

EGY TÖBBFUNKCIÓS AKVAKULTÚRA-ESZKÖZ FEJLESZTÉSÉNEK EVOLÚCIÓJA (2014–2025): TECHNOLÓGIA HALIKRÁK GYŰJTÉSÉRE, SZÁLLÍTÁSÁRA, KELTETÉSÉRE, LÁRVANEVELÉSÉRE ÉS TELEPÍTÉSÉRE EGYETLEN BERESENDEZÉSEN

Müller Tamás

¹ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Természetesvízi Halökológiai Tanszék, Gödöllő,
Páter Károly utca 1, 2100. muller.tamas@uni-mate.hu

Kivonat

Kutatócsoportunk három fázisban fejlesztett ki egy olyan prototípus eszközt, amelynek elsődleges célja a megtermékenyített ikraszemek gyűjtésének megkönnyítése természetes élőhelyekről és/vagy akvakultúrai rendszerekből, valamint az ikrák szállításának, fertőtlenítésének, tárolásának és inkubációjának biztosítása. Az eszköz emellett lehetővé teszi a lárvák – különösen az első két-három hét során, amely a legérzékenyebb életszakasz – optimális környezeti feltételek melletti nevelését is. Végül az eszköznek alkalmasnak kellett lennie a lárvák szállítására a kitelepítés helyszínéig.

Kulcsszavak: ívási szubsztrát, ívatófészek, indukált szaporítás, inszemináció

Abstract

Our research group developed a prototype device in three phases, whose primary purpose is to facilitate the collection of fertilized eggs from natural habitats and/or aquaculture systems, as well as to ensure the transportation, disinfection, storage, and incubation of the eggs. In addition, the device enables the rearing of larvae-especially during the first two to three weeks, which is the most sensitive life stage-under optimal environmental conditions. Finally, the device had to be suitable for transporting the larvae to the site of release.

Keywords: spawning substrate, spawning nest, induced reproduction, insemination

Bevezetés

Az emberi tevékenységek során a természetes vízfolyásokba jutó szennyező anyagok a vízfolyások teljes élővilágának részleges vagy teljes pusztulását okozhatják, lásd vörös iszap katasztrófa (2010. november), amely a Marcal főágának Karakótól torkolatig tartó 72 km-es szakaszának teljes élővilágát kiirtotta. A gerinctelen fauna visszatelepődése természetes úton megkezdődik ilyen esetekben. A halfajok telepítésére több elképzelés is született, azonban tógazdaságaink tenyésztett és termelt

halfajspektruma szűk, így abból telepítésre felhasznált állományok nem a természetes állapotokat tükröznék. Különösen hiányzik a másodlagos fogyasztói szint (például kistermetű keszegfélék) állomány megsegítése, ami a következő lépcsők (ragadozók elsősorban; sügér, süllő, balin, kősüllő, illetve a csuka és harcsa fiatal egyedei) megtelepedését és állományaik megerősödését elősegítené. A keszegfélék és különösen a kűsz nagy mennyiségű sérülésmentes szállítása rendkívül nehéz a kifejtett egyedek nagymérvű érzékenysége miatt. Problémaként jelentkezhet a természetes vízfolyásokból való spontán benépesülés során, hogy legtöbb esetben a szélsőséges környezeti tényezőkre tág tűrésű, invazív (idegenhonos) halfajok (törpeharcsa, ezüstkárász, kínai razbóra) pionír fajként törnek be, és rövid időn belül túlszaporodnak. Az invazív halak nemcsak gyakran elsőként népesítik be a halméltali vagy gyengén benépesült víztereket, hanem az őshonos fajokkal részben átfedő ökológiai fülkék betöltésével, valamint erőforrás-konkurenciával megakadályozzák az őshonos halfajok megtelepedését és visszaszorítják azok állományát.

