

HALÁSZAT – TUDOMÁNY

11. évfolyam | 2. szám | 2025

Alapítva: 2015



› A mesterséges intelligencia szerepe a fenntartható akvakultúrában - példa a releváns szakirodalom MI-támogatott feldolgozására

› Pisztráugsüggér szaporítási technológiájának fejlesztésére irányuló vizsgálatok

HALÁSZAT – TUDOMÁNY

11. évfolyam | 2. szám | 2025

Az Agrárminisztérium tudományos folyóirata

A HALÁSZAT-TUDOMÁNY
elektronikus lap szerkesztőbizottsága

Főszerkesztő:
Dr. Urbányi Béla

Tudományos főszerkesztő-helyettes,
szerkesztő:
Dr. Bozáné Dr. Békefi Emese

A szerkesztőbizottság tagjai:

† Dr. Bercsényi Miklós
Dr. Farkas Anna
Dr. Hancz Csaba
Dr. Harka Ákos
Dr. Jeney Zsigmond
Dr. Molnár Kálmán
Dr. Németh István
Dr. Orbán László
Patakiné Dr. Várkonyi Eszter
Dr. Székely Csaba
Dr. Szűcs István
Dr. Váradi László

A folyóirat megjelenését támogatja:
az Agrárminisztérium megbízásából a
Magyar Akvakultúra és Halászati
Szakmaközi
Szervezet

Kiadja:
Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.
1223 Budapest, Park u. 2.
www.hermanottointezet.hu

Felelős kiadó:
Füredi Kornél

HALÁSZAT-TUDOMÁNY
Megjelenik félévenként

Szerkesztőség:
Magyar Agrár- és Élettudományi
Egyetem
Akvakultúra és Környezetbiztonsági
Intézet
Halászati Kutatóközpont (HAKI)
5540 Szarvas Anna-liget utca 35.
Telefon: 06 66 515 300
E-mail:
bozanne.bekefi.emese@uni-mate.hu

A Halászat-tudomány című online
kiadvány ISSN azonosítója:
ISSN 3003-9797 (Online)

Címlapfotó:
Címlap: Fészkét őrző pisztrángsügér
Fotó Vass Norbert

Kedves Olvasóink!

Új év, új kihívások, új tudományos eredmények – de a cél változatlan: támogatni a hazai halászati és akvakultúra-ágazat fejlődését megalapozott, hiteles és előremutató kutatások bemutatásával. A Halászat-Tudomány idei második száma olyan témákat gyűjt egybe, amelyek egyszerre jelzik az ágazat technológiai megújulását és őrzik a gyakorlati tapasztalatokra épülő szakmaiságot.

Külön öröm számomra, hogy ebben a számban két olyan tanulmányt is közlünk, amelyek jól mutatják, merre tart a hazai kutatás: egyrészt a mesterséges intelligencia robbanásszerű fejlődésével együtt formálódó „Akvakultúra 4.0”, másrészt a tenyésztéstechnológiai innováció, amely közvetlen hatással lehet a gyakorlati halfajtermelés hatékonyságára.

A mesterséges intelligencia szerepe a fenntartható akvakultúrában közlemény Hancz Csaba átfogó tanulmánya, mely egy olyan területet mutat be, amely ma már nem csupán ígéret, hanem a gyakorlatba is belépő valóság. A mesterséges intelligencia alkalmazása az akvakultúrában – a vízminőség való idejű monitorozásától az automatizált etetési rendszereken át a betegségek felismeréséig – új szintre emeli a precíziós gazdálkodást. A szerző külön figyelmet szentel a tematikus keresőmotorok és AI-alapú kutatási asszisztensek használatának, és bemutatja, hogyan teszik hatékonyabbá az irodalomfeldolgozást. Írása nem csupán tudományos áttekintés, hanem gondolatébresztő is arra nézve, hogy képesek vagyunk-e lépést tartani azzal az ütemmel, amellyel a technológia alakítja az akvakultúra jövőjét.

Pisztrángsügér-szaporítási technológia fejlesztése cikk Vass Norbert és munkatársai vizsgálatát mutatja be, amely a pisztrángsügér mesterséges szaporítási technológiájának hatékonyságát vizsgálja. A kutatócsoport egy új módszer eredményességét értékelte, ahol a megtermékenyített ikrák fészkekről történő lerázása és Zuger-üvegekben való keltetése került összehasonlításra a hagyományos, fészken történő keltetéssel. Az eredmények egyértelműek: a lerázott ikrákból nagyságrendileg több lárvát kelt ki, és az oxigénviszonyok is kedvezőbbek voltak. A módszer nemcsak hatékonyabb, de csökkenti a halakra nehezedő stresszt is, ami hosszú távon mind szaporodásbiológiai, mind állatjóléti szempontból előrelépést jelenthet. Kevés olyan kutatás születik, amely ennyire közvetlenül alkalmazható technológiai változtatást ajánl – ezért különösen fontosnak tartjuk, hogy ezt a munkát jelen számunkban bemutathatjuk.

Bízom benne, hogy e két tanulmány egyaránt inspirációt és gyakorlati útmutatást nyújt kutatóknak, szakembereknek, hallgatóknak és mindazoknak, akik felelősen dolgoznak a hazai hal- és akvakultúra-ágazat jövőjéért.

Kívánom, hogy az előttünk álló év legyen eredményekben gazdag, és a tudományos együttműködésekben továbbra is épp olyan élénk, mint amilyen az elmúlt időszakban volt.

Jó olvasást és kellemes időtöltést kívánok!

Dr. Urbányi Béla
Főszerkesztő
Halászat-Tudomány

TARTALOM CONTENT

<https://doi.org/10.62397/HAJTUD.2025.2.3>

Hancz Csaba

A mesterséges intelligencia szerepe a fenntartható akvakultúrában - példa a releváns szakirodalom MI-támogatott feldolgozására.....3

<https://doi.org/10.62397/HAJTUD.2025.2.11>

Vass Norbert, Ljubobratović Uroš, Fazekas Georgina, Fazekas Dorottya, Stanivuk Jelena, Nagy Zoltán

Pisztrángsügér szaporítási technológiájának fejlesztésére irányuló vizsgálatok 11

A mesterséges intelligencia szerepe a fenntartható akvakultúrában - példa a releváns szakirodalom MI-támogatott feldolgozására

Hancz Csaba

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kaposvári Campus
7400 Kaposvár, Guba Sándor utca 40.
Elérhetőség: Hancz Csaba, hancz.csaba.rezso@uni-mate.hu

Összefoglalás

A mesterséges intelligencia ma már mindennapi életünk szerves része, rendszerei jelentősen átalakítják az emberi tevékenység szinte minden területét, az ipartól és a mezőgazdaságtól a tudományos kutatásig. A változások természetesen elérték az akvakultúrát is, és az AI módszereinek alkalmazása jelentősen növeli a termelés hatékonyságát és fenntarthatóságát. A mesterséges intelligenciával támogatott vízminőség-kezelés az a terület, ami alapvetően fontos az intenzív és szuperintenzív rendszerekben, de a viszonylag olcsóbban telepíthető monitoring rendszer lehetővé teszi, hogy a félintenzív tavi rendszerekben is szerepet kapjon. Az automatizált betegségfelismerő és egészségügyi megfigyelő rendszerek az intenzív technológiákban terjednek nagy sikerrel. Az alkalmazások széleskörű terjedésének legfőbb akadálya a reprezentatív adatokhoz való korlátozott hozzáférés, no meg a jelentős költség.

A témának máris jelentős nagyságú szakirodalma van, aminek áttekintésére tesz kísérletet a jelen tanulmány. Az irodalom szokásos online forrásain túl kihasználtuk a különböző ChatGPT-k forrásgyűjtési lehetőségeit, valamint a szisztematikus irodalomkereső eszközök bevetésére is sor került. Utóbbiak közül az Elicit által produkált eredményeken keresztül mutatjuk be ezek hatékonyságát.

Kulcsszavak: akvakultúra, AI rendszerek, fenntarthatóság

Abstract

The role of AI tools in a sustainable aquaculture
Csaba Hancz
Hungarian University of Agriculture and Life
Sciences

Artificial intelligence is now an integral part of our everyday lives, with its systems having a significant impact on almost every area of human activity, including industry, agriculture and scientific research. These changes have also naturally reached aquaculture, where the application of AI methods can significantly increase

production efficiency and sustainability. AI-supported water quality management is a fundamentally important area in intensive and super-intensive systems, and the relatively inexpensive monitoring system also allows it to play a role in semi-intensive pond systems. Automated disease detection and health monitoring systems are becoming increasingly popular in intensive technologies. The main obstacles to the widespread adoption of these applications are limited access to representative data and high costs.

A significant body of literature on this topic already exists, which this study attempts to review. In addition to the usual online sources, we used various ChatGPTs to collect resources and employed systematic literature search tools. We demonstrate the effectiveness of the latter through the results produced by Elicit.

Keywords: aquaculture, AI systems, sustainability

Bevezetés

Az, hogy mesterséges intelligencia (AI/MI) forradalmának korát éljük, ami alaposan átalakítja csaknem az összes emberi tevékenységet, napjainkban már aligha kétséges bárki számára. Az 1950-es évekbeli megjelenése óta a mesterséges intelligencia mélyen beépült mindennapi életünk szövetébe. Annak ellenére, hogy ageneratív mesterséges intelligencia (GAI) elterjedése és ellenőrizetlen fejlődése jogos aggodalmakat keltett az emberi tanulás és kreativitás lehetséges kedvezőtlen következményeivel kapcsolatban, a szerepéről kialakult általános vélekedés továbbra is túlnyomórészt pozitív. A lehetséges kockázatokkal és aggodalmakkal kapcsolatos további információk az Európai Bizottság (2024) dokumentumában található. Emellett jelentős kutatások folynak a jelenlegi AI-rendszerekkel kapcsolatos közvetlen és gyakorlati aggodalmak kezelésére (Gyevnár és Kasirzadeh, 2025).

