miatt előfordulhatnak komoly következményekkel járó hibák. E miatt működtetésük jelentősebb menedzsment, takarmányozási és egészségügyi kontrollt igényel. Ennek ellenére egy jól megtervezett és kivitelezett, nagyértékű fajokat elállító rendszer mind költséghatékonyság mind biztonság szempontjából kielégítően és versenyképesen működtethető, a környezetvédelmi előírások és az értékes fajok iránti igény miatt pedig különösen megfelelők Európában (Funge-Smith és Phillips, 2001).

A biológiai, technológiai és gazdasági szempontból egyaránt optimális üzemeltetés főbb elemei az alábbiak (McGee és Cichra, 2000; valamint Yanong, 2003 nyomán):

- A medencék alakja, mérete: a termelő medencék anyaga, mérete és alakja igen változatos lehet, a legelterjedtebbek a műanyagból készült kör- és téglalap alapú („raceway”) beton medencék. Lárva- és ivadéknevelésre általában kisebb, 3–5 m³-es műanyag kör-, míg hizlalásra 40–60 m³-es téglalap alapú betonmedencéket alkalmaznak.

- Szilárd lebegőanyag eltávolítása: a halak ürülékéből és a nem elfogyasztott takarmányból származó szilárd fázis bomlása jelentős oxigén igénnyel és a mérgező ammónia felszabadulással jár. A hatékony eltávolításhoz ezért koncentrálni (sűríteni) kell ezt. Jelenleg a háló/szita elven működő tányér-, vagy dobszűrőket használják, de elterjedtek még a gravitációs elven működő ülepítők (lamella; ciklon-, vagy vortex szeparátorok is. Az igen kisméretű (20 µm alatti) anyag leválasztására a sűrített levegővel működő hableválasztók más néven szkimmerek alkalmasak.
- Biológiai szűrés: a halak és más vízi élőlények nitrogénben gazdag ürüléküket ammónia (NH₃) formájában választják ki a kopolyumembránon keresztül. A vizelet, szilárd ürülék és feleslegben adagolt takarmány, mint ammóniaforrások mind hozzájárulnak az emésztetlen nitrogén-terheléshez. Az ammónia mérgező a halak számára, de igen kicsi (0,05 mg/l alatti) koncentrációban még nem letális, viszont gyenge növekedést és kisebb ellenálló képességet eredményeznek. Az ammónia nitríté, majd nitráttá történő oxidációját két lépcsőben aerob nitrifikáló baktériumok (*Nitrosomonas* és *Nitrobacter*) végzik. A biológiai szűrők műanyagból készülnek, nagy felületűek (akár 900–1000 m²/m³).
- Levegőztetés/oxigén ellátás: a vizet a halak életfenntartása és termelése, valamint a biológiai szűrő megfelelő üzemelése miatt – mivel a nitrifikáció aerob folyamat – a kívánatos oldott oxigén koncentráció fenntartása érdekében mindenképpen levegőztetni kell. Levegőt, vagy nagyobb telepítési sűrűség esetén oxigént juttatnak a halnevelő egységekbe és a biofilterbe ezzel segítve a bakteriális lebontó folyamatokat. Az oldott oxigén telítettségnek legalább 60%-osnak kell lennie, melyet rendszeresen ellenőrizni kell. Mivel termelt fajok hő optimuma magas (23–27 °C), így az intenzív termelés szűk keresztmetszete leggyakrabban a megfelelő oxigénszint biztosítása. Eszközei a lapátkerékes levegőztető vagy a különböző porlasztókövek. Egy bizonyos intenzitás (halsűrűség és takarmány-felhasználás) felett már csak folyékony oxigén beoldással biztosítható, amely viszont elég költséges és csak nagyobb telepeken alkalmazható költséghatékonyan.
- Egészségügy-prevenció: a működéshez szükséges megbízható egészségi állapot fenntartásához leggyakrabban két módszert, UV sugárzást, vagy ózon adagolását alkalmaznak. Az UV fény erős, kb. 254 nm hullámhosszúságú optimális, működési elve, hogy károsítja az örökítő anyagot (DNS, RNS) és a fehérjéket. A legtöbb kórokozó ellen 20–160 ezer µW sec/m² dózis megfelelő. Használata nem folyamatos, mivel károsíthatja az összes vízi mikroorganizmust is. Az ózon (O₃) rendkívül reaktív, erősen redukáló anyag, amellyel a víz egy zárt térben találkozik. Hatása, hogy lebontja az oldott és lebegő formában lévő molekulákat, csakúgy mint a kórokozókat is. Vezethető a hableválasztóba is, mely növeli a hatékonyságot. Mivel erősen mérgező hatású, így nem kerülhet vissza a rendszerbe, gáztalanítóval, vagy szénszűrővel kell eltávolítani.