Kutatásunk célja olyan eszköz kifejlesztése, amely megkönnyíti gazdaságilag kevésbé jelentős és természetvédelmileg fontos halfajok ikráinak gyűjtését, szállítását, fertőtlenítését, tárolását és inkubációját. Az eszköz biztosítja a lárvák első, legérzékenyebb heteiben az optimális nevelési feltételeket, és alkalmas a lárvák kitelepítési helyükre történő szállítására is. Ezzel lehetővé válik új típusú termelési rendszerek, például ragadozó-táplálékhal bikultúra kialakítása olyan helyeken, ahol eddig ez technológiai okokból nem volt lehetséges. Továbbá a szerkezet felhasználható természetvédelmi célú állomány-megsegítő programokban és új élőhelyek halasítására. A fejlesztés során kiemelten ügyeltünk a fenntarthatóságra, valamint a környezet- és erőforráskímélő megoldások alkalmazására.

Anyag és módszer

A kifejlesztendő eszközünk három lépésben került megvalósításra.

1. „Hengerpalástú ivatófészek” (1. ábra); az általunk kifejlesztett mobil fészek ívási szubsztrátja végein nyitott támasztott henger, melynek belső és külső palástja is ikragyűjtésre szolgál. A szállításra szolgáló tokban az ikrák védelmére szolgáló preventív, vagy gyógyfüröszítésre (elsősorban penészgombák ellen), valamint különböző vízterek között mikro- és makrogerinctelen betelepítése ellen lehet kezelni.



1. ábra. Ikrázófészek: balra: tervrajz. Jobbra; a) zárható szállító tok, b) szállító tok és a végein nyitott hengerpalást alapú ivási szubsztrát, c-d) ivási szubsztrát oldalról és felülről, belül a merevítő egységekkel, kívül az ikrák sérülését a szállítótokokban megakadályozandó gumibakok. Tervrajzot és a prototípust készítette id. Müller Ferenc.

2. „Háromszög alakú többfunkciós eszköz” (2. ábra): A további célkitűzésünk az volt, hogy az „ívatófészek” egyes elemeit megtartsuk, de jelentősen továbbfejlesszük, és új funkciókkal bővítsük azt. A kutatás során egy háromszög keresztmetszetű, fonalhalmazzal borított ikragyűjtő eszközt fejlesztettünk ki, amely a keszegfélék vízfelszíni és vízközi ivásának hatékonyabb begyűjtését szolgálta. Részei:

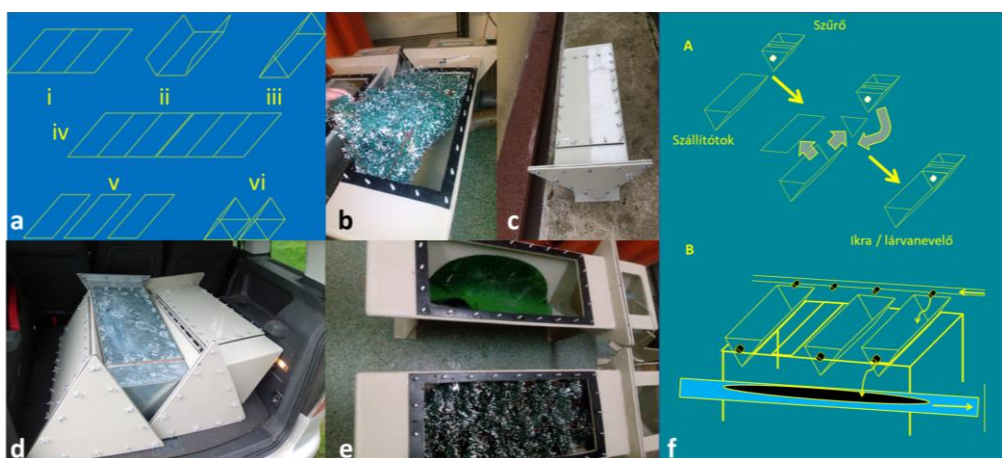
(1) Ikragyűjtő fészek: három téglalap alakú, csuklópánttal egymáshoz csatlakozható ikragyűjtő alrészből áll, melyeket újrahasznosított mesterséges és/vagy természetes anyagból készült ivási szubsztrát borít. A különböző formák és kialakítások elősegítik a különböző halfajok ikragyűjtését (/a ábra). Előnye, hogy alakja és mérete is változtatható, így alkalmas a hazai fitofil és fitolitofil (vizinövényre, illetve vizinövényre és aljzatra ívó) halfajok többségének ikragyűjtésére.