A mesterséges intelligencia gyorsan átalakíthatja az állattenyésztést is, és a folyamat, amely a hangsúlyt a hagyományos, tapasztalatokon alapuló gyakorlatokról az adatközpontú tudományra helyezi, javában zajlik is. Ez a forradalom kulcsfontosságú lesz a globális élelmiszertermelési igények kielégítésében, miközben javítja az állatok

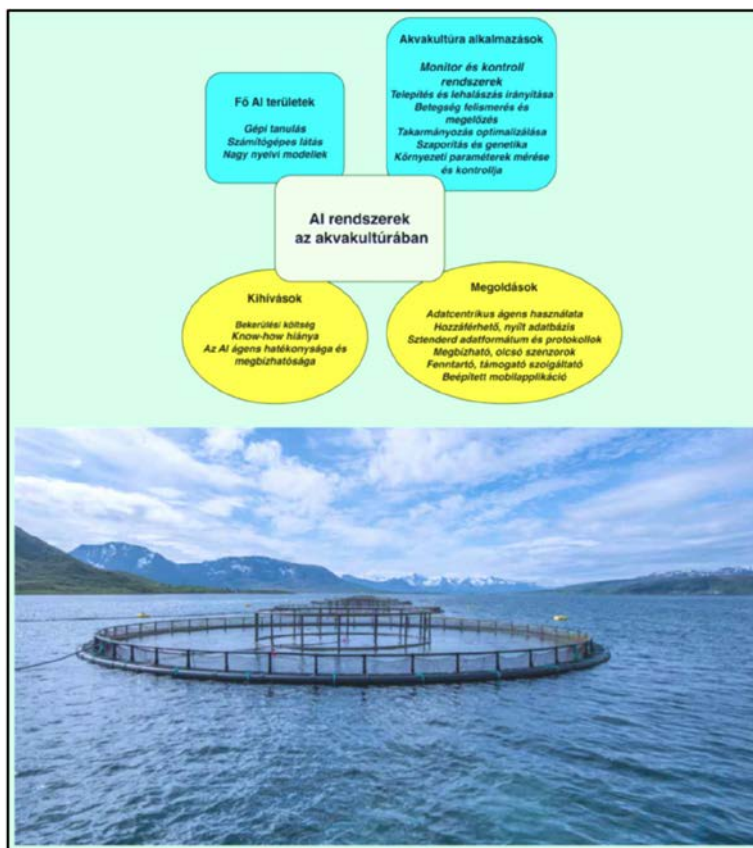
jólétét és biztosítja a környezeti fenntarthatóságot is. Az AI legjelentősebb alkalmazásai között szerepel az állatok egészségének és jólétének valós idejű figyelemmel kísérése, a precíziós etetés, a fejlett tenyésztési programok kidolgozása, a környezet ellenőrzése, a robotika segítségével történő automatizálás, valamint a tájékozott döntéshozatalhoz szükséges kifinomult adatelemzés (Sudduth et al., 2020; Balthazar et al., 2022; Bao és Xie, 2022; Vaz et al., 2023; Dilaver és Dilaver, 2024; Iyiola-Tunji et al., 2024; Melak et al., 2024; Dutta et al., 2025; Gupta et al., 2025).

Az akvakultúra a globális élelmiszertermelés egyik leggyorsabban növekvő ágazatává vált, amely elengedhetetlen szerepet játszik az élelmezésben és világszerte több millió ember megélhetésének biztosításában is. A népesség növekedése és a növekvő egészségtudatosság miatt a vízi termékek iránti kereslet növekedése szükségessé tette az akvakultúra módszereinek intenzívebbé tételét. Ez az átalakulás azonban számos kihívást jelent, többek között az erőforrások fenntartható használatát, a vízminőség fenntartását, a betegségek megelőzését és a hatékony termelésirányítást érintően. Ezekhez hozzájárul még az akvakultúra-tevékenységek környezeti hatása, ami innovatív megoldások kidolgozását teszi szükségessé a termelékenység és a fenntarthatóság közötti egyensúly megteremtése érdekében (Stentiford et al., 2020; Yang et al., 2025). A mesterséges intelligencia (AI) alkalmazásai az akvakultúrában az utóbbi időben egyre nagyobb figyelmet kapnak, mivel ezek a technológiák elengedhetetlenek az adatelemzéshez, a termelési folyamatok javításához és a természeti erőforrások felhasználásának optimalizálásához (Fini et al., 2025).

Témánk irodalma egyébként igen gazdag és sokrétű, amire kiváló példa Aung és mtsai (2024) cikke is, amelyben egyúttal a szisztematikus irodalomfeldolgozás módszertanával is megismerkedhetünk. A szerzők kimerítően részletes tanulmányukban a Scopus adatbázisára támaszkodva 116 publikáció elemzését és értékelését végezték el. Egyik legfontosabb következtetésük szerint a jövőbeli kutatási erőfeszítéseknek az akvakultúra-tevékenységek különböző aspektusainak összekapcsoltságát figyelembe vevő integrált AI-keretrendszerek fejlesztésére kell koncentrálniuk. A holisztikus megközelítés alkalmazásával a kutatók mélyebb betekintést nyerhetnek a komplex dinamikákba, és hatékonyan optimalizálhatják a rendszer teljesítményét.

Kiváló összefoglaló cikkükben Fernades és DMello (2025) először a felhőalapú számítástechnika, az IoT és a mesterséges intelligencia fogalmainak meghatározásával foglalkoznak. Az IoT internetkapcsolattal rendelkező „in-

telligens eszközök” hálózata, amely emberi beavatkozás nélkül képes információkat gyűjteni és megosztani használatáról és környezetéről. A felhőalapú számítástechnika olyan gyakorlatot jelent, amelynek során távoli, harmadik fél által az interneten üzemeltetett szerverek hálózatát használják tárolás, kezelés és adatfeldolgozás céljára, ahelyett, hogy helyi szervert vagy személyi számítógépet használnának. Ezzel megszűnt a nagy adatközpontok hardverének és létesítményeinek beszerzéséhez szükséges magas költség és szakértelem, viszont elidült a globális mesterséges intelligencia piacának robbanásszerű növekedése. A legújabb kutatási cikkek kiemelték: a mesterséges intelligencia különböző alkalmazásai (a felmért esetek %-ában) a tengeri akvakultúrában >30 PSU, az édesvízi akvakultúrában <0,5 PSU és a brakkvízi akvakultúrában 0,5 és 30 PSU között alakultak. (A PSU a tápegység angol nevének, Power Supply Unit, rövidítése, ami itt valószínűleg szerver, szerverparkot jelenthet.) Ezen alkalmazások jelene, és várhatóan a jövője sem az édesvízi akvakultúrához kötődik elsősorban, hiszen annak aránya és azon belül is az intenzív és hiperintenzív technológiákat alkalmazó gazdaságoké jóval kisebb. A félintenzív tavi technológiákban pedig lehetőségei végképp korlátozottak. Az AI alkalmazásának legnagyobb akadálya gazdasági jellegűnek tűnik, és magában foglalja



1. ábra: A mesterséges intelligencia rendszerek működése az akvakultúrában (Fernandes és Dmello, 2025 után, módosítva)

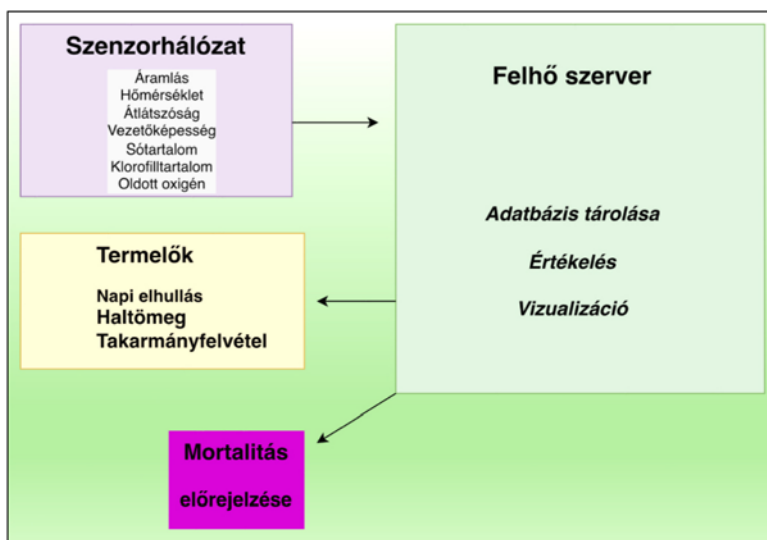
a kezdeti beruházás, a karbantartás, a képzés és a szoftver frissítés/fejlesztés költségeit. Ugyanakkor összegzésképpen megállapítják, hogy a termelőket sújtó kritikus problémákra már ma is megoldást kínál az AI. Cikkük ún. grafikus összefoglalójaként közölt ábrájuk módosított változatát az alábbiakban mutatjuk be (1. ábra).

A generatív mesterséges intelligencia (GAI) – definíció szerint egy olyan AI-típus, amely képes új tartalmak, például szövegek, képek, zenék vagy videók létrehozására, miután betanították nagyméretű adatállományokon – azáltal forradalmasítja az akvakultúrát, hogy gyakorlati és skálázható megoldásokat kínál az "iparág" régóta fennálló kihívásaira, többek között a korlátozott rendelkezésre álló adatmennyiségre, a munkaigényes víz alatti ellenőrzésekre, a járványok kitörésére és az erőforrás-gazdálkodás hatékonyságának hiányára. Ahogy az ágazat az intelligens, összekapcsolt és fenntartható rendszerekre épülő "Akvakultúra 4.0" vízió felé fejlődik, a GAI javítja az automatizálást, a döntéshozatalt és a helyzetismeretet az akvakultúra értékláncában az érzékelőnaplók és víz alatti képek, valamint szöveges feljegyzések és szimulációk multimodális adatainak intelligens szintézisével. Fontos, hogy a GAI-modelleket konkrét feladatokhoz rendelik, kiemelve azok alkalmasságát és kritikus értékelést adnak azok működési készenlétéről is (Saville et al., 2025). A rendszer működését a 2. ábrán mutatjuk be.