- Takarmányozás: a rendszerekben magas, 40–60% nyersfehérje és 10–15% olajtartalmú keveréktakarmányokat alkalmaznak, melyekhez tengeri halászatból származó hallisztet és halolajat használnak fel. A takarmányértékesítés a termelt fajok esetén viszonylag jó (1–2 kg/kg). A leginkább elfogadott megoldás az, hogy az állomány biomassa tömegének 0,7–1,5%-ának megfelelő napi takarmányadagot 3–4 alkalommal juttatják ki.
- Energetika: az energiahatékonyság a zárt haltermelő telepeken kiemelt jelentőségű, hiszen ez a költségek jelentős részét teheti ki. Ennek érdekében egyre inkább az ún. alacsony emelőmagasságú („low-head”) rendszerek terjednek, ahol a víz mozgatása minimális energiaigényű, mivel a medencék és a tisztító rendszer üzemvízszint-különbsége mindössze 30–40 cm. Az épületek szigetelése, valamint a megújuló energiák alkalmazása szintén segíti a gazdaságosság növelését. Jelenleg a több energiaforrás (fosszilis, geotermikus, nap, biomassa stb. – „energiamix”) használata lehet optimális megoldás.
- Üzemeltetés: a rendszereket a működtetés műszaki biztonsága és gazdaságossága szempontjából egyaránt az egyszerűség jegyében kell megtervezni. Az alapvető ellenőrző berendezések közül az oldott oxigén, hőmérséklet és ammónia/pH on-line monitoring rendszert minden esetben célszerű beépíteni. Ezek egyrészt automatikusan szabályozzák a rendszert, másrészt a beállított küszöbértékek változása esetén riasztanak és akár távoli beavatkozást is lehetővé tesznek.

Újabban a műszaki és biológiai elemek összehangolását és az rendszer egyszerűsítését együttesen alkalmazzák. Az első lépés az elfolyó víz tisztításának közvetlen megoldása, az ún. akvapónia alkalmazása. Ez az elem a hidropóniás (tápolatos) növénytermesztés elvét, technikai megoldásait kombinálja az akvakultúrával: a víz forgatása olyan medencéket is érint, ahol saláta- vagy fűszernövények (pl. rukkola, menta stb.) termelése történik. A növények a víz nitrogén- és foszfortartalmát hasznosítják, ezáltal kettős előnyt nyújtanak: egy új termék előállítása mellett a víz tisztítása megtörténik, így az visszavezethető a haltermelő egységekre.

A PRECÍZIÓS HALTERMELÉS FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEI

Az akvakultúra fejlesztésnek úgy kell az egészséges és biztonságos termék előállítását segítenie, hogy egyúttal ne veszélyeztesse a környezetét, azaz megfeleljen a fenntarthatóság szempontjainak. El kell kerülni az olyan jelenleg széleskörűen elterjedt, de hosszú távon nem fenntartható technológiák alkalmazását, mint

pl. a ketreces lazacnevelés vagy kistavas garnéla előállítás. A következő szempontok javasoltak a fenntartható fejlesztés érdekében (White et al., 2004 nyomán):