(2) Szállító/nevelő tok (2/b-d ábrák), amely zárt formában (szintén háromszög alapú hasábra hajtva) magában foglalja az ikragyűjtő fészket. Feladata:

- (i) az ikragyűjtő fészek védelme a kiszáradás ellen (Vízzel vagy magas páratartalommal való szállítás),
- (ii) az ikrák sérülésmentes szállítása,
- (iii) olyan fertőtlenítési eljárások alkalmazása a szállítás során, amelyek nem károsítják a szállító-nevelő tok anyagát, és megakadályozzák az ikrákat veszélyeztető mikroorganizmusok elszaporodását (elsősorban *Saprolegnia* fajok, azaz vízi penészek), valamint a vizek közötti mikro- és makrogerinctelenek áthurcolását,
- (iv) az ikrák inkubációja: a fejlődő embriók nyomon követése, beavatkozások biztosítása az inkubáció (fertőtlenítés) és a lárvanevelés (tisztítás, etetés) során,

(v) a lárvák sérülésmentes szállítása a kitelepítési helyükig. A szállító/nevelő tok két oldalrészre levehető; az egyik rész szolgál a rászerezhető szűrőegység fogadására, a másik az oldalára döntött szállítótok ikrainkubáló és lárvanevelő egységgé alakíthatóságát teszi lehetővé (2/e-f ábrák).

(3) A szállítótartályra rászerezhető, levegőpumpával támogatott belső szűrőrendszer cserélhető elemként biztosítja a megfelelő vízminőséget az ikrainkubáció és lárvanevelés során. A szűrőrendszer cserélhető szivacs- és szűrőbetét (mügyanta, aktív szén, zeolit, tőzeg) kombinációjából áll. A vízáramlást kompresszorral támogatott levegő biztosítja, amely egyrészt fedezi a fejlődő embriók, lárvák és a biológiai szűrőrendszer oxigénigényét, másrészt egyenletes vízáramlást biztosít a hasznos tér és a szűrőbetét között (2/f ábra).



2. ábra. Háromszög alakú többfunkciós halszállító, ikrakeltető és lárvanevelő eszköz 2/a: Különböző fészkekformák és kialakítások különböző halfajok ikragyűjtésére: (i) süllő, sügér, csuka; (ii) rajalkotó halfajok nagyobb egyedei (karikakeszeg, dévérkeszeg); (iii) rajalkotó halfajok kisebb egyedei (vörösszárnyú keszeg, bodorka, kűsz) — ebben az esetben az ivási szubsztrát mindkét oldalát ikrarakásra tudják felhasználni; (iv) kimondottan nagy fajok (harcsa, kapitális süllő, ponty); (v–vi) kistestű, természetvédelmileg fontos halfajok (lápi póc, széles kárász, réticsík stb.). 2/b: Háromszögre hajtott, ikrával telt fészkek elhelyezése az eszközben. 2/c: Szállítótok. 2/d: Szállítótokok szállítás közben. 2/e: Belső szűrővel ellátott rendszerben ikrainkubálás. 2/f/A: Szállítótok átalakítása nevelőegységgé, valamint a szűrőrendszer hozzáillesztése. 2/f/B: Nevelőegységek átfolyó vagy recirkulációs rendszerre kötve. A prototípust készítette id. Müller Ferenc.

3. „Téglatest alakú, többfunkciós eszköz” 3. ábra: Az előző két prototípus működtetési tapasztalatai alapján olyan zárható szállítóeszközt fejlesztettünk ki, amely halszaporításra, ikrainkubálásra és lárvanevelésre alkalmas. Az eszköz tartalmaz felállítható medencét és napelemmel támogatott levegő rendszerre kötött belső szűrőrendszert a szállítóeszközből kivehető módon elhelyezve lárvaneveléshez, indukált szaporításhoz alkalmazott eszközöket, vízminőségellenőrző eszközt, hallárva

