



**INTÉZMÉNYI TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA
2023. november 22.**

**A mobil halkeltető használhatóságának vizsgálata a hőmérsékleti
paraméterek elemzésén keresztül**

**Investigation of the usability of the mobile fish hatchery in relation to
temperature parameters analysis**

Készítette: **Bartucz Tamás**
HAPFDP
Takarmányozási és takarmánybiztonsági mérnök MSc
nappali tagozat
Szent István Campus

Témavezetők: **Dr. Csorbai Balázs**, tudományos munkatárs, MATE
Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási
Tanszék
Dr. Bokor Zoltán, tudományos főmunkatárs, MATE
Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Halgazdálkodási
Tanszék
Dr. Csenki- Bakos Zsolt Imre, tudományos főmunkatárs,
MATE Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet,
Környezettoxikológia Tanszék

Lehetséges OTDK szekció: Agrártudományi Szekció

**Gödöllő
2023**

Tartalomjegyzék

1.	BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS	4
1.1.	CÉLKITŰZÉS	5
2.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	6
2.1.	A DOMOLYKÓ ÁLTALÁNOS JELLEMZÉSE.....	6
2.1.1.	A domolykó rendszertani besorolása.....	6
2.1.2.	A domolykó morfológiája	7
2.1.3.	A domolykó életmódja és táplálkozása.....	7
2.1.4.	A domolykó élőhelye és elterjedése	7
2.1.5.	A domolykó szaporodása.....	8
2.1.6.	A domolykó jelentősége.....	9
2.2.	INTENZÍV HALTENYÉSZTÉS	9
2.2.1.	Az intenzív rendszerek kialakulása, főbb termelési egységei.....	9
2.2.2.	Az recirkulációs rendszerekben történő haltermelés infrastruktúrája	10
2.3.	A KELTETŐHÁZI SZAPORÍTÁS	13
2.3.1.	A megtermékenyülés és az embriogenezis	14
2.3.2.	A hőmérséklet hatása az inkubáció során	15
2.4.	A DOMOLYKÓ KELTETŐHÁZI SZAPORÍTÁSA ÉS IVADÉKNEVELÉSE	17
2.5.	A MOBIL HALKELTETŐ BEMUTATÁSA	18
2.5.1.	A mobil halkeltető elemei	18
2.5.2.	A mobil halkeltetőben elért eredmények bemutatása	20
3.	ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK.....	21
3.1.	SZAPORÍTÁS.....	21
3.2.	KÍSÉRLET BEÁLLÍTÁSA	24
3.3.	HŐMÉRSÉKLETMÉRÉS	25
3.4.	VÍZMINŐSÉG MÉRÉS.....	25
3.5.	KELÉSI ARÁNY SZÁMÍTÁSA	25
3.6.	TESTHOSSZ MÉRÉS	26
3.7.	FEJLŐDÉSI RENDELLENESSEGEK MEGÁLLAPÍTÁSA	26
4.	EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	27
4.1.	EREDMÉNYEK.....	27
4.1.1.	A vízhőmérséklet mérések eredményei	27
4.1.2.	Vízminőségi paraméterek	29
4.1.3.	Kelési arány	30
4.1.4.	Testhossz	31

4.1.5.	<i>Fejlődési rendellenességek</i>	32
4.2.	KÖVETKEZTETÉSEK	40
4.3.	JAVASLATOK	41
5.	ÖSSZEFOGLALÁS	42
6.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	44
7.	IRODALOMJEGYZÉK	45

1. Bevezetés és célkitűzés

Magyarországon a természetes vizekkel való gazdálkodás az elmúlt 15 évben jelentős fordulatot vett. Míg korábban általánosan elterjedt volt a kereskedelmi célú természetesvízi halászat, a 2013. szeptember 1-én hatályba lépő CII. halászati törvény a vizek elsőszámú hasznosítási módját már a horgászathoz és a horgászturizmus fejlesztéséhez köti. A törvény 2015-ös módosítása pedig a 2016-os naptári évtől megtiltja a kereskedelmi célú halászati engedély kiadását.

Ezen törvényt módosítások és az ökológiai szemlélet elterjedésének következtében folyamatosan növekszik a horgászati és a természetvédelmi értékkel bíró őshonos halfajok iránti igény. A természetesvízi halállományok napjainkra azonban sok helyen megfogyatkoztak köszönhetően a túlhasznosításnak, az ívőhelyek eltűnésének és a vízszennyezéseknek. A fent említett okok miatt vált szükségessé a természetes vizeink halállományainak folyamatos pótlása. Az anyahalak és az ivadék hosszas szállítása a halak sérülésével és elhullásával is járhat. Erre kínálhat megoldást a MATE AKI Halgazdálkodási Tanszéke által fejlesztett mobil halkeltető, amely lehetővé teszi az anyahalak befogása után az azonnali, helyszíni szaporítását úgy, hogy az anyaállomány számára az a lehető legkíméletesebb legyen. A helyben történő gyors szaporítás lehetővé teszi a felhasznált anyahalak számának maximalizálását, ami pedig csökkenti a telepítésekkel előidézett genetikai sodródás mértékét. A mobil halkeltető lehetőséget biztosít az ikra helyben történő inkubálására, illetve az ivadék gyors és hatékony kihelyezésére, kiküszöbölve ezzel a szállítás következtében fellépő elhullást. Kísérletemhez modellfajként a domolykót (*Squalius cephalus*) választottam, mivel ez a faj a horgászok körében egyre nagyobb népszerűségnek örvend. Természetes vízi állományai azonban sok helyen megfogyatkoztak, ezért a telepítés napjainkra szükségessé vált.

Az eszköz használhatóságát több kísérlet bizonyította. Vannak azonban bizonyos, a rendszer kis méretéből és a környezeti kitettségéből adódó, dinamikusán változó aspektusok, így a hőmérsékleti paraméterek is, melyek a hosszútávú alkalmazhatóság során kulcsfontosságúak. A hőmérsékleti viszonyok hatással lehetnek az embriófejlődésre, a kelési arányra, így a szaporítás és ivadéknevelés sikerességére is, ezért dolgozatomban ennek a paraméternek a részletes vizsgálatát végeztem el a mobil halkeltetőben.

1.1. Célkitűzés

Kísérleteinkben célul tűztük ki a mobil halkeltető hőmérsékleti viszonyainak részletes vizsgálatát. Mivel a jövőbeni alkalmazhatósága nagyban függ a hőmérsékleti paraméterek alakulásától mert ezeknek az adatoknak a megléte alapvető fontosságú lehet a rendszer üzemeltetése, valamint a sikeres halszaporítások és ivadéknevelések szempontjából. . A kutatás során a mobil halkeltető működését hasonlítottuk össze egy minden környezeti paraméterében szabályozott, zárt recirkulációs rendszerrel. A két rendszert a hőmérséklettartás és a vízminőség stabilitása szempontjából mértük fel, illetve vizsgáltuk ezen paraméterek hatását a domolykó embrionális fejlődésére.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. A domolykó általános jellemzése

2.1.1. A domolykó rendszertani besorolása

Ország: Állatok (*Animalia*)

Törzs: Gerinchúrosok (*Chordata*)

Altörzs: Gerincesek (*Vertebrata*)

Altörzság: Állkapcsosok (*Gnathostomata*)

Főosztály: Csontoshalak (*Osteichthyes*)

Osztály: Sugárúszójú halak (*Actinopterygii*)

Alosztály: Újúsójúak (*Neopterygii*)

Alosztályág: Valósi csontoshalak (*Teleostei*)

Öregrend: Pontyszerűek (*Ostariophysi*)

Rend: Pontyalakúak (*Cypriniformes*)

Öregcsalád: *Cyprinoidea*

Család: Pontyfélék (*Cyprinidae*)

Alcsalád: *Leuciscinae*

Nem: *Squalius*

Faj: *Squalius cephalus* (LINNAEUS, 1758) (1. ábra) (Nelson et al., 2016)



1. ábra A fejes domolykó (*Squalius cephalus*) (saját fotó)

2.1.2. *A domolykó morfológiája*

A domolykó teste megnyúlt, áramvonalas, oldalról enyhén lapított, orsó alakú. Feje aránylag nagy. A szájrése széles, szája csúcsba nyíló. A szájszeglet eléri a szeme vonalát, esetenként túl is nyúlik azon (Harka & Sallai, 2004). A vaskos, nagy méretű pikkelyei sötétén szegélyezettek, számuk az oldalvonal mentén 44-46. Az egyenes vagy kissé domború hátúszóban 8-9 elágazó úszósugár található. A hátúszó a hasúszók vonala mögött kezdődik. Az anális úszó szintén domború, 7-9 lágy úszósugár található benne. A hasi oldalon található úszók általában narancssárga vagy piros színűek (Lente et al., 2021).

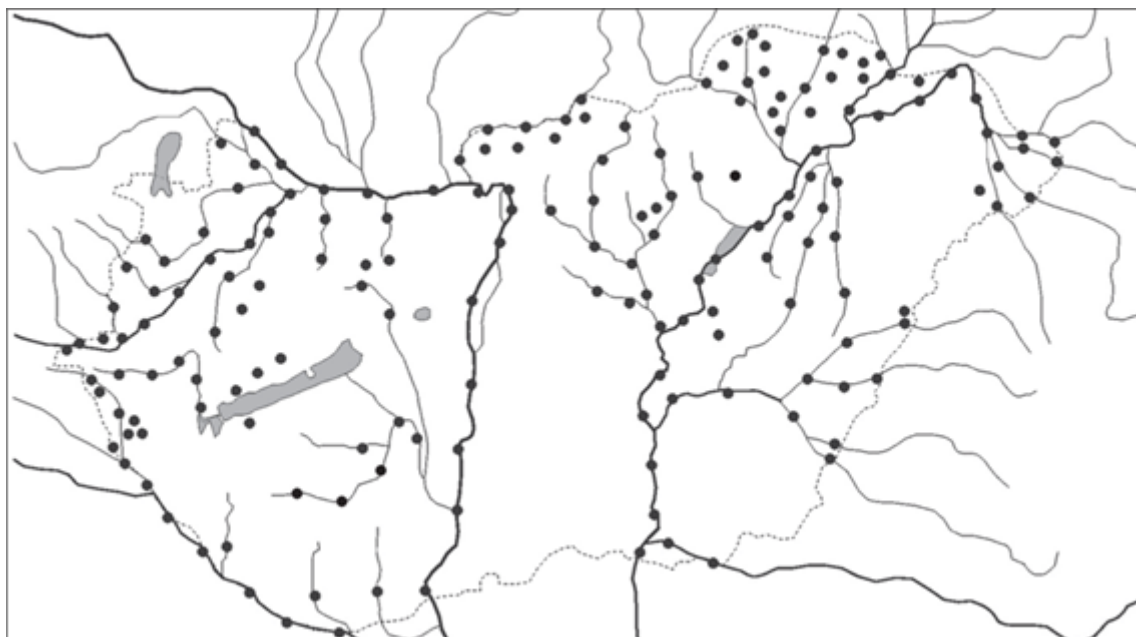
2.1.3. *A domolykó életmódja és táplálkozása*