Az Akvakultúra 4.0, más nevén smart, vagyis okos akvakultúra, technikai részleteiről egyébként Biazi és Marques (2023) írtak remek ábrákkal illusztrált cikket. Megállapítják, hogy a kamerarendszerek hatékonyan nyerik ki az információkat az állatok jellemzőiről és viselkedéséről. Az IoT-alapú technológiák elengedhetetlen eszközök az integrált érzékelők és külső adatbázisok összekapcsolásával létrehozott intelligens platformok kialakításához, azonban ezek a technológiák még mindig korlátozott átviteli sebességgel, nagy hálózati késéssel és megszakításokkal küzdenek. Az emberek rugalmasságának és ügyességének a robotok jellemzőivel való ötvözése egy adott feladat elvégzéséhez szükséges ember-robot interakció révén olyan környezetet teremt, amely javítja az erőforrások felhasználásának hatékonyságát és a termelékenységet, különösen váratlan és nem ismétlődő feladatok esetén.

Anyag és módszerek

A tudományos irodalom szokásos online forrásai (Google Scholar, Medline, ScienceDirect, PubMed, Scopus, Web of Science, Academia.edu és ResearchGate) mellett ez a tanulmány a különböző ChatGPT-k forrásgyűjtési lehetőségeit is felhasználta. Ezenkívül a kutatási asz-



2. ábra: A generatív AI rendszerek működési modellje (Saville és mtsai., 2025 után, módosítva)

szisztensek és a szisztematikus irodalomkereső eszközök, mint például a Consensus, a Scinapse, a Research Rabbit és az Elicit használatát is kipróbáltuk. Előnyeik és hatékonyságuk bemutatására az Elicit, témánkkal kapcsolatos keresésének néhány eredményét is bemutatjuk. (Tapasztalatunk szerint talán az Elicit a legjobb az első-sorban tudományos és akadémiai kutatásokhoz tervezett kutatási asszisztensek közül, amelyek fő funkciója, hogy automatizálják az akadémiai adatbázisok keresésének legidőigényesebb részeit.)

Az Elicit segítségével végzett adatbáziskutatás főbb eredményei

Összefoglalás

A mesterséges intelligencia eszközök ígéretesei a fenntartható akvakultúra előmozdításában. Kilenc tanulmány számol be arról, hogy a mélytanulás, a gépi tanulás és a számítógépes látás technológiákkal összekapcsolt érzékelőhálózatok lehetővé teszik a vízminőség valós idejű ellenőrzését és a környezet szabályozását. Hat tanulmány dokumentálja a mesterséges intelligencia használatát a betegségek felismerésében és az etetés optimalizálásában, öt tanulmány pedig ezeket a technikákat a növekedés monitorozására is alkalmazza. A kvantitatív eredmények között szerepel az erőforrás-hatékonyság javulása (nyolc tanulmányban említik), a termelés optimalizálása vagy a termelékenység növekedése (11 esetben jelenti), a munkaerő-megtakarítás (öt tanulmányban) és a költségsökkenés (négy tanulmányban). Ezenkívül egyes tanulmányok IoT-rendszereket, blokklánc-nyomonkövethetőséget és szakértői rendszereket is beépítenek a folyamatirányítás javítása érdekében. Több tanulmány is elismeri az olyan akadályokat, mint a technikai komplexitás, a korlátozott

reprezentatív adatok és a modellek értelmezhetőségével kapcsolatos kihívások.

Tanulmánykeresés

Szemantikus keresést végeztünk az „AI tools for a more sustainable aquaculture” (Mesterséges intelligencia eszközök a fenntarthatóbb akvakultúra érdekében) lekérdezéssel az Elicit keresőmotor több mint 138 millió tudományos cikkében, amely magában foglalja a Semantic Scholar és az OpenAlex összes cikkét. A lekérdezéshez leginkább releváns 50 cikket választottuk ki.

Az alábbi kritériumoknak megfelelő forrásokat választottuk ki:

Akvakultúra-rendszerekre való összpontosítás: A tanulmány az akvakultúra-rendszerekre (halgazdálkodás, kagylótenyésztés, tengeri moszat-tenyésztés vagy egyéb vízi állatok/növények kereskedelmi vagy kutatási célú tenyésztése) összpontosít?

AI technológia alkalmazása: Ez a tanulmány AI technológiák (mesterséges intelligencia, gépi tanulás, mélytanulás, neurális hálózatok, számítógépes látás vagy automatizált döntéshozatali rendszerek) alkalmazását vagy értékelését tartalmazza?

Fenntarthatósági eredmények: Ez a tanulmány legalább egy fenntarthatósággal kapcsolatos eredményről (környezeti hatások csökkentése, erőforrás-hatékonyság, hulladékcsökkentés, energiaoptimalizálás, gazdasági életképesség vagy társadalmi előnyök) számol be?

Empirikus adatok: Ez a tanulmány eredeti empirikus adatgyűjtést és -elemzést (kvantitatív vagy kvalitatív) mutat be, vagy pusztán elméleti vagy koncepcionális jellegű?

Valós alkalmazás: Ez a tanulmány valós működési megvalósításokat, kísérleti alkalmazásokat vagy reális tesztelési környezetet tartalmaz az akvakultúra-rendszerek kontextusában (ahelyett, hogy pusztán elméleti modelleket vagy kizárólag laboratóriumi tanulmányokat tartalmazna, amelyeknek nincs relevanciájuk az akvakultúra területén)?

Akvakultúra vs. halászat: Ez a tanulmány a halászatra vagy a fogásos halászatra (óceáni halászat, tavi halászat vagy más vadon élő halak kitermelése) helyett a kontrollált akvakultúra-rendszerekre összpontosít?

Vízi vs. szárazföldi rendszerek: Ez a tanulmány a szárazföldi mezőgazdaságra (szárazföldi növénytermesztés, állattenyésztés vagy más nem vízi gazdálkodási rendszerek) helyett a vízi gazdálkodási rendszerekre összpontosít?

Minden szűrési kérdést együttesen vettünk figyelembe, és holisztikus ítéletet hoztunk arról, hogy az egyes cikkeket szűrjük-e.

Adatkinyerés

Egy nagy nyelvi modellt kértünk meg, hogy az alábbi adatokat nyerve ki az egyes cikkekből. A modellnek az alábbi kinyerési utasításokat adtuk az egyes oszlopokhoz.

• AI technológiák:

Vonjon ki minden használt AI/ML/DL technológiát és algoritmust, beleértve: az alábbiakat:

- Specifikus AI technikák (pl. konvolúciós neurális hálózatok, szakértői rendszerek, neurális hálózatok, számítógépes látás)
- Említett gépi tanulási algoritmusok vagy modellek
- Mélytanulási architektúrák (pl. YOLOv8, CNN)
- Adatfeldolgozási módszerek (pl. képfeldolgozás, prediktív analitika)
- Bármely használt AI keretrendszer vagy szoftver-platform

• Akvakultúra-alkalmazások:

Dokumentálja, hogy az AI rendszer milyen konkrét akvakultúra-folyamatokat vagy kihívásokat kezel:

- Betegségfelismerési és diagnosztikai módszerek
- Vízhőmérséklet-ellenőrzési paraméterek (pH, hőmérséklet, oldott oxigén, zavarosság stb.)
- Takarmányozás optimalizálása és biomassa becslése
- Növekedés előrejelzése és figyelemmel kísérése
- Környezetellenőrzés és automatizálás
- Folyamatoptimalizálási területek
- Bármely egyéb akvakultúra-kezelési funkció

• Fenntarthatósági előnyök:

Rögzítse az összes bejelentett vagy állított fenntarthatósági javulást, beleértve:

- Erőforrás-hatékonyság javulása (víz, energia, takarmánycsökkentés)
- Hulladékcsökkentés vagy szennyezésmegelőzés
- Munkaerő-költségmegtakarítás vagy automatizálás előnyei
- Környezeti hatások csökkentése
- A fenntarthatóságot elősegítő termelésoptimalizálás
- A gazdasági fenntarthatóságot javító költségsökkentések
- Bármely számszerűsített fenntarthatósági mutató vagy javulás

• Rendszerkomponensek:

A teljes technikai infrastruktúra dokumentálása:

- Használt IoT-eszközök és érzékelők (pH-érzékelők, kamerák, hőmérséklet-érzékelők stb.)
- Számítástechnikai hardver (Raspberry Pi, edge eszközök, felhőalapú platformok)
- Kommunikációs technológiák (vezeték nélküli, internetkapcsolat)
- Áramellátó rendszerek (fotovoltaikus, hálózati áram)
- Szoftveres interfészek (mobilalkalmazások, irányítópultok, vezérlőrendszerek)
- Integrációs platformok vagy architektúrák

• Teljesítményeredmények:

Az összes számszerűsített teljesítménymutató és eredmény kivonása:

- Az AI-jóslatok vagy -felismerések pontossági aránya (R^2 értékek, hibaarányok)
- Hatékonyságjavulások (időmegtakarítás, automatizáltsági szintek)
- Elért költségcsökkentések
- Termelési javulások (növekedési arányok, hozam-növekedések)
- Rendszer megbízhatósági mutatók
- Összehasonlítás a hagyományos módszerekkel, ha rendelkezésre állnak
- Bármilyen statisztikai jelentőségű mutató

• **Végrehajtási kontextus:**

Dokumentálja a működési környezetet és hatókört:

- Az akvakultúra-rendszer típusa (akvakultúra, hagyományos halastavak, stb.)
- A működés mérete (kereskedelmi, kutatási, kísérleti)
- Az érintett halfajok vagy vízi szervezetek
- Földrajzi elhelyezkedés vagy regionális kontextus
- A tanulmány vagy a megvalósítási időszak időtartama
- Integráció a meglévő akvakultúra-gyakorlatokkal

Az értékelés eredményeit a program az 1. táblázatban foglalta össze.