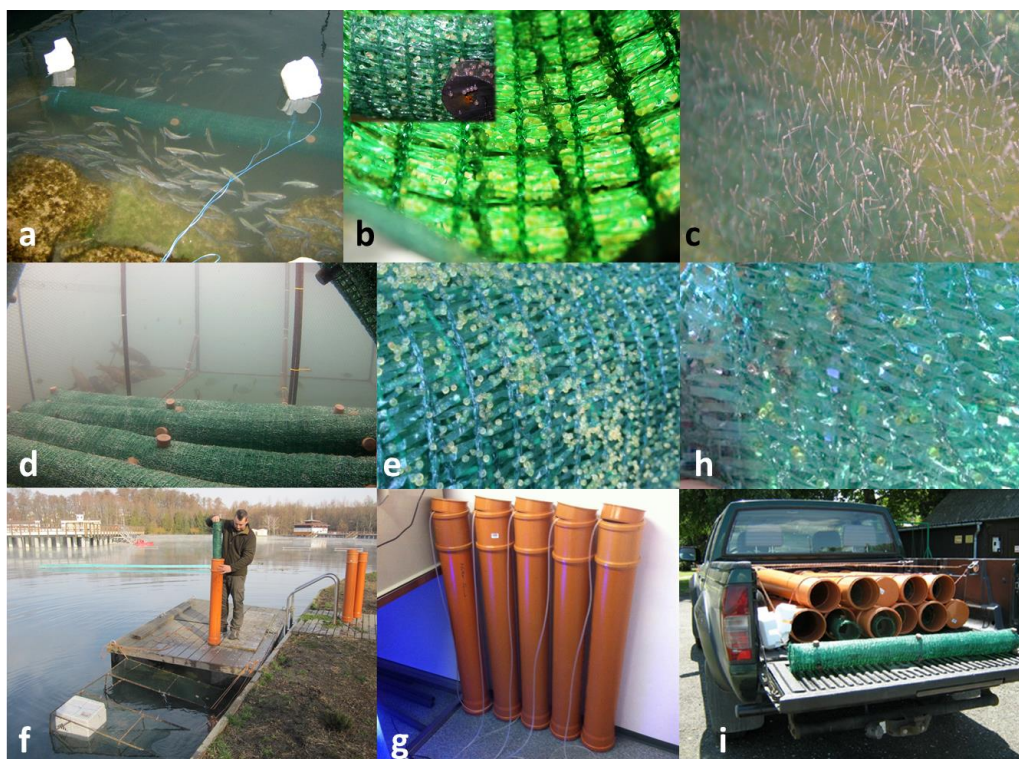
kiinduló takarmányait, víztisztító- és ikrafertőtlenítő szereket, továbbá levegőztetőcsövet, ami a szállítóeszközön elhelyezett nyílásba illeszkedik.



3. ábra. Téglatest alakú többfunkciós eszköz. 3/a: Légmentesen záródó láda. 3/b-d: az indukált szaporításhoz szükséges eszközök (hormonkészítmény, boncoló szett, mozsár, injekciós tű, katéter, kesztyűk, altató, törülőkendők, ivási szubsztrát stb.). Lárva neveléshez szükséges összeállítható kád, belső szűrőrendszer kisegítő elemekkel (napelemes levegőztető, nitrátmentesítő műgyanta, enzimek stb.), vízminőség ellenőrző szett, lárva neveléshez takarmányok stb.