A domolykó juvenilis egyedei rajhalként viselkednek, míg az ivarérett, kifejlett egyedek magányos életmódot folytatnak. Hosszú ideig ragaszkodnak kiválasztott helyükhöz. Előnyben részesítik a bokros, árnyékos élőhelyeket, melyeket csak az ívási időszakban hagynak el. A domolykó igen falánk, mindenevő faj, a ragadozó halfajokhoz hasonlóan kisebb intenzitással télen is táplálkozik (Pintér, 2015). A kelést követően a lárva az első 3-4 napban a szikzacskóból táplálkozik, majd az első valódi táplálékai különböző fito- és zooplankton szervezetek. A domolykó idővel áttér a bentoszban található rovarlárvák és alga fogyasztására, de a kifejlett példányok előszeretettel fogyasztanak kishalakat, puhatestűeket, rákokat, békalárvát és különböző, a víz felszínére hulló rovarokat is (Mézes, 2021). A kutatások nem támasztották alá azt a korábbi nézetet, miszerint a kifejlett domolykók idővel áttérnek kizárólag ragadozó életmódra (Balestrieri et al., 2006).

2.1.4. *A domolykó élőhelye és elterjedése*

A domolykó rheofil, azaz áramlást kedvelő halfaj. A pisztrángszinttáj legjelentősebb pontyféléje, de a pér-, paduc- és márna zónában is tömegesen elterjedt faj (2. ábra) (Pintér, 2015). A lassabb folyású kis- és közepes méretű vízfolyások leggyakoribb állományalkotó faja (Hegyi et al., 2021). A folyóvizek mellett fontos szerepet tölt be a hegyvidéki tavak halfaunájában is (Pintér, 2015; Harka & Sallai, 2004). Elterjedési területe az Ural-folyó vízgyűjtőterületétől egészen a Pireneusokig terjed. Hiányzik a Brit-szigetek északi részéről és a Skandináv-félsziget északi részéről (Hegyi, 2021). A telepítéseknek köszönhetően a faj eljutott Írország folyójába is, azonban itt invazív fajként tartják számon (Caffrey et al., 2008). Európa déli részén a kutatók több alfaját is leírták. Észak-Olaszországban a *S.c.cabeda*, Közép-Olaszországban, Horvátországban és Albániában pedig a *S.c.albus* alfaj lelhető fel. Észak-Olaszországban és Franciaország déli részén a *S.c.cabeda* található meg. Bulgáriában és

Görögországban található Sztruma, Marica és Meszta folyókban a *S.c. macedonicus* alfajt írták le. Macedóniában és a Vardar folyó vízgyűjtőterületén a *S.c. vardarensis* alfaj található. A Pireneusi-félszigeten is elkülöníthető alfaj a *S.c. pyrenaicus* (Pintér, 2015; Harka & Sallai, 2004). Hazánkban általánosan elterjedt faj. Állománya stabilnak mondható, azonban egyes kisebb vízfolyásokban számuk megfogyatkozott vagy a faj teljesen eltűnt köszönhetően az urbanizációs hatásoknak (Weiperth et al., 2021).



2. ábra *A. domolykó* magyarországi elterjedése (Harka & Sallai, 2004)

2.1.5. *A. domolykó* szaporodása

Az ivarérettséget az ikrások 3-4 éves korukban, a tejesek gyakran már 2 éves korukban elérik. A nőstények átlagosan 45.000 ragadós (Terofal, 1997), 1,8-2 mm-es (Kucharczyk et al., 2008) ikrát raknak testtömegkilogrammonként. Az ívási időszak közeledtével a tejesek oldalvonalán és fején apró, fehér nászkiütések jelennek meg. Sekély patakok kiöntéseiben ívik, rendkívül ragadós ikrái növényzethez, kövekhez tapadnak. Ikráit május-június hónapokban rakja le, de hosszú telet követően az ívás akár augusztusig is elhúzódhat (Jászfalusi, 1944). Az ikra 17 °C-os hőmérsékleten kb. 4 nap alatt kel ki (Kupren et al., 2008). A nagyobb folyókban élő állományok (a többi reofil pontyféléhez hasonlóan) gyakran a befolyó, kisebb méretű vízfolyásokba vonul ívni, ahol az ivadék akár több éven keresztül is az ívóterületeken maradhat (Weiperth et al., 2021).

2.1.6. *A domolykó jelentősége*

Közvetlen gazdasági jelentősége minimális, a fogás mennyisége az elmúlt években csökkenő tendenciát mutat. Míg a 2011-es adatok alapján a globális összes zsákmányolt domolykó mennyisége 370 tonna volt 2019-re 97 tonnára esett vissza (Urbányi et al., 2021). A növendék domolykók gyakran válhatnak más ragadozó halfajok prédájává, fordítottja azonban ritka (Pintér, 2015). Ugyan közvetlen gazdasági jelentősége elhanyagolható a horgászok körében azonban évről-évre nagyobb népszerűségnek örvend (Weiperth et al., 2021). Sportértékét elsősorban nem a fárasztás, annál inkább a nagyobb rutinos példányok becserkészése adja. Műlegyező, pergető és úszós készséggel is egyaránt jól fogható (Szmutni, 2009). A 133/2013. (XII.29.) VM rendelet a domolykó legkisebb fogható méretét 25 cm-ben, tilalmi idejét pedig 04.15-e és 05.15-e között határozza meg. Az IUCN vöröslistáján nem fenyegetett státuszban szerepel (internet 1).

2.2. **Intenzív haltenyésztés**

2.2.1. *Az intenzív rendszerek kialakulása, főbb termelési egységei*

Az első intenzívnek nevezhető haltermelő rendszerek az úgynevezett úszó ketreces halnevelő egységek voltak. Ezeket egyaránt használták édes- és sósvízi körülmények között is. Az első valódi intenzív halnevelő rendszert 1962-ben alapították Dániában. Ebben a rendszerben szivárványos pisztrángot állítottak elő. A haltermelés intenzifikálásában újabb mérföldkövet jelentett az átfolyóvízes rendszerek megjelenése az 1970-es évek elején. A következő nagy előrelépést a víz visszaforgatásán alapuló, úgynevezett recirkulációs rendszerek jelentették. A szennyvíz kezelésben és akvarisztikában már ismert módszereket kezdték alkalmazni az intenzív halnevelő rendszerekben. Ezen technológia adoptálásával és fejlesztésével, valamint a temperált víz hőmérséklet technológiájának kidolgozásával készültek el az első recirkulációs rendszerek, melyek napjainkban is a legnagyobb volument jelentik az intenzív akvakultúrás termelésben. A következő mérföldkövet a takarmányozás technológiájának fejlődése jelentette. A felfedezéssel, hogy a különböző fajok és korosztályok különböző tápanyagösszetételű takarmányt igényelnek megnyílt az út a ma is alkalmazott teljes értékű haltakarmányok előállításához (Urbányi, 2015).

Az intenzív akvakultúrás rendszerek fő jellemzői a kis helyigény, a faj-és korszpecifikus precíziós takarmányozás, a magas telepítési és tartási sűrűség. A termelés minden lépése kontrollálható. Az intenzív rendszerekben a köbméterenként megtermelt hal mennyisége 20-

100 kilogramm (Urbányi, 2015), míg a szuperintenzív rendszerek esetében az egy köbméterben termelt hal biomassa elérheti a 320 kg-ot is (Pascal, 2009).

Az intenzív rendszerek megítéléséhez szükséges ismerni azok előnyeit és hátrányait is. A halastavakkal szemben a legfontosabb előnyei a kis helyigény, a vízparaméterek folyamatos kontrollálhatósága, valamint az alacsony lehalászási költség. A recirkulációs rendszerek további előnye az átfolyóvízes rendszerekkel szemben az egységnyi halra vetített alacsony vízfelhasználás. Hátránya a magas beruházási és üzemeltetési költség mellett, hogy speciális szakértelmet és magas fokú odafigyelést igényel. Mindezen hátrányok ellenére is elmondható, hogy az intenzív rendszerek fejlesztése mind a hazai, mind a globális akvakultúra egyik legfontosabb fejlesztési területe (Urbányi, 2015).

2.2.2. Az recirkulációs rendszerekben történő haltermelés infrastruktúrája

Szivattyúk

A recirkulációs rendszerek üzemeltetése rendkívül energiaigényes, ezért egyben költséges feladat is. A recirkulációs rendszerekben az 1 kg hal élősúly előállításához felhasznált energia az 1,5-1,8-szorosa az átfolyóvízes rendszerekhez képest (d'Orbcastel et al., 2009). Ebből következik, hogy a víz keringtetése a recirkulációs rendszerekben akár a teljes költség 1/3-ad részét is kiteheti (Singh & Marsh, 1996), ezért az intenzív rendszerek fő fejlesztési területe az energiafelhasználás minimalizálása (Goldman, 2000). A recirkulációs rendszerekben a víz áramoltatására az örvényszivattyúk mindhárom alaptípusa használatos (szárnylapátos szivattyúk, átmeneti lapátformájú és félaxiális szivattyúk), de alkalmaznak mamutszivattyúkat (léglifteket) is. A legelterjedtebb szivattyútípusok azonban a centrifugális szivattyúk. Ezekben a szivattyúban egy forgó lapátsor továbbítja a vizet a nyomóág felé. Számos előnyük közül a legfontosabbak, hogy képesek bizonyos mennyiségű szilárd anyag szállítására, valamint a visszafojtást is jól tolerálják. Nagy emelőmagasság/vízhozam arány változásokat képesek elviselni, azonban ez jelentősen befolyásolja hatékonyságukat (Péteri & Janurik, 2015).