A program által készített tematikus elemzést is érdemes áttekinteni, mert ebből tájékozódhatunk az AI használat fő területeiről, és az ezeket tárgyaló publikációk számából is vonhatunk le következtetéseket.

Mesterséges intelligenciával támogatott vízminőség-kezelés a környezeti fenntarthatóság érdekében

Valós idejű monitoring és ellenőrzés: Nyolc tanulmány írja le a mesterséges intelligencia modellekkel integrált érzékelőhálózatok (pH, hőmérséklet, oldott oxigén, zavarosság és teljes oldott szilárdanyag-tartalom mérésére) használatát a folyamatos vízminőség-értékelés és az automatizált környezeti ellenőrzés céljából.

Jelentett előnyök: A tanulmányok szerint ezek a rendszerek javítják az erőforrás-hatékonyságot, csökkentik a hulladékot és minimalizálják a környezeti hatásokat azáltal, hogy lehetővé teszik a megfelelő időben történő beavatkozást és az erőforrások optimális felhasználását.

A bizonyítékok korlátai: A vizsgálatok szerint bár ezeket az előnyöket gyakran leírják, hiányzik a környezeti és erőforrás-hatékonysági eredmények átfogó és mennyiségi értékelése.

Automatizált betegségfelismerő és egészségügyi megfigyelő rendszerek

Alkalmazott technológiák: Öt tanulmány számol be számítógépes látás, mélytanulás (beleértve a konvolúciós neurális hálózatokat és a You Only Look Once modelleket)

és más AI technikák alkalmazásáról a betegségek valós idejű azonosítása és a korai figyelmeztetés céljából.

Jelentett eredmények: Ezeket a rendszereket úgy írják le, hogy támogatják a gyors reagálást, csökkentik a halak elhullását és lehetővé teszik a proaktív egészségügyi menedzsmentet, ami hozzájárul a gazdasági és környezeti fenntarthatósághoz.

Bizonyítékok: Csak a tanulmányok egy része tartalmaz mennyiségi pontossági mutatókat, és a rendelkezésre álló absztraktokban vagy teljes szövegekben nem állapítható meg ezeknek az eredményeknek a különböző fajokra, környezetekre és működési méretekre való általánosíthatósága.

Erőforrás-optimalizálás prediktív modellezés és ellenőrző rendszerek segítségével

Prediktív megközelítések: Több tanulmány is beszámol prediktív modellezés és mesterséges intelligenciával optimalizált ellenőrző rendszerek alkalmazásáról az etetési rendszerek, a biomassza becslése és az erőforrás-gazdálkodás területén.

Bejelentett hatások: Ezeket a megközelítéseket úgy írják le, hogy javítják a termelési hatékonyságot, csökkentik a takarmány- és energiafogyasztást, és támogatják a fenntartható intenzívebbé válást.

A jelentések korlátai: A bizonyítékalap korlátozott, mivel hiányoznak a szabványosított teljesítmény-jelentések és összehasonlító tanulmányok, amint azt a vizsgálatok is jelzik.

Integrációs kihívások és technológiai követelmények

Az alkalmazás akadályai: Több tanulmány és vizsgálat is kiemeli az olyan kihívásokat, mint a reprezentatív adatokhoz való korlátozott hozzáférés, a technikai komplexitás, a magas megvalósítási költségek, a társadalmi elfogadottság hiánya, valamint az adatvédelemmel és -biztonsággal kapcsolatos aggályok.

A modell értelmezhetősége és megbízhatósága: Hangsúlyozzák a robusztus, értelmezhető és megbízható mesterséges intelligencia modellek szükségességét, és egyes tanulmányok az értelmezhetőségi technikák (például SHapley Additive exPlanations és Local Interpretable Model-agnostic Explanations) és a human-in-the-loop rendszerek használatát tárgyalják.

Technikai sokszínűség: A tanulmányok egy sor technikai infrastruktúrát ismertetnek, az egyszerű érzékelőhálózatoktól a fejlett edge/cloud computing és blockchain integrációig, tükrözve mind a lehetőségeket, mind a szétaprózottságot a területen.

Szabványosítás és validálás: A vizsgálatok nagyobb szabványosítást, átláthatóságot és kontextusok közötti validálást szorgalmaznak a mesterséges intelligencián alapuló akvakultúra-megoldások skálázhatóságának és fenntarthatóságának támogatása érdekében, bár ezek a

1. táblázat: A kiválasztott publikációk főbb paraméterei

Tanulmány	Célkitűzés	Alkalmazott AI technológia	Akvakultúra alkalmazás	Eredmények
Chiu et al., 2022	(IoT)-alapú hal monitorozás, növekedés becslése, automata etetés	Deep learning model; Bayesian optimization-based hyper-parameter tuning	Vízminőség monitorozás, optimalizálás, növekedés becslése	Takarmány pazarlás csökkentése, termelés optimalizálás, jobb ökonomiai fenntarthatóság
Panduranga et al., 2024	IoT és deep learning-alapú távmonitoring a fenntarthatóbb működés érdekében	Deep learning (convolutional neural networks), You Only Look Once version 8 (YOLOv8), predictive analytics	Vízminőség monitorozás, optimalizálás, növekedés előrejelzése, betegség kimutatása	Ökonomiai hatékonyság, környezeti hatások csökkentése, hosszútávú megvalósíthatóság
Agossou and Toshiro, 2021	IoT ésAI alapú rendszer	Nincs említés	Vízminőség monitorozás, darakór kontrollja, termelés optimalizálás	Kisebb munkaerő ráfordítás, termelés optimalizálás
Abd El-Atty et al., 2024	Napelemek alkalmazása, akvaponia, IoT és AI	Artificial intelligence algorithms, computer vision, machine learning models, artificial intelligence-driven image processing	Vízminőség monitorozás és kontroll, betegség észlelése, biomassa becslés	Kisebb ráfordítás (munkaerő, takarmány, energia), termelés optimalizálás
Alghamdi and Haraz, 2025	IoT okos biofloc rendszerekben egy fenntartható akvakultúráért	Long short-term memory, Random Forest, support vector machine, predictive analytics, SHapley Additive exPlanations, Local Interpretable Model-agnostic Explanations	Vízminőség monitorozás és kontroll, , növekedés követése, előrejelzése folyamat optimalizálás	Ökonomiai hatékonyság, automatizálás, környezeti hatások és költségek csökkentése
Aung et al., 2024	Szisztematikus áttekintés az akvakultúrában alkalmazott AI módszerekről	Computer vision, machine learning, predictive modeling, convolutional neural networks, support vector machines, Random Forest, You Only Look Once version 4, U-Net, ResNet34-CBAM, RADNet, FishDETECT	Betegségek észlelése, vízminőség monitorozás és kontroll, , növekedés követése, előrejelzése, folyamat optimalizálás	Ökonomiai hatékonyság, automatizálás, környezeti hatások és költségek csökkentése
Vásquez-Quispesivana et al., 2022	Irodalmi áttekintés az AI használatáról az akvakultúrában	Artificial neural network, Naive Bayes, linear discriminant analysis, logistic regression, k-nearest neighbors, support vector machine, Decision Tree, Random Forest, AdaBoost, XGBoost, stochastic gradient descent, deep learning	Betegségek észlelése, vízminőség monitorozás és kontroll, , növekedés követése, előrejelzése, folyamat optimalizálás, takarmányozás optimalizálás, folyamat optimalizálás	Ökonomiai hatékonyság, automatizálás, környezeti hatások és költségek csökkentése
Lee, „Process control and artificial intelligence software”	Irodalmi áttekintés az AI használatáról az akvakultúrában	Expert systems, neural networks	Környezet kontrollja, vízminőség monitorozás, növekedés követése	Ökonomiai hatékonyság, automatizálás, környezeti hatások és költségek csökkentése
Premkkumar et al., 2023	AI és intelligens IoT-alapú aquaponia, blockchain a követhetőség érdekében, betegség észlelés	General artificial intelligence, motion sensor analysis, classification (non specific technique)	Betegség észlelés: (epizootic ulcerative syndrome, darakór), vízminőség monitoring), folyamat optimalizálás	Hatékonyság növelése: (csökkent elhullás, munkaerő ráfordítás, környezet kontrollja), , a termelés optimalizálása
Srikanth et al., 2024	AI-optimalizált erőforrás gazdálkodási modell integrált akvakultúra rendszerekben	Machine learning techniques	Erőforrás gazdálkodás, folyamat optimalizálás, biomassa becslés	Erőforrás gazdálkodás optimalizálása (víz, tápanyagok, energia)

vizsgálatokból származó megfigyelések, nem pedig közvetlen megállapítások.

Megjegyzendő, hogy jelen tanulmány készítésekor az Elicit térítésmentesen elérhető változatát használtuk, a "fizetős" verziók viszont nagyságrendileg nagyobb számú közleményt dolgoznak fel és nyilván így pontosabb eredményt adnak. Azt is tapasztaltuk azonban ez az előny csak olyan területeken bontakozik ki, amelyeknek már igen nagy irodalma van. Jelen témánk nem tartozik igazán ebbe a kategóriába, itt a tízszer annyi feldolgozott publikáció között már jópár gyengébb minőségűt is találhatnánk.

Következtetések

Az AI technológiák, módszerek, ágensek használatának terjedése az akvakultúrában is megállíthatatlan folyamat.