Eredmények és következtetések

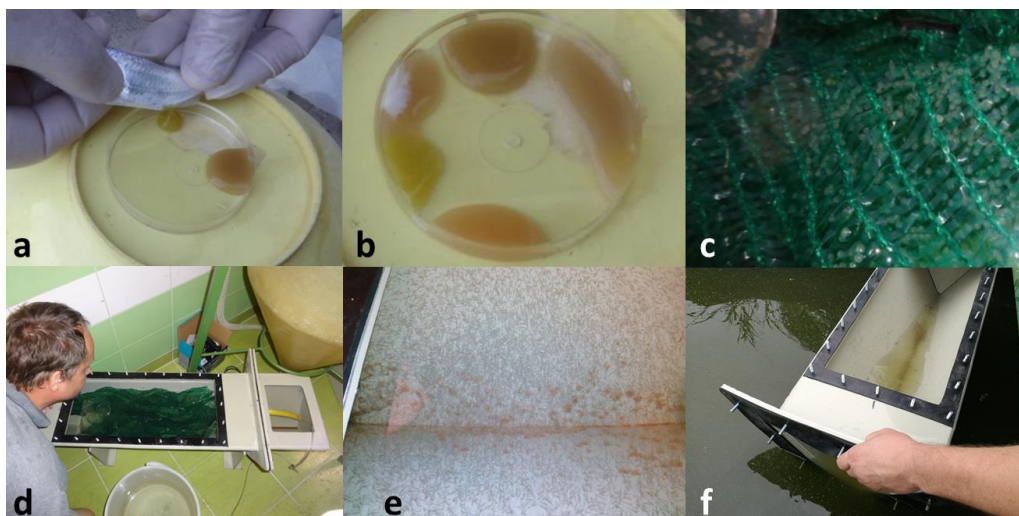
1 „Hengerpalástú ikrázófészek” tesztelése során sikerült természetes vízből kűsz ikrát gyűjteni (Balaton, 4/a). Laboratóriumi körülmények között indukált szaporítási eljárással bodorkákat sikerült ívatni (4/b–c ábra). A hengerpalást mindkét oldalát használták ívőfelületként. A lekeltetett, négy alkalommal etetett lárvákat (~100 000 db) kitelepítettük az Aranypony Zrt. gödöllői telephelyének egyik tavába. Egy másik alkalommal, felépített ívatóketrecben, indukált ívatási módszerrel sikerült hévízi, törpenövésű vadpontyokat ívásra bírni (4/d ábra). A halak a henger kis átmérője miatt csak a külső palástot használták ikrarakásra (4/e ábra). Az ívőfészkeket tokokba helyezve a Szent István Egyetem (volt MATE) gödöllői tanszékére szállítottuk (4/f ábra), ahol a szállítótokokat ikrainkubáló helyként használva a lárvákat lekellettük (4/g ábra; Várkonyi et al., 2014; Müller et al., 2016). A XXXI. Halászati Tudományos Tanácskozáson a résztvevők szavazatai alapján az eszközről szóló bemutatót „legjobb poszter” díjjal tüntették ki (Müller et al., 2015). A kifejlesztett eszköz használati mintaoltalomban részesült (Müller et al., 2012), a mintaoltalmat megvásárló, hasznosító cég a Sentimento Kft volt.



4. ábra. Henger vagy ikrázófészek működtetés közben; 4/a: kűszikra gyűjtés Balatonon, 4/b-c: bodorka szaporítás laborkörülmények között. 4/d-g: hévízi törpenövésű vadponty indukált

ívatás Hévízen, ikraszállítás és keltetés Gödöllőn. 4/h: lápi póc ívatás során ikragyűjtés 4/i: Szállító tok és ívatófészek szállítása.

2. „Háromszög alakú többfunkciós eszköz” tesztelésekor első ízben a Balatonból (Balatonakarattya, 2018) gyűjtöttünk küszikrákat az ívási időszakban (5/a-b ábrák), és Woynárovich (1971) által már leírt módon szaporítottunk („A petri-csészékben most küszikrát fejünk...”). A 15 ikrásból származó termékenyített ikratételeket raschel-hálóra szórtuk (5/c ábra), majd a szállítókban Gödöllőre szállítottuk. A szállítótokot a belső szűrőegység rászerezésével ikrainkubáló és lárvanevelő egységgé alakítottuk (5/d ábra). A lárvákat másfél hétig ebben a rendszerben neveltük és frissen keltetett Artemiával tápláltuk *ad libitum* (5/e ábra). A kéthetes lárvákat tartalmazó nevelőegységről a belső szűrőrendszert eltávolítva ismét szállítótokká alakítottuk, és a becslés alapján ~ 25 ezer táplálkozó lárvát kitelepítettük egy horgásztóba (Isaszegi horgásztavak, 5/f ábra). Azóta az eszközt használtuk ponty, valamint több alkalommal lápi póc ikrainkubációra és lárvanevelésre (4 hetes korig), majd lárvaszállításra és kitelepítésre is. Az eszköz működtetése során folyamatosan adatot gyűjtöttünk, hogy a fejlesztési lehetőségeket megvizsgáljuk. Az eszköz elnyerte a Szent István Egyetem Pályázati és Innovációs Központja által alapított, 2014. évi Innovációs Vándordíjat.