Mechanikai szűrés

A recirkulációs rendszerekben lévő lebegő anyagok legnagyobb részét a halak emésztése után keletkező darabos ürülék teszi ki (Hopkins & Mancini, 1989). Ezek a lebegő anyagok amellet, hogy irritálják a halak kopolyút (Losordo et al., 1998), a magas széntartalmuk miatt már kis mennyiségben is elősegítik a heterotróf baktériumok szaporodását, amelyek gátolják a rendszerben lévő biológiai szűrés nitrifikációs aktivitását. A darabos ürülék mellett nagy

menyiségben vannak jelen a leszakadó biofilm darabok, melyekre nitrifikáló és heterotróf baktériumok telepednek. A szemcséken történő mineralizáció oxigén fogyasztása, és a mineralizáció egyik köztes terméke az ammónia feleslegesen terheli a biológiai szűrést. Ezen elemek kiszűrése elengedhetetlen a rendszer optimális működése érdekében. A szuszpendált lebegőanyag kiszűrése szemcsemérettől függően történhet különböző ülepítőkkel (pl.: lamellás ülepítő, csöves ülepítő), flotációval majd hableválasztással de akár membránszűréssel is (Péteri et al., 2015).

Napjainkban a leggyakrabban használt mechanikai szűrők a dobszűrők és a gyöngyszűrők (Intendonato, 2012). A dobszűrők esetében a víz a dob felületén átfolyik (belülről kívülré) de a vízben jelen lévő szuszpendált anyag a dob köpenyét képző szűrőhálón marad. A hálón fentragadó szilárd részeket egy magas nyomású szivattyú a zagyelvezetőbe mossa, ahonnan gravitációsan távozik. A gyöngyszűrők és az egyéb granuláris töltőanyaggal működő szűrők is nagy hatékonysággal távolítják el a vízben lebegő szemcséket. Számos töltőanyag típust (pl.: homok, műanyaggyöngy, kavics) és átfolyási megoldást alkalmaznak ezekben a szűrőtípusokban. A termelő gazdaságokban azonban leggyakoribbak az alsó befolyással rendelkező gyöngyszűrők, melyek levegővel vagy propellerrel tisztíthatók (Péteri et al., 2015).

Biológiai szűrés

Az intenzív rendszerekben a takarmányozás teljes értékű haltakarmányokkal történik, melyek fehérjetartalma igen magas (40-52%). A halak által elfogyasztott takarmány egy része formált, vagy oldott anyagként, egy része pedig gáz formájában jut vissza a vízbe (Ebeling, 2006; Eding et al., 2006). Egy átlagos, teljes értékű haltakarmány tömegének átlagosan 6,25%-a nitrogén (Chapman & Miles, 2009), ennek 1/3 része épül be a halak szervezetébe, a maradék 2/3-ad rész főleg ammónia formában kerül a vízbe. A biológiai szűrés, során a vízbe került ammóniát kemo-autotróf baktériumok oxidálják, ezzel nyerve energiát. Ezt a folyamatot nevezzük nitrifikációnak. A nitrifikáció első lépéseként a halakra mérgező ammóniából nitrit, majd nagy mennyiségben sem mérgező nitrát keletkezik. A biológiai szűrők rendszerint olyan könnyen nedvesedő és nagy felületű anyagból készülnek, melyek a baktériumoknak optimális élőhelyet biztosítanak. Működésüket tekintve a szűrőket két csoportra oszthatjuk: A cső jellegű és a kevertágyas szűrőkre. A cső jellegűekben a víz a cső üregében halad át és nem keveredik a korábban beérkezett víztömeggel, ugyanazon vízrész a csőszakasz mindig új szakaszával találkozik. Ahogy a víz előre halad ammóniát és oxigént ad le majd nitrátot és széndioxidot vesz fel. A kevertágyas reaktorok esetében a víz egy medencébe jut, ahol a levegő áramlása a bioszűrő töltetet folyamatosan keveri. A tartályba folyamatosan kerül be új víz, és folyamatosan

ugyanannyi távozik is. A bekerült víztest és a bioszűrő elemei folyamatosan keverednek, így az ammóniumszint nem egyenletesen csökken, mint a cső jellegű szűrőkben (Csorbai & Péteri, 2020).

Csíraszám csökkentés

Az UV fénnel történő besugárzást és az erősen oxidáló hatású ózonnal való vízkezelést a kórokozó vírusok, egysejtűek, baktériumok és gombák elpusztítására használják az akvakultúrák rendszerekben. Fontos szerepet játszanak a heterotróf baktériumok mennyiségének visszaszorításában és alacsony szinten tartásában, ezáltal javítják a vízminőséget (Timmons & Ebeling, 2007). A látható fénynél kisebb hullámhosszú sugárzások súlyosan roncsolják a baktériumokat, vírusokat és az egyéb kisebb méretű élő szervezeteket. Az ózon felhasználása 0,6-1,0 mg/l koncentrációban kellő hatékonysággal roncsolja a sejthártyát, így pusztítva el a különböző kórokozókat (Csorbai & Péteri, 2020).

Oxigén ellátás

A halak az életműködésük fenntartásához szükséges oxigént a vízből nyerik. Az oxigénfogyasztásuk mértéke nagyban függ a fajtól, a hal méretétől, az elfogyasztott takarmány mennyiségétől és minőségétől, valamint a víz hőmérséklettől is. A tartható hal mennyiségét nagyban befolyásolja a vízben oldott oxigén tartalom. A kisebb kapacitású, sorba kapcsolt futómedencékhez gyakran csörgedező levegőztetést használnak, mely során az egyik medencéből a másikba egy terelőlapra kerül a víz. Ez a felület megnövelésével segíti az oxigén beoldódását. Az intenzívebben terhelte rendszerekben gyakran légfúvókat (Péteri & Janurik, 2015) vagy csepegtető tornyokat alkalmaznak. A csepegtető tornyokban a víztest a levegővel ellentétes irányba áramlik és azzal nagy felületen érintkezik, ezért nagy mértékű oxigén beoldás érhető el vele (Khoury, 2004). Lehetséges megoldást kínál a cseppfolyós oxigén és az oxigéngenerátor használata is. Az oxigén vízbe történő beoldásának is több lehetséges módját ismerjük, ilyenek az U-csövek, az oxigénkúpok és a különböző porlasztó eszközök (Péteri & Janurik, 2015). Az egyik legmodernebb technológia az úgynevezett „nanobubble” technológia, ami amellett, hogy nagyon hatékony, akár 85%-os oxigénbeoldást biztosít, ökonómiailag is jó alternatíva lehet a jövőben (internet2, 2021; Saputra et al., 2018).

2.3. A keltetőházi szaporítás

Mivel hazánkban a ponty (*Cyprinus carpio*) a legnagyobb mennyiségben előállított halfaj (Kiss, 2023), ezért az általános keltetőházi szaporítás menetét a ponty példáján szeretném bemutatni.

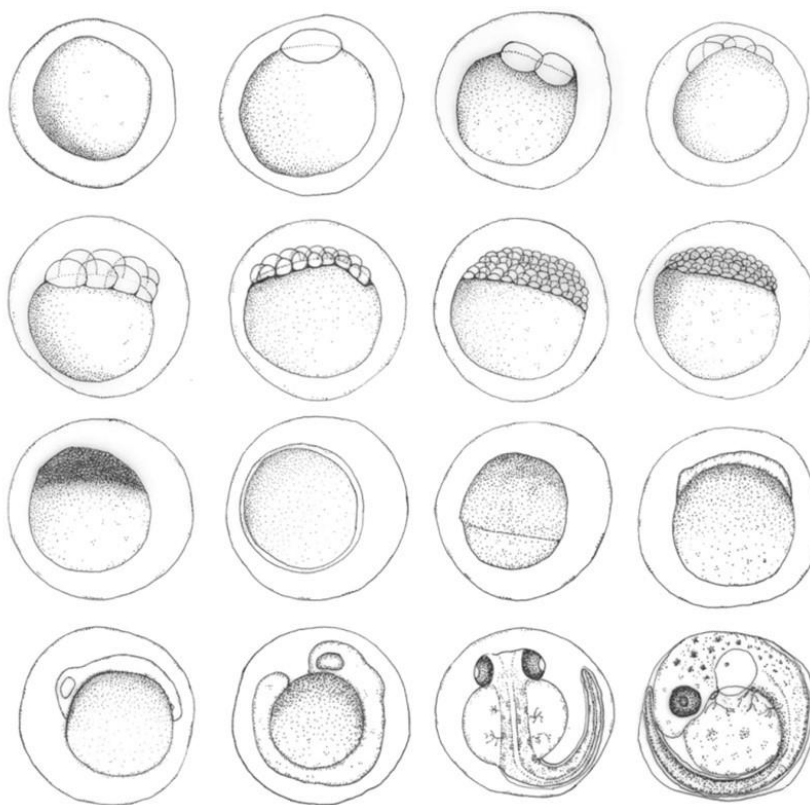
A keltetőházi szaporítás kidolgozásának technológiája hatalmas áttörés volt a haltermelés területén. Teljes mértékben kontrollálhatóvá váltak a szaporítás, az ikra inkubáció és a korai lárwanevelés körülményei, így a korábbi technológiáktól hatékonyabb módszerek alakultak ki. A technológiai áttörést az 1961-63 közti felfedezés jelentette, mellyel Woynárovich Elek megszüntette a pontyokra ragadósságát. Napjainkban a világ számos pontján alkalmazzák ezt a módszert. Az eredményes szaporítás az anyaállomány felkészítésével kezdődik. Ha az anyák megfelelően felkészültek akkor tavasszal a tóvíz fokozatos melegedésével, mikor az eléri a 15-18 °C-ot a vadívás veszélye fokozódik. A vadívás elkerülése érdekében a 10-12 °C-os vízhőmérséklet elérésekor érdemes az anyaállományt ivar szerint szétválogatni. Mikor a vízhőmérséklet eléri a 18 °C-ot akkor kell elkezdeni a szaporítást. A szaporítás megkezdésekor az anyaállományt bódítani szükséges. Erre többféle altatót is használhatunk, hazánkban legelterjedtebb a szegfűszegolaj, az MS222 (trikain-metán-szulfonát) és a 2-fenoxiethanol. A bódítás akkor tekinthető elégségesnek mikor a hal kopolyúmozgása lelassul, elveszíti egyensúlyát és a farok érintésére nem reagál. Ezután következhet a halak testtömegének mérése, majd a kívánt hormon adag kiszámítása. Az indukált szaporítás során alkalmazhatunk szárított pontyhipofízist (ikrás esetben 3,5-4,5 mg/testtömegkilogramm, tejes esetben 2 mg/testtömegkilogramm) (Horváth & Tamás, 2011) vagy különböző GnRH-hormonkészítményeket (10-20 µg/ testtömegkilogramm) és azok analógjait. A GnRH-hormon mellé a ponty esetében dopamin antagonistákat is be kell juttatnunk a szervezetbe. A mai korszerű készítményekben a GnRH és a dopamin antagonista együtt található meg a megfelelő arányban. A hormonális indukció mind a két hormon/hormonkészítmény esetében ugyan úgy zajlik (Bokor et al., 2020). A kívánt mennyiséget halfiziológiás sóoldatban feloldjuk (0,9% NaCl oldat). Az első oltás során a teljes mennyiség 10%-át (előadag), majd 10-12 óra múlva a dózis 90%-át (döntőadag) injektáljuk a hal hasüregébe (Horváth & Urbányi, 2000). A ponty hormonális indukciójához gyakran alkalmazott készítmény az Ovopel, mely golyóra formáltan kapható, így a dozírozása is egyszerű. Az előadag ponty esetében 0,1 golyó/testtömegkilogramm, míg a döntő adag 0,9 golyó/testtömegkilogramm. A szükséges mennyiség kiszámítása során 10% oldási veszteséggel kell számolni (Mikolajczyk et al, 2003). Az érett ikra leválására, így a fejésre a döntő adag beadását követő 11-12. órában számíthatunk.