A mesterséges intelligenciával támogatott vízminőség-kezelés az a terület, ami alapvetően fontos az intenzív és szuperintenzív rendszerekben, de a viszonylag olcsóbban telepíthető monitoring rendszer lehetővé teszi, hogy a félintenzív tavi rendszerekben is szerepet kapjon.

Az automatizált betegségfelismerő és egészségügyi megfigyelő rendszerek szintén az intenzív technológiában terjednek nagy sikerrel.

Az alkalmazásokat óriási technikai sokszínűség jellemzi, ami nagy lehetőségeket, de kihívást is jelent, már ami szabványosítást, átláthatóságot és a validálást illeti.

Az alkalmazások terjedésének akadályai közül kiemelendő a reprezentatív adatokhoz való korlátozott hozzáférés, a technikai komplexitás, de a magas megvalósítási költségek talán még fontosabbak.

Kijelenthető, és ezt remélhetőleg a jelen munka is bizonyítja, hogy egy-egy szakmai terület irodalmának tudományos igényű feltárásában és értékelésében a tematikus keresőprogramok ma már nélkülözhetetlen AI ágensek.

Irodalomjegyzék

Abd El-Atty, H. M., Ellaban, M. I., Mostafa, H. T., Mohamed, D. A., Elshabrawi, A. E., Tayaa, N. R., & Refaat, A. (2024). Photovoltaic-Powered Smart Aquaponic System: Integrating IoT and AI for Sustainable Food Production and Fish Health Management. 2024 International Telecommunications Conference (ITC-Egypt), 799–805. <https://doi.org/10.1109/itc-egypt61547.2024.10620487>

Akram, W., Din, M.U., Saoud, L.S. Hussain, I. (2026). A review of generative AI in aquaculture: Applications, case studies and challenges for smart and sustainable farming. *Aquacultural Engineering*, Volume 112, 102637. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2025.102637>.

Alghamdi, M., & Haraz, Y. G. (2025). Smart biofloc systems: Leveraging artificial intelligence (AI) and internet of things (IoT) for sustainable aquaculture practices. **Processes**, **13**(1), 100. <https://doi.org/10.3390/pr13010100>

Aung, T., Razak, R., & Nor, A. (2024). Artificial intelligence methods used in various aquaculture applications: A systematic literature review. *Journal of the World Aquaculture Society*. <https://doi.org/10.1111/jwas.13107>.

Baena-Navarro, R., Carriazo-Regino, Y., Torres-Hoyos, F., & Pinedo-López, J. (2025). Intelligent Prediction and Continuous Monitoring of Water Quality in Aquaculture: Integration of Machine Learning and Internet of Things for Sustainable Management. *Water*, *17*(1), 82. <https://doi.org/10.3390/w17010082>

Balthazar, G. R., D'Eça, J. M., de Lima, M. J., da Silva, A. M. V., Dantas, A., da Silva, L., Vianna, L. L., Pires, P. P., Siewerdt, L., & de Souza, F. B. (2022). Artificial intelligence in animal farming: A systematic literature review. *Computers and Electronics in Agriculture*, *203*, 107481. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107481>

Bao, J., & Xie, Q. (2022). Artificial intelligence in animal farming: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, *364*, 132563. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132563>

Berckmans, D. (2017). *General introduction to precision livestock farming*. *Animal Frontiers*, *7*(1), 6–11. doi:10.2527/af.2017.01023

Biazi, V., and Marques, C. (2023). Industry 4.0-based smart systems in aquaculture: A comprehensive review. *Aquacultural Engineering*, Volume 103, 102360, <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2023.102360>.

Çakir, M., Yilmaz, M., Oral, M. A., Kazanci, H. Ö., & Oral, O. (2023). Accuracy assessment of RFerns, NB, SVM, and kNN machine learning classifiers in aquaculture. *Journal of King Saud University - Science*, *35*(6), 102754. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102754>

Chelladurai, S. P., Shiny, G. S., Jeevitha, S. V., Swapna, P., Pavithra, R., & Arulraj, S. (2024). Revolutionizing Aquaculture Practices: IoT and Deep Learning-based Remote Monitoring for Sustainable Fish Farming. 2024 5th International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC), 547–553. <https://doi.org/10.1109/icosec61587.2024.10722170>

Chiu, M.-C., Yan, W.-M., Bhat, S. A., & Huang, N.-F. (2022). Development of smart aquaculture farm management system using IoT and AI-based surrogate models. *Journal of Agriculture and Food Research*, *9*, 100357. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100357>

Chiu, M., Yan, W., Bhat, S., & Huang, N. (2022). Development of smart aquaculture farm management system using IoT and AI-based surrogate models. **Journal of Agriculture and Food Research**, **8**, 100306. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100306>

Dhinakaran, E. al. (2023). IoT-Based Environmental Control System for Fish Farms with Sensor Integration and Machine Learning Decision Support. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, *11*(10), 203–217. <https://doi.org/10.17762/ijritcc.v11i10.8482>

- Dilaver, H., & Dilaver, A. (2024). Application of Artificial Intelligence Technologies in Livestock Management. *Journal of Animal Science and Economics*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.22247/JASE.2.1.1>
doi: 10.1093/jas/skad206.
- Dutta, J., Singh, S., & Upadhyay, K. (2025). Artificial Intelligence and its Applications in Animal Husbandry. In J. Dutta & S. Singh (Eds.), *Emerging Trends in Animal Husbandry & Veterinary Sciences (Volume 3)*. New Delhi Publishers.
- El-Atty, H. M., Ellaban, M. I., Mostafa, H. T., Mohamed, D. A., Elshabrawi, A., Tayaa, N. R., & Refaat, A. (2024). Photovoltaic-powered smart aquaponic system: Integrating IoT and AI for sustainable food production and fish health management. In *2024 International Telecommunications Conference (ITC-Egypt)*. IEEE.
- Fernandes, S., DMello, A. (2025) Artificial intelligence in the aquaculture industry: Current state, challenges and future directions, *Aquaculture*, Volume 598, 742048, <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.742048>.
- Fini, C., Amato, S.G., Scutaru, D., Biancardi, S. et al. (2025). Application of generative artificial intelligence in the aquacultural sector. *Aquacultural Engineering*, Volume 111, 102568, <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2025.102568>.
- Gupta, S., Kumar, D., & Sharma, V. (2025). Revolutionizing Livestock Management: The Role Of AI And Iot In Enhancing Productivity And Biosecurity. *Journal of Novel Research and Innovative Development*, 5(3).
- Iyiola-Tunji, A. O., Olorunfemi, L. P., Ajiboye, T. O., & Akinbode, A. R. (2024). Application of artificial intelligence in animal production. *Nigerian Journal of Animal Production*, 51(1), 22–32. <https://doi.org/10.51791/njap.51i1.3>
- Kanagachidambaresan, G. R., Rohini, P., Muralidhar, M., & Durairaj, T. S. (2024). Performance Analysis of ML Algorithms for Disease Prediction Using Water Quality Parameters. 2024 15th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT), 1–7. <https://doi.org/10.1109/icccnt61001.2024.10726206>
- Lee, P. G. (2000). Process control and artificial intelligence software for aquaculture. *Aquacultural Engineering**, *22*(1-2), 13-36. [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(00\)00029-6](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(00)00029-6)
- Liu, J., & Jiang, W. (2024). Optimization of Aquaponics System Efficiency Based on Artificial Intelligence Approach. 2024 IEEE 3rd International Conference on Computing and Machine Intelligence (ICMI), 1–6. <https://doi.org/10.1109/icmi60790.2024.10586162>
- Melak, A., Aseged, T., & Shitaw, T. (2024). The influence of artificial intelligence technology on the management of livestock farms. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 20(2), 1–15. <https://doi.org/10.1177/15501477241231234>
- Panduranga, D., Kumar, R. P., Das, M. S., Narender, G., Sreelaxmi, M., & Rajeswaran, N. (2024). Sustainable aquaculture management through IoT and deep learning-driven remote monitoring. In *2024 8th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)* (pp. 1701-1706). IEEE.
- Panduranga, D., Kumar, R. P., Das, M. S., Narender, G., Sreelaxmi, M., & Rajeswaran, N. (2024). Sustainable Aquaculture Management through IoT and Deep Learning-Driven Remote Monitoring. 2024 8th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA), 338–344. <https://doi.org/10.1109/iceca63461.2024.10800770>
- Premkkumar, V. P., Gayathri, C., Priyadharshini, P., & Praveenkumar, G. (2023). AI & IoT based control and traceable aquaculture with secured data using blockchain technology. In *2023 Second International Conference on Electronics and Renewable Systems (ICEARS)* (pp. 1389-1394). IEEE.
- Srikanth, M., Varma, V. T. S., Aziz, S. A., Chowdary, J. J., & Bharath, V. (2024). AI-optimised model for resource management in aquaculture-agriculture systems. In *2024 4th International Conference on Ubiquitous Computing and Intelligent Information Systems (ICUIS)*. IEEE.
- Sudduth, K. A., Woodward-Greene, M., Penning, B. W., Locke, M. A., Rivers, A. R., & Veum, K. A. (2020). AI down on the farm. *IT Professional*, 22(6), 22–29. <https://doi.org/10.1109/MITP.2020.3024845>
- Thurein, A., Razak, R. A., & Nor, A. R. B. M. (2024). Artificial intelligence methods used in various aquaculture applications: A systematic literature review. *Journal of the World Aquaculture Society**, *55*(3), 685-716. <https://doi.org/10.1111/jwas.13055>
- Vásquez-Quispesivana, W., Inga, M., & Betalleluz-Pallardel, I. (2022). Artificial intelligence in aquaculture: Basis, applications, and future perspectives. *Scientia Agropecuaria**, *13*(4), 415-426. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.040>
- Vaz, F. C., da Silva, T. F., da Silva, A. R., & Costa, R. L. (2023). Use of Artificial Intelligence in Livestock: Literature review. *Research, Society and Development*, 12(7), e16512743555. <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i7.43555>
- Yang, H., Feng, Q., Xia, S., Wu, Z., Zhang, Y. (2025). AI-driven aquaculture: A review of technological innovations and their sustainable impacts. *Artificial Intelligence in Agriculture*, Volume 15, Issue 3, Pages 508-525, <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2025.01.012>.
- Yilmaz, M., Çakir, M., Oral, M. A., Kazanci, H. Ö., & Oral, O. (2023). Evaluation of disease outbreak in terms of physico-chemical characteristics and heavy metal load of water in a fish farm with machine learning techniques. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 30(4), 103625. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2023.103625>