5. ábra. Háromszög alakú többfunkciós eszköz tesztelés közben; 5/a: küszikra fejés parton (Balaton) petricsészébe, 5b: Lefejt küszikra tételek spermával vízaktiváció előtt. 5/c: Termékenyített ikratételek raschel hálón közvetlenül a szállítást követően. 4/d: Ikrainkubációs az átalakított nevelő tokban, a hozzáadott belső szűrőegységgel. 5/e: Másfél hetes táplálkozó küsz lárvák a nevelő egységben. 5/f: A küsz lárvák nevelési egységének visszaállítása szállítótokká és a lárvák kitelepítése az egyik isaszegi horgász tóba.

3. „Indukált szaporítás, ívatás, ikrainkubációs és lárvanevelés egy eszközben: „szaporító táska”. Az eszközt afrikai harcsa modellhalfaj szaporítása során

használtuk. Felhasználtuk kutatócsoportunk gondozásában kifejlesztett, inszeminációs módszerű szaporítási eljárást (külső megtermékenyítésű halaknál a petefészekben a sperma hosszabb ideig eltárolható, így alkalmazható indukált szaporítás vagy ivás előtt – Müller et al., 2018a, b). Ennek során a beérési időszakban (a hormonkezeléstől az ovulációig) egy időben, vagy csak tejes, vagy csak ikrás egyedeket kellett tartani. A táskát a szaporításhoz és az ikrák inkubációjához használtuk: a nyert, termékenyített ikratételeket ivási szubsztrátra terítettük. A kikelt, táplálkozásukat megkezdő lárvákat már a táskához tartozó, felállítható lárvanevelő medencében tartottuk és neveltük. A nevelőmedence egy belső szűrőegységet tartalmazott (szivacs-szűrő, nitrogénmegkötő műgyanta, enzimek a biológiai szűrés fokozására), a halakat pedig a táskában elhelyezett lárvanevelő takarmányokkal (dekapszulált *Artemia*, lárvanevelő keveréktakarmány) etettük. A vízminőséget egy, mobilapplikációhoz tartozó egyszerű kittel ellenőriztük, hogy szükség esetén időben elvégezhesük a vízcserét. A nevelési idő végén a lárvákat visszatelepítettük a szállítótáskába, amelynek kialakítása elősegítette a sérülésmentes szállítást: (i) gumigyűrű a nyitóegységnél, amely teljes vízhatlanságot biztosított, (ii) zárrendszer, amely megakadályozta a véletlen kinyitást, (iii) egyik végén elhelyezett légnyílás, amelyen keresztül akkumulátoros kompresszorral maximum 48 órán át biztosítható volt az oxigénellátás.

Jelenleg egy élőhelyéről kipusztult halfaj a rakoviczai kele *ex situ* konzervációbiológiai munkákat végzünk az eszköz használatával (Horváth et al., 2025).

A kifejlesztett eszköz használati mintaoltalomban részesült (Müller et al., 2024), a The World Intellectual Property Organization (WIPO - Szellemi Tulajdon Világszervezete) nemzetközi irodája a tárgyi nemzetközi szabadalmi bejelentést közzétette.



6. ábra. Kifejlesztett többfunkciós eszközrendszerünk működtetés közben. 6/a: Légmentesen záródó ládában hormonkezelt és inszeminált afrikai harcsa ikrás, 6/b ikrainkubáció ívási szubsztráton. 6/c: felállított medencében lárvanevelés (levegővel működtett belső szűrő rendszer (szivacs, nitrátgyűjtő gyanta, enzimek stb.). 6/d: szállításra előkészített- medencében nevelt kéthetes afrikai harcsa lárvák. 6/e: zárható láda felkészítése lárva szállításra (levegőutánpótlás biztosítása akkumulátoros levegőztetővel, fekete nyilak – zárópántok). 6/f: lárvaszállítás levegő biztosítás mellett (sárga nyilak – zárópántok)

Összefoglalás

Kutatócsoportunk három fázisban fejlesztett ki egy prototípus eszközt, amely megkönnyíti a termékenyült ikraszemek gyűjtését, szállítását, fertőtlenítését, tárolását és inkubációját természetes és akvakultúrai rendszerekből. Az eszköz a lárwaneveléshez és a kitelepítés előtti szállításához is optimális körülményeket biztosít. A fejlesztés során kiemelten ügyeltünk a fenntarthatóságra, valamint a környezet- és erőforráskímélő megoldások alkalmazására.