A fejés megkezdése előtt a halakat ismét elbódítjuk. Az elaltatott anyákat a fejőasztalra helyezzük, az ivarnyílást és a környékét szárazra töröljük. A hasfal enyhe nyomásával az ikrát száraz tálba fejjük. Az ikrához legalább két ikrástól származó tejet adunk, 1 liter ikrához kb. 10 ml-t. Az ivartermékeket óvatosan összekeverjük, majd hozzáadjuk a Woynárovich-oldatot (10 l vízhez 40 g só és 30 g karbamid). A termékenyítőoldat hozzáadását követően az ikratételt kevergetni kell, mert a víz által aktivált spermiumok ilyenkor képesek megtermékenyíteni az ikraszemeket. A termékenyítés után az ikraszemek vizet vesznek fel, ezt a folyamatot duzzasztásnak nevezzük. A duzzasztási fázis 1-1,5 órát vesz igénybe, ezalatt az ikratételt folyamatosan keverni kell, hogy az ne ragadjon össze. Ezalatt a termékenyítő oldatot többször kell cserélni az ikratörmelék, felesleges sperma, ovariális folyadék stb. kimosása érdekében. A folyamat végére az ikraszemek 6-9-szeresükre duzzadnak, az ikrahéj rugalmassá, ellenállóvá válik. A sikeres szaporítás és duzzasztás után következik az ikrainkubáció. Az inkubáció során 1-1,5 liter ikrát helyezünk 7-9 literes Zuger-üvegekbe. Az osztódás a termékenyítés után kb. 1 óra múlva már megindul. A kelés 22-24 °C-on a 3. napon következik be. Az inkubáció kezdetén az ikraszemek érzékenyebbek a mechanikai sérülésekre, oxigén igényük kicsi. Az embriófejlődés előrehaladtával az anyagcserefolyamatok fokozódnak, a bomlástermékek és az oxigénigény is növekszik. Ilyenkor nagyobb vízátfolyást kell biztosítani a Zuger-üvegben. Amikor az első kikelt lárvákat meglátjuk, az ikratételt keltetőtálcára kell helyezni. Itt a fokozódó oxigénhiány miatt a lárva hamar kikel. Ezután az úszni még nem képes, zsenge lárvát nagy méretű (kb. 200 literes) úgynevezett lárvatartó edénybe/ballonba helyezzük (Horváth & Urbányi, 2000).

2.3.1. A megtermékenyülés és az embriogenezis

Az új egyed létrejöttéről tulajdonképpen a megtermékenyülés pillanata után beszélhetünk. A halak, a többi gerinces élőlényvel szemben nem táplálják utódaikat, hanem „útravalóul” nagy mennyiségű szikanyagot halmoznak fel a petesejtben, amit a fejlődő, majd a kikelt lárva is hasznosítani tud (Szabó et al., 2000). A hím és a nőstény ivartermék aktivációjához is vízre van szükség. A megtermékenyülés során az érett, aktiválódott ikraszemek felszínét eléri a spermium, ahol a csírapapun (micropyle) keresztül áthalad a zona radiatan és eléri az ikraszem sejthártyáját. A csontoshalak esetében a megtermékenyítésben mindig csak egy hímivarsejt vesz részt. A megtermékenyülés első folyamata az, amikor a hímivarsejt behatol a petesejt citoplazmájába, majd ezt követi a hím és női előmagvak egyesülése, amit kariogámiának nevezünk. A megjelenő első barázda egyben az embriogenezis kezdetét jelenti (Wallace, 1978). Az embrionális fejlődés első szakasza az úgynevezett

barázdálódás, mely során a zigóta mitotikusan osztódni kezd és utódsejtek, úgynevezett blasztomérák jönnek létre. A blasztomérák száma az osztódás során duplázódik, így a 10. osztódás után már 1024 sejtből áll a zigóta. Ezt az állapotot hívjuk szedercsíra, vagy morula állapotnak. Ezt követően a blasztomérák különböző sejtrétegeket képeznek az animális pólus felszínén. Ezt az állapotot nevezzük hólyagsíra állapotnak (blastula). Ezután történik meg a csíralemezek kialakulása (gastrulatio), mely folyamat során elkülönül a három különböző csíralemez: a külső csíralemez (ektoderma), a középső csíralemez (mezoderma) és a belső csíralemez (endoderma). Ezekből a csíralemezekből fejlődnek ki a különböző feladatokat ellátó sejtek, ezt szöveti differenciálódásnak (histogenesis) nevezzük. Ezt követően alakulnak ki a csíralemezekből a különböző szervek (organogenezis) (3. ábra) (Sutin & Tina, 2020; Kollár, 2018). Az embriogenezis időtartama fajoként eltérő, de nagyban befolyásolja az inkubációs időtartam alatt fennálló hőmérséklet (Bokor et al., 2020).



3. ábra Az embrionális fejlődés menete ponty (*Cyprinus carpio*) modellfaj esetében (Park et al., 2017)

2.3.2. A hőmérséklet hatása az inkubáció során

A klímaváltozás hatásait ugyan nehéz előre jelezni a halak esetében, azonban az bizonyos, hogy a vizeink hőmérsékletének emelkedése hatással van a halak fiziológiai mechanizmusaira. A felmelegedés befolyásolja a halak növekedését, táplálékfelvételét, anyagcsere folyamatait

valamint a szaporodás sikerességét is (Roessing, et al., 2014). A víz hőmérséklet a legfontosabb környezeti paraméter, ami befolyásolja az ikra fejlődését, az embrionális fejlődés időtartamát, a kelés sikerességét, a frissen kelt lárva növekedését és életben maradását. Számos kísérletet végeztek, melyben az inkubációs hőmérsékletének hatását vizsgálták a keltetési időszak során (Le et al., 2011; Hakim & Gamal, 2009; Kucharczyk et al., 1997). Egy Thaiföldön végzett kísérlet során sziámi iszappony (*Henicorhynchus siamensis* Sauvage, 1881) ikrainkubációját vizsgálták több különböző víz hőmérsékleten (26, 28, 30, 32 és 34 °C). A 26 °C-on és a 34 °C-on nem volt kikelő lárva. A 28 és 30 °C-os kelési arány nagyon hasonlóan alakult ($73,76 \pm 2,37\%$; $73,90 \pm 1,44\%$), azonban a 32 °C-on inkubált csoport szignifikánsan alacsonyabb kelést eredményezett ($61,42 \pm 11,19\%$). Jól megfigyelhető a kísérletben, hogy még a hasonló kelési arányú csoportok esetében is nagy különbség volt a kelési idő tekintetében (Avakul & Jutagate, 2015). Hasonló kutatást végeztek ponty esetében is. A kísérlet során 6 különböző inkubációs hőmérsékletet (20, 24, 27, 30, 35 és 38 °C) alkalmaztak és az egészségesen fejlődő embriók arányát 70 órán keresztül vizsgálták. A kísérlet végeztével a legtöbb egészségesen fejlődő embrió (77%) a 27 °C-on inkubált mintában volt megfigyelhető. Ezt követte a 30 °C-os (59%) inkubációs hőmérséklet. Míg a 24 és 35 °C-on inkubált csoportok esetében az egészséges ikraszemek aránya alacsonyabb volt (50 és 15%), addig a 20 és 38 °C-os keltetési hőmérséklet esetében nem volt egészségesen fejlődő lárva. A keltetési hőmérséklet hatással volt a kikelő lárvák méretére, és a szikanyag mennyiségére is (Hakim & Gamal, 2009). Lengyel kutatók a keltetési hőmérséklet hatásait vizsgálták jászkeszeg (*Leuciscus idus* L.) nyúldomolykó (*Leuciscus leuciscus* L.) és domolykó esetében is. A kísérlet során Lengyelország különböző régióiból befogott halakat szaporítottak, majd a víz hőmérsékleteket 1,5 óra alatt állították be a kísérleti hőmérsékletre. A kísérlet kimutatta, hogy a különböző vízrendszerekből származó, de azonos fajú csoportok közt is volt megfigyelhető különbség adott víz hőmérsékleten. Fajok közt azonban a nagyobb mértékű eltérés volt a kelési idő tekintetében. Míg nyúldomolykó esetében a legmagasabb (19,0 °C) hőmérsékleten kezelt embriók 7,2 nap alatt keltek ki a legalacsonyabb (7,5 °C) hőmérsékleten inkubált csoportnál ehhez 40-43 napra volt szükség. Jászkeszeg esetében a legmagasabb kísérleti hőmérsékleten 23 °C volt. Ezekben a csoportokban a kelés 3-3,2 napon belül volt megfigyelhető, míg leghidegebb inkubációs hőmérsékleten ez 21,3-22,8 nap volt. A domolykó keltetéséhez használt legmagasabb hőmérséklet 27,5 °C, míg a legalacsonyabb 12,3 °C volt. A kelés 27,5 °C-on 1,5-2,1 nap alatt megkezdődött. A legalacsonyabb kezelési hőmérsékleten a kelés a 9-10. napon ment végbe. Minden faj esetében megfigyelhető volt a teljes keléshez szükséges idő és a víz hőmérséklet pozitív relációja. A domolykó esetében a legmelegebb kezelési hőmérséklet esetében az első megjelenő lárvától

számított 0,6 nap alatt ment végbe a teljes kelés, míg 12,3 °C-on 2,9-3 nap kellett ehhez a folyamathoz (Kupren et al., 2008). Kísérletek kimutatták, hogy a domolykóikra az inkubáció során érzékenyebb a szélsőséges körülményekre, azonban az optimális körülmények közt növekvő hőmérsékletváltozást és a hőmérséklet ingadozását is (tehát a nem konstans hőmérsékleten történő keltetést) jól tolerálja. Ugyan a kelés idő mind a folyamatosan emelkedő, mind az ingadozó hőmérsékleten keltetett csoportok esetében rövidebb volt, a torz lárva arányban és a kelési százalékban nem mutattak ki különbséget (Kupren et al., 2011). Az irodalmi adatok is jól mutatják, hogy a halak embriófejlődésében, illetve annak ütemében, a hőmérsékletnek kiemelkedően fontos szerepe van, ezért egy halfaj tenyésztés-technológiájának kidolgozásánál kulcsfontosságú ennek a paraméternek a feltérképezése.