Pisztráugsügér szaporítási technológiájának fejlesztésére irányuló vizsgálatok

Vass Norbert¹, Ljubobratović Uroš¹, Fazekas Georgina¹, Fazekas Dorottya¹, Stanivuk Jelena¹, Nagy Zoltán¹

¹ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet
Halászati Kutató Központ, 5540 Szarvas, Anna-liget utca 35.
Elérhetőség: Nagy Zoltán, nagy.zoltan84@uni-mate.hu

Összefoglalás

A pisztráugsügér (*Micropterus salmoides*) számos kedvező tulajdonságának köszönhetően a világ számos pontján elterjedt. Az elmúlt évtizedekben az éves termelése gyors ütemben növekedett. A legnagyobb termelő Kína, ahol az éves termelés meghaladta a 800.000 tonnát 2022-ben. A szaporítási technológiájában a hagyományos, természetes szaporodási módot követő technológia az uralkodó, azonban más technológiák hatékonyabbak lehetnek. Célnk volt meghatározni – a hagyományos módszer mellett – az ikrák fészkekről történő lerázásának és keltetésének eredményességét/hatékonyágát. Hús darab műfűből elkészített (40x40 cm) fészket egy 324 m² területű, 1,3 m mélységű, betonfalú tóba helyeztük el a tó partközeli részein. Az oltást követően 20 pár, 1,4 kg átlagtömegű pisztráugsügér került kihelyezésre. Ívást követően a fészkeket kiemeltük, egyrészükről a megtermékenyített ikrákat leráztuk. A lerázott ikrák Zuger-üvegekbe, az ikrával borított fészkek műanyag hengeres kúp alakú kádakba (kád) kerültek. A Zuger-üvegekben elhelyezett ikrákból szignifikánsan nagyobb mennyiségben keltek ki a lárvák a kádakban történő keltetéshez képest. A kádakban szignifikánsan alacsonyabb oxigénszintek voltak jellemzőek, a fészken lévő egyéb szerves anyagok, illetve az elpusztult ikraszemek bomlásának következtében. Következtetésként elmondható, hogy a lerázott ikraszemekből szignifikánsan nagyobb mennyiségű lárvát nyerhetők, mint a kádakban, közvetlenül a fészkekről történő keltetés esetén.

Summary

Due to its many favorable characteristics, largemouth bass (*Micropterus salmoides*) has spread to many parts of the world. In recent decades, its annual production has grown rapidly. The largest producer is China, where annual production exceeded 800,000 tons in 2022. In breeding technology, the traditional, natural method of reproduction is predominant, but other technologies may be more effective. Our goal was to determine the effectiveness/efficiency of shaking the eggs out of the nest and hatching them compared to the traditional method. Twenty artificial grass nests (40x40 cm) were placed in a concrete-walled pond (324 m², 1.3 m deep) near the

shore. After spawning, 20 pairs of largemouth bass with an average weight of 1.4 kg were stocked. After spawning, the nests were removed and the fertilized eggs were shaken off. The shaken eggs were placed in Zuger jars, while the egg-covered nests were placed in cylindro-conical tanks (tanks). A significantly greater number of larvae hatched from the eggs placed in Zuger jars than from those placed in tanks. The tanks had significantly lower oxygen levels due to the decomposition of the organic matter on the nests and the of the unhatched eggs. In conclusion, it can be said that a significantly higher number of larvae can be obtained from shaken eggs than from tanks, directly from the nest.

Bevezetés

A pisztráugsügér (*Micropterus salmoides*) Észak-Amerikában őshonos, jelentős kereskedelmi értékkel bíró halfaj. Számos kedvező tulajdonságának köszönhetően, mint pl. gyors növekedés, jó ellenállóképesség, rövid tenyésztési ciklus, kiváló húsmínőség és alkalmazkodóképesség, a világ számos pontján elterjedt (Zhang és mtsai., 2024). Kiválóan alkalmas intenzív termelésre, egyéves termelési ciklus alatt hektáronként 15-45 tonna állítható elő. Ennek következtében ideális halfaj a modern édesvízi akvakultúra számára (Bai és Li, 2018). Az elmúlt évtizedekben az éves termelése gyors ütemben növekedett. A legnagyobb termelő Kína, amelynek az éves termelése meghaladta a 800.000 tonnát 2022-ben (Yu és mtsai., 2024). A termelésével összefüggő növekvő tendencia várhatóan a jövőben is folytatódni fog.

A pisztráugsügér termelési gyakorlatát tekintve a Kínában alkalmazott tavi nevelési technológia az iránymutató. A szaporítási technológiájában kétféle módszer terjedt el. Az első technológia a hagyományos, természetes szaporodási módot követi, ahol műfészkeket használnak az ívatás során, míg a második technológia a mesterséges szaporítást, valamint a szezonon kívüli szaporítást foglalja magába. A kétféle módszer közül a hagyományos technológia az uralkodó. Az ívási időszakot nagymértékben befolyásolja a víz hőmérséklete. Az optimális hőmérséklet az ívási időszakban 18-26 °C között mozog. Ez az időszak jellemzően márciustól júniusig tart, és április közepén, végén tetőzik (He és mtsai., 2025). A víz hőmérséklete mellett a halak tavakban történő természetes szaporodását



1. kép: Fészket őrző pisztrángsügér

a víz minősége és az aljzat növényekkel való borítottsága is befolyásolja. A szaporodási időszakban a tejesek az aljzaton egy kb. 40 cm átmérőjű fészket építenek, amelyet a süllőhöz (*Sander lucioperca*) hasonlóan védenek. Amennyiben nem áll rendelkezésre kemény, köves aljzat, az ikrás egyedek növényekre is ráívnak (Wang és mtsai., 2024).

A pisztrángsügér esetében az ivarérettség kora a tejes egyedeknél 2,03, míg az ikrásoknál 2,44 év. A teljes ivarérettség elérésekor mind a tejeseknél, mind az ikrásoknál a teljes testhossz elérte a 477 mm-t (Zhang és mtsai., 2013). A szakirodalomban számos eltérő adat fellelhető arra vonatkozóan, hogy testtömeg-kilogrammonként mennyi ikrát rakhatnak a nőtények. Ez a szám 4000-94000 között változhat és nagyban függ az életkortól és a testmérettől (Scott és Crossman, 1973; Moyle, 2002; Zhong és mtsai, 2024). A kifejlett ikraszemek átmérője 0,7-1,3 mm között változik (Rodriguez-Sanchez és mtsai, 2009). Természetes körülmények között a pisztrángsügér ugyanazon szaporodási időszakon belül több alkalommal is képes ívni, azonban az egy időben, koncentráltan történő szaporodás érdekében célszerű az ívást elősegítő hormonkészítmények alkalmazása, mint pl. gonadotropin felszabadító hormon (GnRH), humán choriogonadotropin (HCG) (Gomelsky és mtsai., 2019; Li és mtsai., 2023). A halak szaporodását szolgáló ívótavak általában beton- vagy földmedrű, sekély tavak. A tavak előkészítése során különös hangsúlyt kell fektetni a fertőtlenítésre, valamint fészkelőhelyek és fészkek kialakítására. A fészkek elhelyezése a tavak szélein történik egymástól kb. 1,5-2 méter távolságra (Li és mtsai., 2023). A hormonálisan indukált anyahalakat 1:1 ivarányban helyezik el az ívásra kijelölt tavakban, betonmedencékben 2-3 m²-ként 1 párat, míg hagyományos földmedrű tavakban 300-450 párat hektáronként (Wang és mtsai., 2024). Az anyahalak kihelyezését követően a fészkek ellenőrzése naponta történik. Az ívást követően a megtermékenyített ikrával borított fészkeket eltávolítják a tavakból és áthelyezik őket a lárvák keltetésre szolgáló

tavakba (Li és mtsai., 2023). A megtermékenyített ikrák keltetése sekély, 40-50 cm vízmélységű tavakban történik, ahol a vízminőség megőrzése érdekében elengedhetetlen a közvetlen napsugárzás megakadályozása, valamint lassú vízárammal, levegőztetéssel az oxigénszint növelése. Az optimális feltételek biztosítása mellett a kelési arány elérheti az 54 %-ot (Wang és mtsai., 2024). A megtermékenyített ikrák hajlamosak gombákkal, pl. *Saprolegnia* való fertőződésre, amelynek hatására elpusztulnak. Ennek megelőzésére a keltetésre használt tavakat mésszel fertőtlenítik, folyamatos lassú áramlást biztosítanak, illetve az ikrákat 1 %-os sóoldatban fürdetik 3-5 percig (Wang és mtsai., 2024).

Vizsgálatunk célja egy olyan módszer kidolgozása volt, amely során az eddigi keltetési technológiától eltérően a megtermékenyített ikrák gombákkal való fertőződése minimalizálható, valamint a keltetés hatékonysága jelentősen javítható, ennek köszönhetően a termelés gazdaságossága növelhető.