- 1.) Ökológiailag fenntarthatóbb gyakorlat: integrált és/vagy polikultúras rendszerek alkalmazása (pl. hal-kagyló vagy hal-növény, vagy akvapónia/hidropónia); a faj- és korcsoport-specifikus takarmányozásban rejlő lehetőségek jobb kihasználása (beleértve a bio- és nanotechnológiai módszereket is); az elfolyó víz tisztítása/hasznosítása (ülepítő tavak, wetland-ek, hidropónia stb.)
- 2.) Alacsony vízfelhasználású, -kibocsátású és üzemeltetési költségű zárt rendszerekre történő áttérés: a halállomány sűrítésének fokozása és a teljes cserélt víz visszanyerése; a megújuló energiák használatának előtérbe helyezése.
- 3.) A természetes-vízi halállományra (hízlalási alapanyag-ivadék és halliszt/halolaj) alapozott termelés jelentős csökkentése, vagy – lehetőség szerint – teljes kizárása: növényi alapanyagok/alternatív fehérjeforrások alkalmazása a tápgyártás során; a halliszt és halolaj állati takarmányként való felhasználásának csökkentése, ezzel párhuzamosan a bio- és nanotechnológiák, pre- és probiotikumok és más természetes hozamfokozók alkalmazása.
- 4.) Az akvakultúra termékek minőségbiztosításának, nyomonkövethetőségének és címkézési sztenderdjeinek kialakítása: a tanúsítás mind elemének objektívnek és igazolhatónak kell lennie, valamint a folyamat minden elemét hozzáférhetővé kell tenni a lakosság és hivatalos szervek számára; a nyomonkövetés esetében a korszerű informatikai eszközök/internet használata előnyös; az elfogadottság érdekében a tanúsítást egy hivatalos szervezetnek kell végezni.
- 5.) A hosszútávú társadalmi és gazdasági előnyöket hordozó tevékenységek fejlesztése: a szántóföldi növénytermesztéshez hasonló jövedelem diverzifikáció (többféle technológia alkalmazására és fajtermelésére) javítja a biztonságot; a recirkulációs telepeket lehetőség szerint lakott területek (városok) közelébe kell építeni, kihasználva a piacok közelségét és a már meglévő (ipari) épületek átalakításának lehetőségét; figyelembe kell venni a szocio-ökonómiai hatást is: a fejlesztések nem okozhatják munkahelyek elvesztését más szektorokban. A termelékenység növelése, a termékminőség javítása és a szektor versenyképességének fokozása a környezet veszélyeztetése nélkül mind kulcskérdések. A technológiafejlesztésnek – az edesvízi intenzív akvakultúra esetében – elsősorban az intenzív technológiákra, a halliszt és halolaj kiváltására, a több faj együttes termelésére (polikultúrára) és az irányítási eszközökre kell fókuszálnia (Váradi et al., 2001).

IRODALOM

- Baird, D. J.–Beveridge, M. A.–Kelly, L. A.–Muir, J. F. (1996): Aquaculture and water resources management. Institute of Aquaculture, Stirling. Blackwell Science Inc. Cambridge. MA.
- Black, K. D. (2001). Environmental, economic and social impacts of mariculture. [In: Steele, J.–Thorpe, S.–Turekian, K. (eds.) Encyclopedia of Ocean Sciences. Academic Press. 1578–1584.
- Chen, S.–Summerfelt, S.–Losordo, T.–Malone, R. (2002): Recirculating Systems, Effluents, and Treatments. [In: Tomasso, J. (ed.) Aquaculture and the Environment in the United States. The United States Aquaculture Society – a Chapter of the World Aquaculture Society.] Baton Rouge. Louisiana. USA. 119–140.