2.4. A domolykó keltetőházi szaporítása és ivadéknevelése

A rheofil pontyfélék, így a domolykó indukált szaporítása is több évtizedes hagyományra tekint vissza (Vanderplank 1938). A domolykó szaporításának alapja lehet az ívóhelyek környékén begyűjtött, ívasra felkészült halakból származó ivartermék. A módszer során az ívasban lévő halakat elektromos halászgép segítségével fogják be. A halakból lefejik az ivarterméket és helyben megtörténik a szaporítás. Az ikra inkubációhoz a termékenyített ikrát keltetőházba szállítják (Szabó & Csorbai, 2020). A keltetőházi szaporítás során sokáig a pontyhipofízissel (CPG) való hormonális indukcióval történt, mivel ez volt az egyetlen rendelkezésre álló készítmény. Később humán korion gonotropin hormont (hCG) használtak önmagában, vagy pontyhipofízissel kombinálva. Kutatásokból kiderült, hogy a hCG nem alkalmas a rheofil halfajok, köztük a domolykó szaporítására sem. A legfrissebb kutatások megerősítették, hogy az sGnRH (lazac eredetű GnRH) használata dopamin antagonistával kombinálva az optimális környezeti paraméterek biztosításával is garantálja a sikeres szaporítást (Jamróz et al., 2008). A késői 90-es években vált elterjedté a különböző GnRH analóg hormonkészítmények használata. Napjainkban az Ovopel nevű készítményt használjuk, ami mGnRH-t (emlős eredetű GhRH) tartalmaz dopamin receptor antagonistával párosítva. Kutatások kimutatták, hogy az Ovopel az egyik leghatékonyabb készítmény a domolykó szaporítása során. Tejes egyedek beérési százaléka közt nem találtak kimutatható különbséget a pontyhipofízissel és az Ovopellel kezelt csoportok közt, azonban az ikrás egyedek esetében a beérési arány magasabb volt (Krejszeff et al., 2008). A keltetőházi szaporítás során az Ovopel esetén alkalmazott dózis megegyezik a ponty esetében korábban bemutatott mennyiséggel. Azonban az oltások és a fejés ütemezése másképpen alakul. Míg ponty esetében az előadagot

12 órával követi a döntőadag majd 12 órával későbbre időzíthetjük a fejest, addig domolykó esetében az előadagot 24 órával később követi a döntőadag és a fejest a döntőadag utáni 24. órára várhatjuk (Krejszeff et al., 2011; Bartucz et al., 2020).

Ugyan elmondható, hogy a domolykó indukált szaporítása kidolgozott amennyiben a természetből befogott egyedek megfelelően felkészültek az ívási időszakra, de a halak mesterséges felkészítésére még nincs bevált technológia. A fogságban tartott tejes egyedektől ugyan lehetséges ivarterméket fejni, de az ikrásoktól nem, vagy csak kevés és rossz minőségű ikra nyerhető (Krejszeff et al., 2008; Krejszeff et al., 2010), erre a problémára a faj helyben történő szaporítása is meggondolandó alternatívát kínálhat (Szabó & Csorbai, 2020).

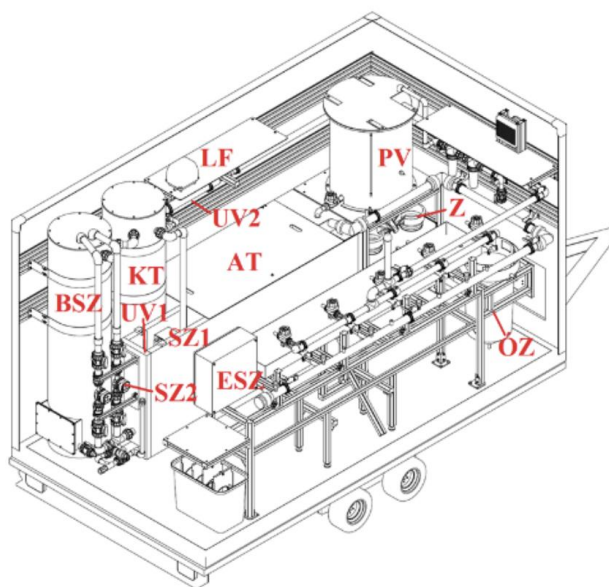
2.5. A mobil halkeltető bemutatása

Magyarországon a természetes vizekkel való gazdálkodás az elmúlt 15 évben jelentős fordulatot vett. Míg korábban általánosan elterjedt volt a kereskedelmi célú természetesvízi halászat a 2013. szeptember 1-én hatályba lépő CII. halászati törvény a vizek elsőszámú hasznosítási módját a horgászathoz és a horgászturizmus fejlesztéséhez köti (Ferincz & Staszny, 2020). Folyóink azonban a szabályozásoknak és a túlhasznosításnak köszönhetően egyre kevésbé képesek biztosítani a halak számára a fajfenntartáshoz szüksége körülményeket (Csorbai & Urbányi, 2020). A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (korábban Szent István Egyetem) AKI Halgazdálkodási Tanszékén különböző hazai halfajok szaporítása több évtizedes múltra tekint vissza (Szabó et al., 1999; Horváth et al., 1997). Ezen tudás alapján került megtervezésre egy mobil halkeltető rendszer, amely a jövőben megoldást jelenthet egy tudatos telepítési stratégia kidolgozására (Csorbai & Urbányi, 2020). Amellett, hogy segítséget nyújthat a genetikai sodródás csökkentésében, az eredmények azt mutatják, hogy a szaporítási időszak során a termelés rentábilisan fenntartható (Hekli, 2022).

2.5.1. A mobil halkeltető elemei

A mobil halkeltető rendszer alapja egy 1,2 m³ térfogatú medence, mely alkalmas az anyaállomány ideiglenes tartására és rövid távú ivadéknevelésre. A rendszerben található vizet (továbbiakban rendszervíz) mechanikai szűrését a medence után szivacsszűrő biztosítja. A medencéből a víz 3 rétegen, egyenként 50 mm széles szűrőszivacson folyik keresztül, melyek lyukátmérője változó. A szűrőn átfolyó víz megérkezik az UV szűrőbe, ahol 4 db 25 W-os UV cső biztosítja a nem kívánt baktériumok, vírusok és gombák elpusztítását. Az UV szűrés után található a szivattyú (Grundfos Alpha 1), mely továbbítja a rendszervizet egy 0,288 m³ űrtartalmú tartályba, melyben 0,144 m³ biomédia töltet található. A töltet hasznos felülete 600

m²/m³. A biológiai szűrő reaktorból a víz gravitációsan folyik a cserélhető halkeltető vagy nevelő egységekbe. A keltetéshez egy időben beszerelhető 5 db 7 literes Zuger-üveg, ami a nevelési fázisban könnyedén kicserélhető 5 db, egyenként 100 literes lárwanevelő edényre (4. ábra) (Csorbai & Urbányi, 2020). A rendszer hőmérsékleti stabilitását két darab 250 W teljesítményű, termosztátos konnektorral (Sygonix TX3; hiszterézis: 0,5 °C) szabályozott akváriumfűtő (Eheim Jäger 250) biztosítja.



4. ábra A mobil halkeltető (Forrás: MATE AKI Halgazdálkodási Tanszék)

- **PV**- Temperálható pótvíz ellátó rendszer
- **AT**- Anyahal tartó medence
- **SZ1**- Mechanikai szűrő
- **SZ2**- Szivattyú, vízforgató rendszer
- **UV1, UV2**- UV fénnel működő csírátlanító rendszer
- **BSZ**- Biológiai szűrő
- **KT**- Kiegyenlítő tartály
- **LF**- Légfúvó
- **Z**- 7l-es Zuger-üvegek
- **ÓZ**- 100 l-es lárva nevelő edények
- **ESZ**- Központi elektromos szekrény (Hekli, 2022)

2.5.2. A mobil halkeltetőben elért eredmények bemutatása

A korai kísérletek elsősorban a rendszer terhelhetőségére irányultak. A gyakorlati felhasználhatóság megállapítása miatt fontos volt meghatározni, hogy a mobil halkeltető mennyi ikra inkubációjára és lárva felnevelésére alkalmas. Az első kísérlet során a rendszerben 350 g 54%-os fehérje tartalmú ivadéknevelő tápot alkalmaztak, ezzel modellezve az ivadéknevelés nitrogénterhelését. A haltakarmány nitrogén tartalma 30 g volt naponta. A mérések során vizsgálták az összes ammónium nitrogént (total ammonium nitrogen, továbbiakban TAN), melynek szintje $0,3 \pm 0,2$ mg/l míg a nitrit esetében $0,1 \pm 0,05$ mg/l-t mértek (Csorbai & Urbányi, 2020), ami valamennyi halfaj nevelésére alkalmas (Tilak et al, 2002).

A rendszert szélsőséges körülmények közt is letesztelték. A kísérlet során 1100 g 42%-os nevelő táppal terhelték a rendszert, amely napi 75 g nitrogént jelentett. Ilyen körülmények közt a TAN esetében 3 ± 1 mg/l, míg nitrit esetében $1 \pm 0,5$ mg/l mennyiséget mértek, ami a legtöbb hal tenyésztésére nem megfelelő (Csorbai & Urbányi, 2020).