Anyag és módszer

Vizsgálatunkat a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet Halászati Kutató Központban (MATE AKI HAKI) végeztük. A pisztrángsügereket egy 324 m² nagyságú, 1,3 m mélységű, betonfalú tóba helyeztük el. A halak kihelyezése előtt a tó aljáról a vegetáció eltávolításra került, hogy elkerüljük a hímek természetes fészkepítését, majd mészhidráttal fertőtlenítettük azt. A tó feltöltése a Körös holtágából történt, folyamatos vízátfolyás biztosítása mellett. A feltöltést követően a tó szélén elhelyezésre került a 20 db műfűből elkészített, 40x40 cm nagyságú fészkek (1. kép). Telepítés előtt minden egyedet a korábbi szaporítási tapasztalatok, valamint Sharma és mtsai. (2021) alapján 50 µg/ttkg sGnRHa (Bachem AG, Svájc) készítménnyel hormonálisan indukáltunk az ívás szinkronizálásának elősegítése érdekében. Az oltást követően 20 pár, 1,4 kg átlagtömegű pisztrángsügér került kihelyezésre. Az ívás ellenőrzése három egymást követő napon történt, ahol a napok száma jelentette az ismétlések számát. Miután a nőtény egyedek íváskor viszonylag kevés ikrák raknak és előfordulhat, hogy egy fészkekre több ikrás is ráívik, így a napok száma, mint ismétlésszám csökkenti az ebből adódó esetleges torzításokat. A vizsgálathoz felhasznált fészkek száma a naponta megtalált, ikrával azonos mértékben borított fészkek számától függött. Kezelésenként összesen 6-6 db fészket vizsgáltunk (1. nap 1-1 db, 2. nap 3-3 db, 3. nap 2-2 db). Ívást követően ezen fészkeket eltávolítottuk a tóból (2. kép). Első lépésként a fészkek egyik részéről kézzel történt a megtermékenyített ikráknak a „lerázása” egy műanyag kádba (3-4. kép), majd a szennyeződések eltávolítása után áthelyeztük őket műanyag vödörbe. A fészkek másik része szintén műanyag kádba került elhelyezésre. Ezt követően történt meg a lerázott ikrák, valamint a fész-



2. kép: Ikrával rakott műfészek



4. kép Fészkekről lerázott ikraszemek



3.kép: A műfészek lerázása

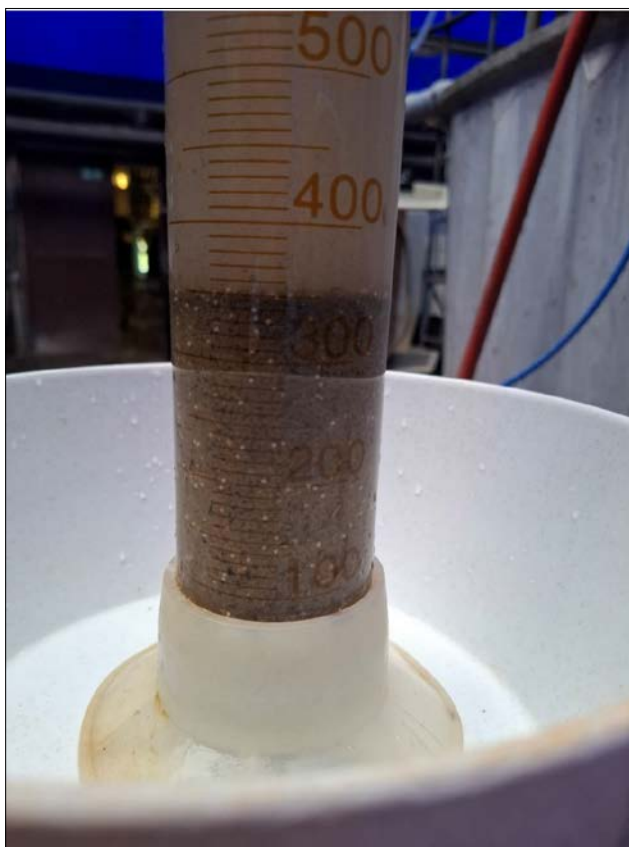


5. kép: Az ikrával rakott fészkek beszállítása

kek beszállítása a recirkulációs halnevelő rendszerbe (5. kép). A naponta lerázott ikráknak megmértük a térfogatát (6. kép), megszámoltuk az 1 ml-ben található ikraszemek számát, ellenőriztük a termékenyülést, majd Zuger-üvegbe helyeztük őket (7. kép).

Az ikrával borított fészkeken az ikraszám megállapítására nem volt lehetőségünk. A fészkek elhelyezésére 250 literes hengerkúpos kádakat használtunk. A Zuger-üvegekhez hasonlóan a fészkek naponta egy kádba kerültek. A fészkek

kádakba történő elhelyezése előtt kezelésben nem részesültek. A Zuger-üvegeknél 1 l/perc, a kádaknál 4 l/perc vízátfolyást, valamint oxigénbeoldást alkalmaztunk a megfelelő oxigénszint biztosítása érdekében. Az első lárvák kikeléséig mind a Zuger-üvegeket, mind a kádakat K30 jóddal (FIAP Gmbh, Németország) kezeltük. Az eltérő inkubálási térfogat, valamint az átfolyási sebesség miatt a Zuger-üvegeket 5 ml, a kádakat 15 ml mennyiségben kezeltük naponta egy alkalommal, így fokozva a jódt fertőtlenítő hatását.



6. kép: A lerázott ikrá térfogat mérése

A jódos kezeléson kívül a Zuger-üvegekből a bepenészedett ikraszemeket eltávolítottuk, más kezelést nem alkalmaztunk. A lerázott ikrák esetében a kelés, a kihelyezést követő harmadik napon történt. A kelés megindulását követően az ikrák áthelyezésre kerültek egy-egy műanyag tálnban egy-egy kádba, ahol kikeltették őket. A kelést követően mind a két kezelés esetében a kikelt lárvákat megszámoltuk. A számoláshoz egy 80 literes dézsát használtunk, amelyet a lárvák áthelyezését követően kiegészítettünk 60 liter víztérfogatra. Ezt követően a vizet átmozgattuk, hogy a lárvák eloszlása nagyjából azonos legyen, majd kimertünk 5 alkalommal 1 liter vizet, melyben megszámoltuk a lárvákat és visszaszoroztuk a 60 literes térfogatra. Mind a Zuger-üvegekben, mind a kádakban az ikrák, valamint a fészkek elhelyezését követően naponta két alkalommal (8:00 és 14:00 óra) mértük a víz hőmérsékletét és az oxigénszintet WTW Multi 3510 IDS (Xylem Analytics, Németország) műszer segítségével.

A statisztikai elemzéseket az IBM SPSS statistics 29.0 for Windows szoftver segítségével végeztük. Az adatok átlag $\pm$ szórás formában kerülnek bemutatásra. A statisztikai szignifikancia szintjét $P \leq 0,05$ -re állítottuk be. Az adatok normális eloszlásának vizsgálatára Shapiro-Wilk's tesztet használtunk.

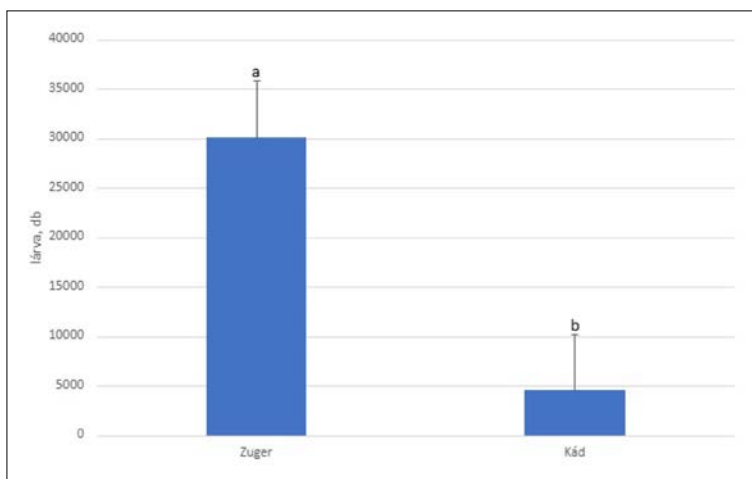


7. kép: Lerázott ikrák elhelyezése a Zuger-üvegekbe

A statisztikai különbség meghatározása független mintás t-próba segítségével történt. Nem normális eloszlás esetén az adatok kiértékelése Mann-Whitney próbával történt.

Eredmények

A vizsgálatunk végén a fészkekről eltávolított és Zuger-üvegekbe elhelyezett megtermékenyített ikrákból szig-



1. ábra A különböző módon kezelt ikrákból kikelt lárvák száma fészkenként

A különböző betűk a kezelési csoportok közötti szignifikáns eltérést jelölik ($P \leq 0,05$).

nifikánsan nagyobb számban keltek ki lárvák (30129 ± 5687 db / fészek), mint azon ikrák esetében, amelyeket a fészkekkel együtt helyeztünk a kádakba (4487 ± 6065 db / fészek) (1. ábra).

Kísérletünkben a lerázott ikrák térfogata 687 ml volt, amelyben az átlagos ikraszám 263 db/ml volt, összesen 180785 db. A fészkekről lerázott ikraszemek termékenyülése 90 %-os volt.

A vizsgálat során a kádakban és a Zuger-üvegekben mért oxigén szintek között szignifikáns különbséget ($p < 0,001$) tapasztaltunk, míg a víz hőmérséklete között statisztikailag nem volt kimutatható különbség (1. táblázat).

1. táblázat A Zuger-üvegekben és a kádakban mért oxigénszintek és hőmérsékletek átlagértékeinek alakulása a vizsgálat során

	Oxigén (%)	Oxigén (mg/l)	hőmérséklet (°C)
Zuger	$103,2 \pm 4,2^a$	$8,9 \pm 0,6^a$	$22,4 \pm 1,6^a$
Kád	$92,7 \pm 6,7^b$	$8,0 \pm 0,7^b$	$22,9 \pm 0,9^a$
p-érték	$< 0,001$	$< 0,001$	0,446

A különböző betűk a kezelési csoportok közötti szignifikáns eltérést jelölik ($P \leq 0,05$).