- Európai Unió (2011a): Az EU akvakultúra-stratégiája. http://ec.europa.eu/fisheries/cfp/aquaculture/strategy/index_hu.htm
- Európai Unió (2011b): Akvakultúra-módszerek: Az édesvízi intenzív halgazdálkodás. http://ec.europa.eu/fisheries/cfp/aquaculture/aquaculture_methods/index_hu.htm
- Failler, P. (2007): Future prospects for fish and fishery products. 4. Fish consumption in the European Union in 2015 and 2030. Part 1. European overview. FAO Fisheries Circular. No. 972/4. Part 1. Rome. FAO. 2007. 204.
- FAO (2010): Fishery and Aquaculture statistics. FAO yearbook 2008. Rome, FAO. 2010. 72. <http://www.fao.org/docrep/013/i1890t/i1890t.pdf>
- Forrest, B.–Keeley, N.–Gillespie, P.–Hopkins, G.–Knight, B.–Govier, D. (2007): Review of the ecological effects of marine finfish aquaculture: final report. Prepared for Ministry of Fisheries. Cawthron Report No. 1285. 71.
- Funge-Smith, S.–Phillips, M. J. (2001): Aquaculture systems and species. [In: Subasinghe, R. P.–Bueno, P.–Phillips, M. J.–Hough, C.–McGladdery, S. E.–Arthur, J. R. (eds.) Aquaculture in the Third Millennium.] Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium. Bangkok. Thailand. 20–25 February 2000. NACA. Bangkok and FAO. Rome. 129–135.
- LSGCP (1997): Urban Aquaculture for the 21st Century. Louisiana Sea Grant College Program.
- MacAlister, E. (1999): Forward Study of Community Aquaculture. EU DG XIV Report. EU, Brussels.
- McAvoy, A. (2009): „Hawaii regulators approve first US tuna farm”. Associated Press. <http://abcnews.go.com/Business/wireStory?id=8905220>. Retrieved April 9 2010.
- McGee, M.,–Cichra, C. (2000): Principles of Water Recirculation and Filtration in Aquaculture Department of Fisheries and Aquatic Sciences. Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. First published October 1988. Reviewed April 2000.
- Stickney, R. R. (1994): Recirculating water systems. [In: Stickney, R. R. Principles of aquaculture.] John Wiley & Sons. New York. 722–731.
- Subasinghe, R.–Currie, D. (2005): Aquaculture topics and activities. Aquaculture systems. [In: FAO Fisheries and Aquaculture Department – online.] Rome. Updated 27 May 2005. Cited 10 July 2011.
- Szűcs I.–Tikász I. E. (2008): A magyarországi fogyasztók halvásárlási és halfogyasztási szokásainak helyzete (előadás). XXXII. Halászati Tudományos Tanácskozás. Szarvas. 2008. május 14–15.
- Varadi, L.,–Szucs, I.–Pekar, F.–Blokhin, S.–Csavas, I. (2001): Aquaculture development trends in Europe. [In: Subasinghe, R. P.–Bueno, P.–Phillips, M. J.–Hough, C.–McGladdery, S. E.–Arthur, J. R. (eds.) Aquaculture in the Third Millennium.] Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium. Bangkok. Thailand. 20–25 February 2000. NACA. Bangkok and FAO. Rome. 397–416.
- Wecker, B.–Karimov, B.–Waller, U.–Matthies, M.–Lieth, H. (2007): Sustainable Aquaculture in Recirculating Systems Feasibility Study for the Catchment Area of the Aral Sea. Institut für Umweltsystemforschung der Universität Osnabrück. 78.
- White, K.–O’Neill, B.–Tzankova, Z. (2004): At a Crossroads: Will Aquaculture Fulfill the Promise of the Blue Revolution? Sea-Web Aquaculture Clearinghouse. 17.
- Wu, R. S. S. (1995): The environmental impact of marine fish culture: Towards a sustainable future. Marine Pollution Bulletin 31: 159–166.
- Yanong, R. P. E. (2003): Fish Health Management Considerations in Recirculating Aquaculture Systems – Part 2: Pathogens. Florida Cooperative Extension Service. University of Florida. Circular 121. 9.