A TAN degradációjának folyamatát ismerve kiszámolták, hogy a rendszer maximum kapacitása 1000 g száraz ikra lehet, mely bomlásából 20-40 g/kg nitrogén keletkezik. Ezt a gyakorlatban is kipróbálták. A rendszerbe 1000 g közepesen termékenyült (60%) domolykóikrát helyeztek és 10 napig tartották ott. A TAN a kísérlet alatt végig 0,1 mg/l-es koncentráció alatt maradt. Egy másik 24 órás kísérlet során 1500 g rosszul termékenyült (30%) afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) ikrával terhelték a rendszert. A kísérlet során a TAN koncentrációja 0,1 mg/l alatt maradt (Csorbai & Urbányi, 2020). A kísérletek, korábbi kutatások és szaporodásbiológiai paraméterek (ikraszem/kg, termékenyülési arány, kelési arány) alapján következtetést is vontak le a kutatók, hogy a rendszer alkalmas lehet akár 500.000 táplálkozó domolykó lárva korai nevelésére is (Csorbai & Urbányi, 2020).

A rendszer kapacitásának tesztelése után több faj sikeres szaporítása és ivadéknevelése is megtörtént a mobil halkeltető rendszerben. Az anyahalak beérlelése sikeres volt ponty, afrikai harcsa, jászkeszeg, compó (*Tinca tinca*) és aranykárász (*Carassius carassius*) esetében, azonban a domolykó ikrások beérési aránya a legjobb esetben is maximum ~20% volt. Az alacsony beérési százalék ellenére a termékenyülés a domolykó esetében volt a legkedvezőbb, elérte a 95%-ot. Jászkeszeg esetében a termékenyülés 60-65%, afrikai harcsa esetében csupán 10% volt ez az érték. Ezek az adatok azonban hasonlóak a korábbi szakirodalomban fellelhető eredményekkel (Csorbai et al., 2020).

3. Anyagok és módszerek

Az elvégzett vizsgálatokat a MATE-SZIC/1745-1/2022 iktatószámú „Indukált halszaporítási és lárvanevelési vizsgálatok a MATE-AKI Szent István Campuson található halnevelő egységben című állatkísérleti igazolás jóváhagyásával hajtottuk végre (Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Munkahelyi Állatjóléti Bizottság).

3.1. Szaporítás

Az anyaállomány begyűjtése az Ipoly folyó ipolytölgyesi szakaszán történt, elektromos halászgép (Samus 725M) segítségével (5. ábra). Az elektromos halászgép használatához a rendelkezésünkre állt a kutatási engedély (Száma: HaGF/154/2021). A víz hőmérséklet 14 °C volt. A befogott 12 db ikrás és 31 db teljes halat a MATE AKI Halgazdálkodási Tanszékére szállítottuk és mobil halkeltetőbe helyeztük.



5. ábra Anyahalak begyűjtése az Ipoly folyón (Fotó: Dr. Hegyi Árpád)

Az indukált szaporításhoz Ovopel AUV®-t használtunk. Az oltás előtt a halakat 2-fenoxiethanol vizes oldatában bódítottuk (2,5 ml 2-fenoxiethanol/ 1 l rendszervíz) (Popoola, 2016), majd egy mérőszalag segítségével megmértük a testhosszukat és mérleg (Mettler Toledo) segítségével a testtömegüket. Az előadagban 0,1 db/ttk Ovopelt használtunk, amit

halfiziológiás sóoldatban (0,9%-os NaCl oldat) oldottunk fel, majd 2 ml-es fecskendővel injektáltuk a halak hasüregébe (6. ábra). A tejes egyedeket egy 2 m² víztérfogatú medencébe, míg az ikrás egyedeket a mobil halkeltető anyahaltartó medencéjébe helyeztük. A medence vízhőmérsékletét 14 °C-ról 17 °C-ra emeltük. Az előadagot 24 órával követte a döntő adag, melyben 1 db/ttk (+0,1db/ttk porítási és oldási veszteség) Ovopelt juttattunk be a korábbiakhoz hasonlóan.



6. ábra Ikrás domolykó oltása a mobil halkeltetőben (Fotó: Molnár József)

A fejés előtt a halakat ismét 2-fenoxiethanol vizes oldatában bódítottuk addig, ameddig a halak kopoltyúmozgása lelassult, elvesztették az egyensúlyukat és a farok érintésére nem reagáltak. Ezután a halak ivarnyílását és az anális úszó környékét törülőkendővel szárazra töröltük, megelőzve ezzel az ivartermékek idő előtti aktiválódását. Az ikrát a hasfal óvatos préselésével egy száraz tálba fejtük (7. ábra), a tejet pedig 5 ml-es fecskendőbe szívtuk le (8. ábra). A fejés során 3 ikrástól sikerült ivarterméket nyerni, melyet 3 tejestől fejt kevert tejjel termékenyítettünk meg.



7. ábra Ikrás domolykó fejése (Fotó: Petényi Róbert)



8. ábra Tejes domolykó fejése (Fotó: Molnár József)

Az ivartermékeket szárazon összekevertük (9. ábra). A termékenyítést rendszervízzel végeztük. A duzzasztáshoz Woynárovich-oldatot használtunk (40 g konyhasó, 30 g karbamid, 10 l rendszervíz). A duzzasztás 1,5 órán keresztül tartott, majd tanninos (5 g tannin, 10 l rendszervíz) oldattal kezeltük az ikrát a ragadósság végleges elvétele érdekében. A kezelés során 30, 20 majd 10 másodpercig a tanninos oldatba helyeztük az ikratételt. A kezelések közt bőséges rendszervízzel átmostuk az ikrát.



9. ábra Domolykó ikra termékenyítése (Fotó: Bartos István)

3.2. Kísérlet beállítása

A duzzasztott ikra tételeket, összekevertük, majd 4 egyenlő részre osztottuk, így 4x ~620 ml ikrát kaptunk. Az egyik tételt a MATE AKI Halgazdálkodási Tanszékének recirkulációs rendszerébe helyeztük egy 7 literes Zuger-üvegbe. A maradék 3 ikratételt a mobil halkeltető 3 különböző Zuger-üvegébe raktuk, ezeket sorszámmal láttuk el. Az 1-es a bejáráshoz legközelebb eső, a 2-es sorszámu a középső, míg a 3-as számú az ajtótól legmesszebb található Zuger-üveg volt.

A mobil halkeltető leírása megegyezik a korábban a „2.5. fejezetben bemutatottakkal. A kontroll halkeltető egységben a mechanikai szűrést szűrőszivacs biztosította. Megtalálható volt benne egy 40 W-os UV szűrő és egy 150 literes biológiai szűrő. A rendszerben fennálló hőmérséklet és oldott oxigén tartalom folyamatos megfigyelés alatt állt (szonda típusa: WTW FDO-IQ). A mért adatok egy központi számítógépbe futottak be. Ha az oldott oxigénszint eléri a kritikus alsó határt a rendszer telefonon értesíti a kezelőket. A mért hőmérsékleti adatokat a számítógép regisztrálja. Ha a rendszer eléri a beállított, kívánt hőmérséklet alsó vagy felső határát a számítógép megfelelő szabályzással reagál rá. Amennyiben a vízhőmérséklet elérte az alsó határt, a fűtést egy 500 W-os (Eheim Jäger 500) akváriumfűtő biztosította. Ha a vízhőmérséklet a mérés során magasabb volt, mint a kívánt felső határ, a hűtést egy 375 W-os Aqua Medic Titan Chiller 1500 hűtőberendezés végezte.

A beltéri recirkulációs rendszerben a pótvíz mennyisége állandó 18 l/óra volt, ami naponta kb. 20% vízcserét jelent. A mobil halkeltetőben naponta egy alkalommal hajtottunk

végre vízcserét, melynek mértéke szintén ~20% volt. A pótvíz mindkét esetben hálózati víz volt, melynek hőmérséklete 16 °C. A vízcseré nem csak a nem kívánt nitrogénformák kimosására, hanem a hőmérséklet csökkentésére is alkalmas volt, ezért ezt kora délutáni órákban végeztük. A keltetés során a kívánt hőmérséklet mind a két rendszerben 18 °C volt.

3.3. Hőmérsékletmérés

A hőmérsékletmérés mind a mobil halkeltetőben, mind a beltéri recirkulációs rendszerben 4 óránként történt 0:00-kor, 4:00-kor, 8:00-kor, 12:00-kor, 16:00-kor és 20:00-kor a teljes inkubációs időszak során. A mérések a 4 kísérletbe vont Zuger-üvegben, a víztest közepén, valamint a mobil halkeltető anyahaltartó medencéjében, a víztest közepén történt. A mérésekhez egy Hach HQ 2200 kézi mérőműszert használtunk. A mért adatokat Excel táblázatban feljegyeztük.

A külső léghőmérsékleti paraméterekkel való összehasonlításhoz az Országos Meteorológiai Szolgálat Gödöllőhöz legközelebb található aszódi (Állomásszám: 44214) mérőállomáson mért adatait használtuk fel.

3.4. Víztisztaság mérése

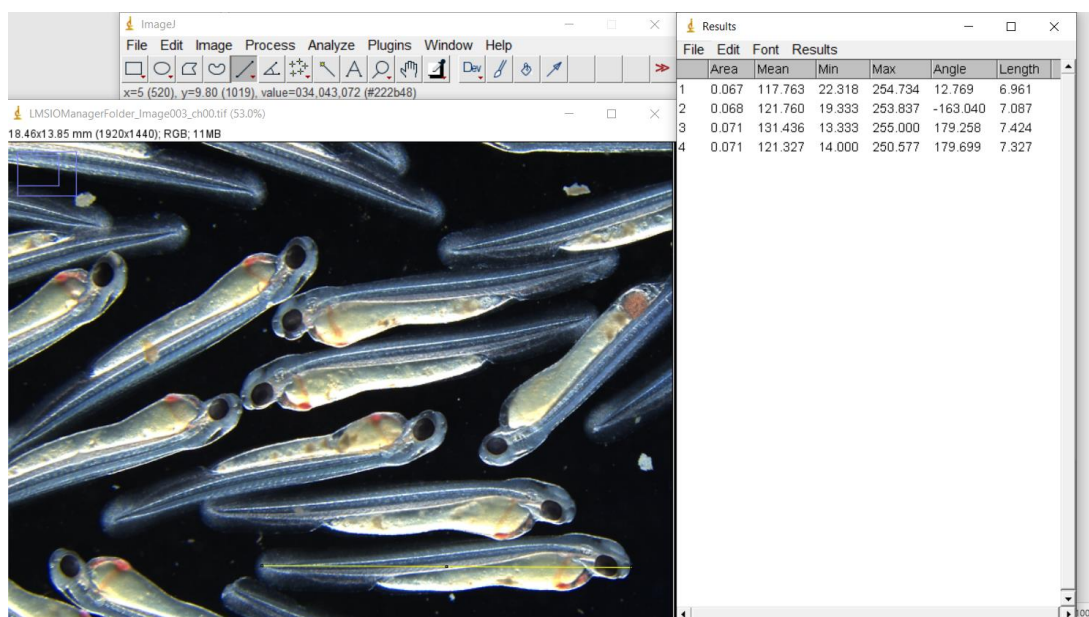
A vízminőség mérése során a fontosabb nitrogén formákat, azaz az ammónium, nitrit és nitrát koncentrációját mértük. A vízmintavétel és a mérés a mobilkonténer esetében minden nap a vízcseré előtt volt. A mérések a zárt recirkulációs rendszer esetében is ugyanebben az időpontban történtek, de mivel ott a vízcseré folyamatos, ennek nem volt jelentősége, a vizsgált nitrogénformák nem tudtak felhalmozódni a tartóvízben. A méréseket egy Machery-Nagel PF-12 Plus fotométerrel és az ehhez tartozó nitrit, nitrát és ammónium formák méréséhez szükséges színreakciót előidéző tesztekkel végeztük.