Következtetések

Legjobb tudomásunk szerint a megtermékenyített ikrák összegyűjtésének ezen módszerét tudományos közleményben még nem írták le. Vizsgálatunkban a mesterséges fészkekről lerázott és Zuger-üvegekben keltetett ikrákból nagyságrendileg több lárvát kelt ki, mint a kádakban elhelyezett fészkekről. Ennek hátterében egyrészt az állhat, hogy a Zuger-üvegekben a beáramló friss víz hatására az ikraszemek folyamatosan mozgásban voltak, így nem tudtak egymáshoz tapadni ezáltal csökkentve a gombák általi fertőzés megjelenésének a lehetőségét, valamint az ikraszemek befulladását (Rach és mtsai., 1995). Másrészt, amíg a napi kezelések ellenére megjelenő penészgombával fertőzött ikraszemeket a Zuger-üvegekből lehetőségünk volt eltávolítani, így megakadályozva a fertőzés elszaporodását, addig a kádakban elhelyezett fészkek esetében erre nem volt lehetőségünk (8. kép). Az ikrák érzékenyek az alacsony oxigénszintre/az oxigénszint csökkenésére, ezért a teljes folyamatosan friss vizet áramoltat azokra, hasonlóan a süllő esetében (Bódis és Csapó, 2005). Vizsgálatunkban a kádakban mért oxigénszint szignifikánsan alacsonyabb volt a Zuger-üvegekhez képest. Az alacsonyabb oxigénszinteket az ivató tóból behozott fészkeken lévő egyéb szerves anyagok, valamint az elpusztult ikraszemek bomlása okozta, amely tovább fokozta a kelési arány csökkenését (Marium és mtsai., 2023). A fészken történő



8.kép: A bepenészedett ikrák a műfészken

ikraérleléshez szükséges oxigénszint gyorsan elérhető és tartható finom porlasztású vízpermet segítségével. Ennél a módszernél, amelyet Woynárovich és Entz (1950) fejlesztett ki, a fészkeket úgynevezett „páradús kamrában”, egymástól 10-15 cm-re helyezjük el. Az ikrák hamarabb érik el a kelésérepttséget, amelyet az ikrák folyamatos vizsgálatával szükséges ellenőrizni, míg a páradús környezet ellenére a gombakértétel nem jelentős (Bódis és Csapó, 2005).

A fent leírt módszer mellett a kelési arány javítható a keltetéshez használt víz UV kezelésével, antibiotikumos kezeléssel (Korwin-Kossakowski, 2012), és az ikrák 1 %-os sóoldatban történő 3-5 perces fürdetésével (Wang és mtsai., 2024). Az ikraszemek sűrűsége szintén befolyásolja a fertőzésre való érzékenységet, ezáltal a kelési arányt (Lehtonen és Kvarnemo, 2015).

Az édesvízi akvakultúrában tenyésztett ragadozó halak esetében – amelyek természetes ivása fészkekre történik (süllő, pisztrángsüggér) – a mesterséges szaporítás során az érett ivarsejteket altatást követően kézzel fejjük az anyahalakból. A fejést megelőzően az anyahalak több alkalommal is kézbe kerülnek az ivarsejtek fejlettségi stádiumának megállapítása céljából, amely stresszt jelent a halak számára. Korábbi vizsgálatok eredményei kimutatták, hogy mind a pisztrángsüggér, mind a süllő esetében az ivás előtti stressz egyrészt negatívan befolyásolhatja a szaporodás sikerét, másrészt az egész életciklusra hatással van (Ostrand és mtsai., 2004; Pourhosein-Sarameh és Falahatkar, 2024). A vizsgálatunkban alkalmazott módszer segítségével minimalizálni lehet az emberi beavatkozás okozta stressz negatív hatásait. Ezenkívül teljes mértékben elkerülhető a halak fizikai igénybevétele, amelyet a mesterséges szaporítás során használnak.

Az alkalmazott módszer hatékonyságának javításához további vizsgálatok szükségesek.

Felhasznált irodalom

- Bai, J., Li, S. (2018): Development of Largemouth Bass (*Micropterus salmoides*) Culture. *Aquaculture in China: Success stories and modern trends* Chapter 4.5: 421-429, https://doi.org/10.1002/9781119120759.ch4_5
- Bódis, M., Csapó, I. (2005): Süllőkeltetés a gyakorlatban II. *Halászat* 98(1): 4-6.
- Gomelsky, B., Semmens, K., Peatman, E., Coyle, S., Matthews, M. (2019): Reproduction and genetics. Pages 61–90 in J. Tidwell, S. Coyle, and L. A. Bright, editors. *Largemouth Bass aquaculture*. 5m Publishing, Sheffield, UK. <https://doi.org/10.1079/9781800629158.0005>
- He, K., Li, Z., Yan, H., Shi, L., Yang, H., Liu, Q., Song, K., Hu, Y., Wang, B., Yang, S., Zhao, L. (2025): Cold temperature delays ovarian development of largemouth bass by inhibiting sex hormone release, angiogenesis, apoptosis and autophagy during out-of-season reproduction. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 301: 111795, <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2024.111795>
- Korwin-Kossakowski, M. (2012): Fish hatching strategies: a review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 22: 225-240, <https://doi.org/10.1007/s11160-011-9233-7>
- Lehtonen, T.K., Kvarnemo, C. (2015): Density effects on fish egg survival and infections depend on salinity. *Marine Ecology Progress Series* 540: 183-191, <https://doi.org/10.3354/meps11517>
- Li, S. J., J. X. Du, L. Q. Han, et al. (2023): Breeding and Cultivation Technology of Largemouth Bass “Youlu 3#” (Part 1) (in Chinese). *Scientific Fish Farming* no. 10: 13–14.
- Marium, A., Chatha, A.M.M., Naz, S., Khan, M.F., Safdar, W., Ashraf, I. (2023): Effect of Temperature, pH, Salinity and Dissolved Oxygen on Fishes. *Journal of Zoology and Systematics* 1(2): 1-12, <https://doi.org/10.56946/jzs.v1i2.198>
- Moyle, P.B. (2002): *Inland Fishes of California*. Univ. Calif. Press, Los Angeles, Calif. 502pp.
- Ostrand, K.G., Cooke, S.J., Wahl, D.H. (2004): Effects of Stress on Largemouth Bass Reproduction. *North American Journal of Fisheries Management* 24(3):1038–1045, <https://doi.org/10.1577/M02-154.1>
- Pourhosein-Saramah, S., Falahatkar, B. (2024): Pikeperch (*Sander lucioperca*) adaptive or maladaptive reactions to environmental stressors? a review. *Aquaculture International* 32: 6539–6573, <https://doi.org/10.1007/s10499-024-01478-4>
- Rach, J.J., Marks, J.A., Dawson, V.K. (1995): Effect of Water Flow Rates in Hatching Jars to Control Fungal Infections of Rainbow Trout Eggs. *The Progressive Fish-Culturist* 57(3): 226-230. [https://doi.org/10.1577/1548-8640\(1995\)057<0226:EOWFRI>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8640(1995)057<0226:EOWFRI>2.3.CO;2)
- Rodriguez-Sanchez, V., Encina, L., Rodríguez-Ruiz, A., & Sánchez-Carmona, R. (2009). Largemouth bass, *Micropterus salmoides*, growth and reproduction in Primera de Palos' lake (Huelva, Spain). *Folia Zoologica*, 58(4), 436.
- Scott, W.B., Crossman, E.J. (1973): *Freshwater Fishes of Canada*. Fish. Res. Board Can. Bull. 184: 1-966 p.
- Shamra, A., Semmens, K., Gomelsky, B. (2021): Evaluation of Hormonal Agents for Artificial Propagation of Largemouth Bass. *North American Journal of Aquaculture* 83(4): 390-401, <https://doi.org/10.1002/naaq.10208>
- Wang, S., Song, Z., Liu, X., Xu, S., Gu, Z. (2024): A Review of Studies on the Breeding, Reproduction and Fry Rearing of Largemouth Bass (*Micropterus nigricans*) in China. *Aquaculture, Fish and Fisheries* 4: e70019. <https://doi.org/10.1002/aff2.70019>
- Woyanovich, E., Entz, G. (1950): Experiments in the artificial incubation of *Lucioperca sandra* Cuv. et Val. eggs. *Annal. Inst. Biolog (Tihany) Hung. Acad. Sci.*, 19, 65-68
- Yu, P., Chen, H., Liu, M., Zhong, H., Wang, X., Wu, Y., Sun, Y., Wu, C., Wang, S., Zhao, C., Luo, C., Zhang, C., Hu, F., Liu, S. (2024): Current status and application of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) germplasm resources. *Reproduction and Breeding* 4: 73-82, <https://doi.org/10.1016/j.repbre.2024.01.004>
- Zhang, M. M., Oh, C. W., Lee, W. O., Na, J. H. (2013): Population biology of the largemouth bass, *Micropterus salmoides* from Goe-san lake, Korea. *Journal of Environmental Biology*, 34(4), 747-754.
- Zhang, X., Xue, M., Liu, L., Wang, H., Qiu, T., Zhou, Y., Shan, L., Wang, Z., Liu, G., Hu, Y., Chen, J. (2024): Rhein: A potent immunomodulator empowering largemouth bass against MSRV infection. *Fish and Shellfish Immunology* 144: 109284, <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2023.109284>
- Zhong, H., Sun, Y., Liu, M., Chen, H., Yu, P., Wu, C., ... & Liu, S. (2024). Induction of diploid gynogenesis in *Micropterus salmoides* using irradiated heterogeneous sperm from *Siniperca chuatsi*. *Aquaculture*, 590, 741021. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741021>

Köszönetnyilvánítás

A projekt a Kutatási Kiválósági Program támogatásával valósult meg.