Köszönetnyilvánítás

Mindenekelőtt köszönöm Édesapámnak, id. Müller Ferencnek, a folyamatos támogatását az elméleti munkák és elképzelések technológiai megvalósításában. Az első két eszköz prototípusát ő készítette el kutatócsoportunk számára. Ezúton szeretném kifejezni hálámat és köszönetemet minden kutatónak, aki hozzájárult a módszer fejlesztéséhez, valamint azoknak is, akik a munkafolyamatok egyes részeinek kidolgozásában aktívan részt vettek, és nevük az irodalomjegyzékben szerzőként is szerepel. Munkákat az MATE Proof of Concept Kutatói Alprogram (POC-2024-09), NKFI Alap (NKFI K_135824), NKFI Advanced és 2020-1.2.4 TÉT Ipari TR (2021-00015) projektek támogatták.

Irodalom

- Horváth J; Tóth A; Weissenbacher A; Gagliu A; Bernáth G; Nagy B; Varga Á; Nagy A; Grigoras G; Pándi I; Müller T. **2025.** Az élőhelyéről kihalt rakovitzakele (*Scardinius racovitzai*) ex situ konzervációbiológiai kutatásai. XLIX. Halászati Tudományos Tanácskozás 2025. június 3-4. Szarvas, absztrakt book x-x (kivonat beküldve)..
- Müller T; Horváth L; Szabó T; Ittész I; Bognár A; Faidt P; Ittész Á; Urbányi B; Kucska B. **2018a.** Novel method for induced propagation of fish: sperm injection in oviducts and ovary / ovarian lavage with sperm. *Aquaculture* 482, 124-129.
- Müller T; Kucska B; Horváth L; Ittész Á; Urbányi B; Blake C; Guti Cs; Csorbai B; Kovács B; Szabó T. **2018b.** Successful, induced propagation of African catfish (*Clarias gariepinus*) by ovarian lavage with sperm and hormone mixture. *Aquaculture* 485, 197-200.
- Müller T; Specziár A; Müllerné Trenovszki M; Staszny Á; Szalay I; Hegyi Á; Urbányi B. **2015.** Ivafészkek kistestű keszegfélék ikragyűjtésére és szállítására. XXXIX. Halászati Tudományos Tanácskozás, 2015. május 20-21. Szarvas, absztrakt book, 60.
- Müller T; Urbányi B; Ivánovics B; Quyen NN; Horváth J. **2023.** Légmentesen zárható szállítóeszköz halszaporításhoz. Szabadalmi Közlöny és Védjegyértesítő 128 (22), 134-135. https://www.sztnh.gov.hu/sites/default/files/kiadv/szkv/202311b-pdf/SZKV_22_2311.pdf
- Müller T; Urbányi B; Specziár A; Müllerné-Trenovszki M; Staszny Á; Szalay I. **2012.** Ikrázó fészkek. Szabadalmi Közlöny és Védjegyértesítő 117 (12), 68. https://www.sztnh.gov.hu/kiadv/szkv/201206b-pdf/F_02_Hami_megadas_12_1206.pdf
- Müller T; Várkonyi L; Kovács B; Lehoczy I; Staszny Á; Müllerné-Trenovszki M; Urbányi B; Specziár A. **2016.** Genotype of endemic thermal resistant minor wild carp: origin, population, genetics, ecology. 12th International Congress on the Biology of Fish (oral presentation). 12-16-06.2016. Texas State University, San Marcos, Texas, USA.

Várkonyi L; Specziár A; Horváth L; Urbányi B; Müllerné Trenovszki M; Müller T. **2014.** Hévízi törpenövésű vadponty indukált szaporítása az élőhelyén. XXXVIII. Halászati Tudományos Tanácskozás, 2014. május 28-29. Szarvas, absztrakt book, 11.

Woynarovich E. **1971.** Hogyan is történt? Halászat, 64 (5), 144-145.