3.5. Kelési arány számítása

A kelési arány meghatározásához minden Zuger-üvegből random módon kivettünk 150-200 szem ikrát a kelés előtti órákban, majd egy Leica EZ4 E mikroszkóp alatt megszámoltuk a forgó állapotban lévő, éppen kelés előtt álló lárvákat és a valamilyen okból (nem termékenyült, nem megfelelő osztódás, *Saprolegnia* sp. által fertőzött stb.) nem életképes ikraszemeket. A teljes ikramennyiség és a rossz és jó szemek aránya adta a kelési %-ot.

3.6. Testhossz mérés

A kelés előtt minden Zuger-üvegből kivettünk 2x25 ikraszemet, melyeket Petri-csészében keltettünk ki. A halakat elrendeztük úgy, hogy ne legyen köztük átfedés, a halak feje és farka is jól látszódjon. A megfelelően beállított halakat Leica M205 FA mikroszkóppal és DFC7000 T kamerával lefényképeztük. A képeken szereplő, Zuger-üvegenként 50-50 lárvát ImageJ (Fejlesztő: Wayne Rasband, verziószám: 1.52) program segítségével megmértük (10. ábra). A képeken elhelyezett, ismert hosszúságú standard megmérése után a program kiszámította a halak teljes testhosszát miliméterben. Az gerinc- és faroktorz egyedeket a testhossz kiértékelése során figyelmen kívül hagytuk. A testhossz mérések eredményeit egyszempontos varianciaanalízissel hasonlítottuk egymáshoz, minden esetben 95%-os szignifikancia szint mellett vizsgáltuk az eltéréseket. A statisztikai elemzéshez Graphpad Prism 4.0 Statisztikai szoftvert használtunk.



10. ábra Frissen kelt domolykó lárvá mérése ImageJ program segítségével (Saját fotó)

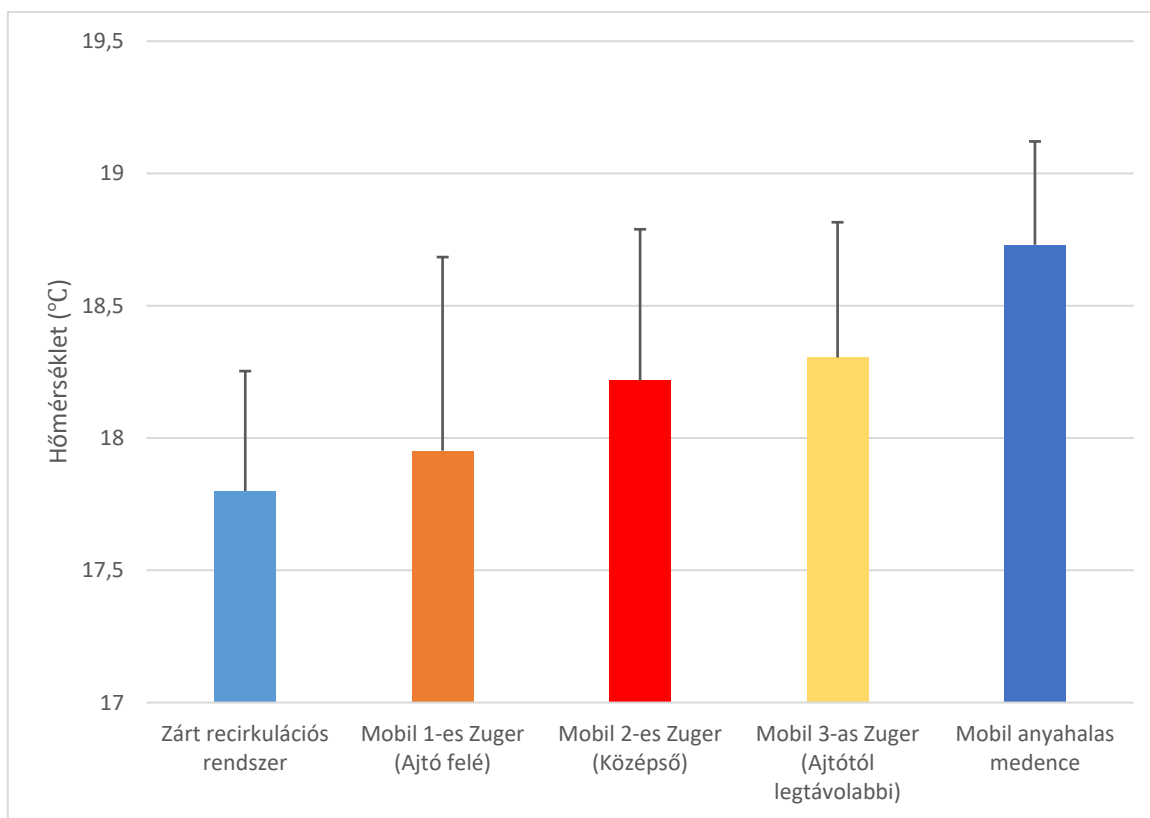
3.7. Fejlődési rendellenességek megállapítása

A lefényképezett halakat egyenként vizsgáltuk. Megszámoltuk a ki nem kelt embriókat. Kijelöltünk egy kontrollként használható, minden szempontból egészségesen fejlődő lárvát, majd a fényképek alapján megkerestük a kontrolltól eltérő lárvákat és megállapítottuk a torzulások típusait.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. Eredmények

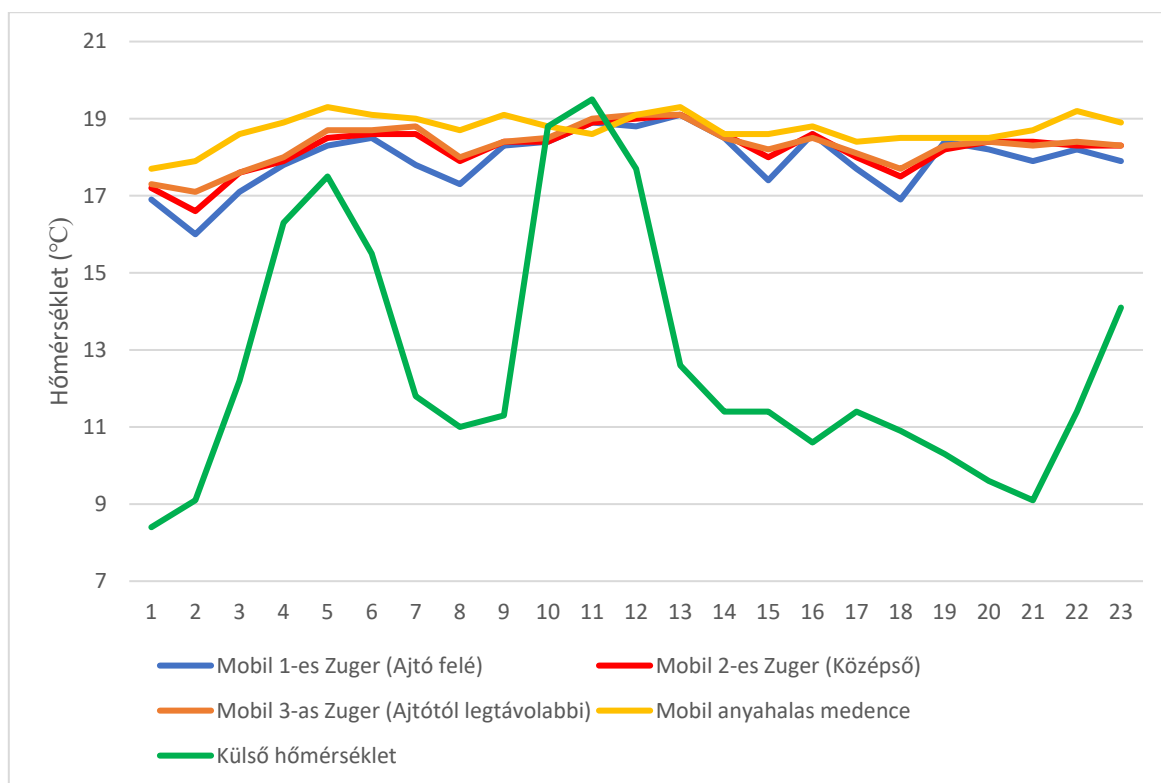
4.1.1. A vízhőmérséklet mérések eredményei



11. ábra Az átlagos vízhőmérsékletek alakulása a keltetés során

A zárt recirkulációs rendszerhez kapcsolt Zuger-üvegben átlagos vízhőmérséklet 17,8 °C volt az ikra inkubáció során. Az itt mért átlaghőmérséklet és a mért vízhőmérsékletek szórása (0,45) is ebben a Zuger-üvegben volt a legalacsonyabb. A mobil halkeltetőben található anyahal tartó medence átlagos vízhőmérséklete bizonyult a legmelegebbnek, ez 18,7 °C volt a kísérlet során. A mérési eredmények szórása ebben az esetben volt a legalacsonyabb (0,39), ami a nagy víztestnek tudható be. A mobil halkeltetőben található 1-es sorszámú Zuger-üveg átlaghőmérséklete 18,0 °C a 2-es Zuger-üvegé 18,2 °C, a 3-asé pedig 18,3 °C volt. A mobil halkeltetőben található Zuger-üvegekben mért vízhőmérsékletek szórás értékei (0,73; 0,57; 0,51) minden esetben magasabbak voltak, mint a zárttéri recirkulációs rendszerben mért paraméterek szórása.

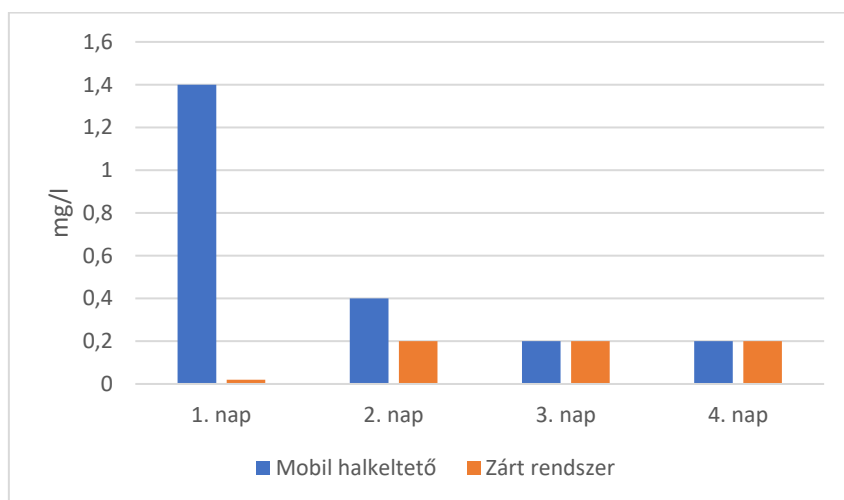
Megfigyelhető, hogy a mobil halkeltetőben az 1-es számú Zuger-üveg átlagos hőmérséklete és szórása a legalacsonyabb, majd az ajtótól távolodva az átlagos hőmérséklet növekszik, míg a szórás csökken (11. ábra).



12. ábra A mobil halkeltetőben mért vízhőmérsékleti paraméterek és a külső környezeti hőmérséklet összevetése

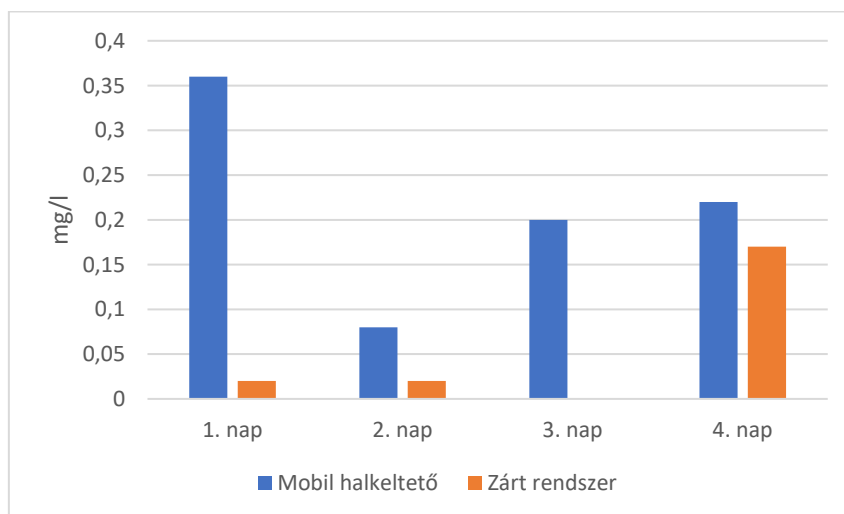
Az Országos Meteorológiai Szolgálat által mért léghőmérsékleti adatokat is összevettem a mobil halkeltetőben mért adatokkal. A diagrammon jól látszik, hogy ugyan a vízhőmérséklet változás trendszerűen követi a levegő hőmérséklet változását, de még a hidegebb hőmérsékleti viszonyok ellenére is megfelelő marad a napi hőingás, és az inkubációs időszak során a vízhőmérséklet nem csökkent 16 °C alá egyik Zuger-üveg esetében sem (12. ábra).

4.1.2. *Vízminőségi paraméterek*



13. ábra Ammónium koncentráció az inkubáció során

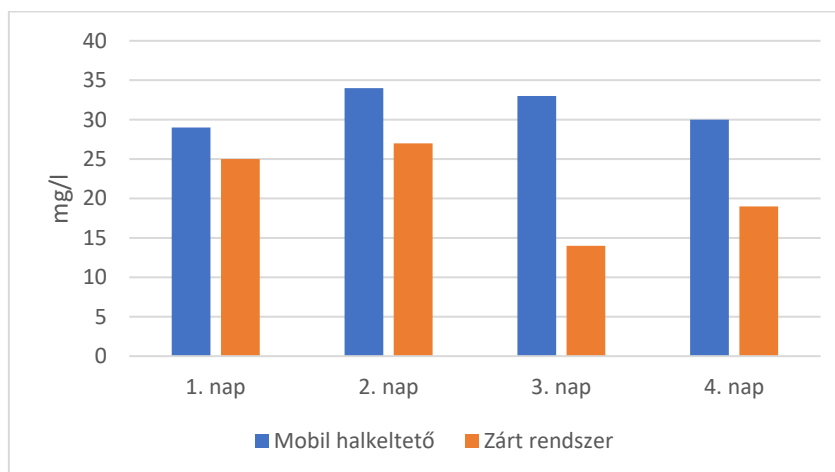
Az első nap mért magas (1,4 mg/l) ammónium koncentráció oka a még rendszerben lévő anyaállomány lehetett. Ezt az is alátámasztja, hogy az anyahalak eltávolítása után az ammónium koncentráció csökkenni kezdett (0,4 mg/l), majd az utolsó két napon megegyezett a zárt recirkulációs rendszerben mért értékekkel (0,2 mg/l) (13- ábra).



14. ábra Nitrit koncentráció az inkubáció során

Az első napon mért magas nitrit koncentrációnak az oka szintén a bentlévő anyaállomány lehetett. A második napra 0,08 mg/l koncentrációra csökkenő nitrit a 3. napon ismét emelkedni kezd (0,2 mg/l), ami valószínűleg már az embrió anyagsereflowamatainak következménye. A 4. napon a mobil halkeltetőben és a zárt recirkulációs rendszerben is magasabb (0,22 mg/l; 0,17

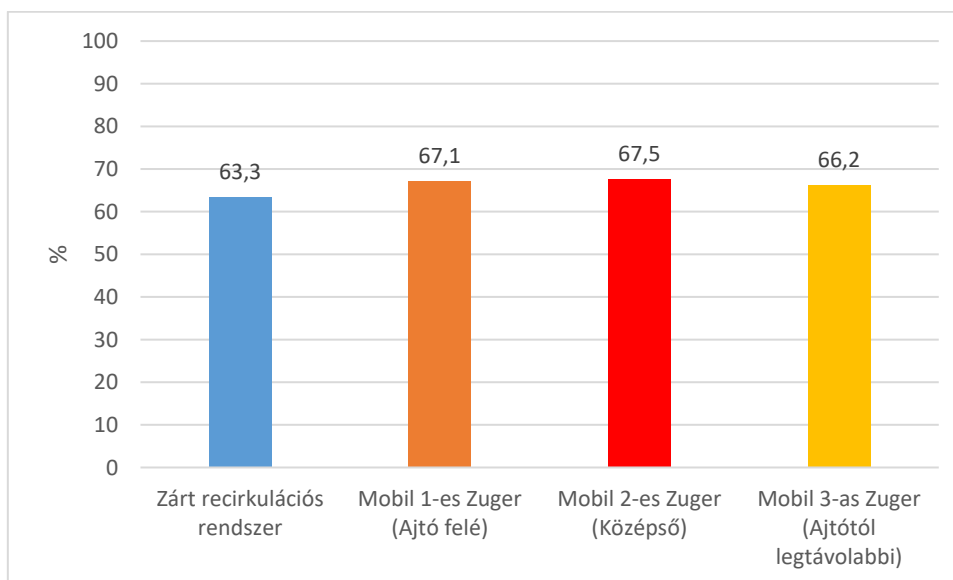
mg/l) nitrát koncentrációt mértünk (14. ábra). Ezeket a magasabb értékeket a kelési folyamatok beindulása okozhatta.



15. ábra Nitrát koncentráció az inkubáció során

A nitrát koncentrációja az inkubációs időszak közben 29 és 34 mg/l közt változott a mobil halkeltető esetében, míg a zárt recirkulációs rendszerben 14 és 27 mg/l közt volt (15. ábra). A mobil halkeltetőben mért magasabb koncentráció oka, hogy a vízminőség mérése a napi vízcseré előtt történt. A nitrát koncentráció magasabb szintje a biológiai szűrés sikerességét mutatja.

4.1.3. Kelési arány



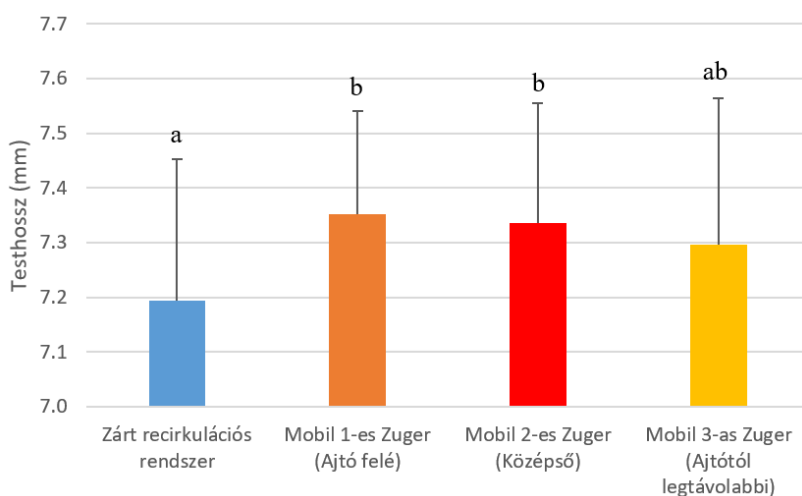
16. ábra Kelési arány

A mobil halkeltetőben számolt kelési arány mind a három Zuger-üvegben nagyon hasonló volt. Az 1-es ajtóhoz legközelebbi Zuger-üvegben 67,1%, a 2-es számú, középen elhelyezkedő

Zuger-üvegben 67,5%, míg az ajtótól legtávolabb elhelyezkedő keltető üvegben 66,2% volt. A zárt recirkulációs rendszerben alacsonyabb, 63,3%-os kelési arányt számoltunk (16. ábra).

4.1.4. Testhossz

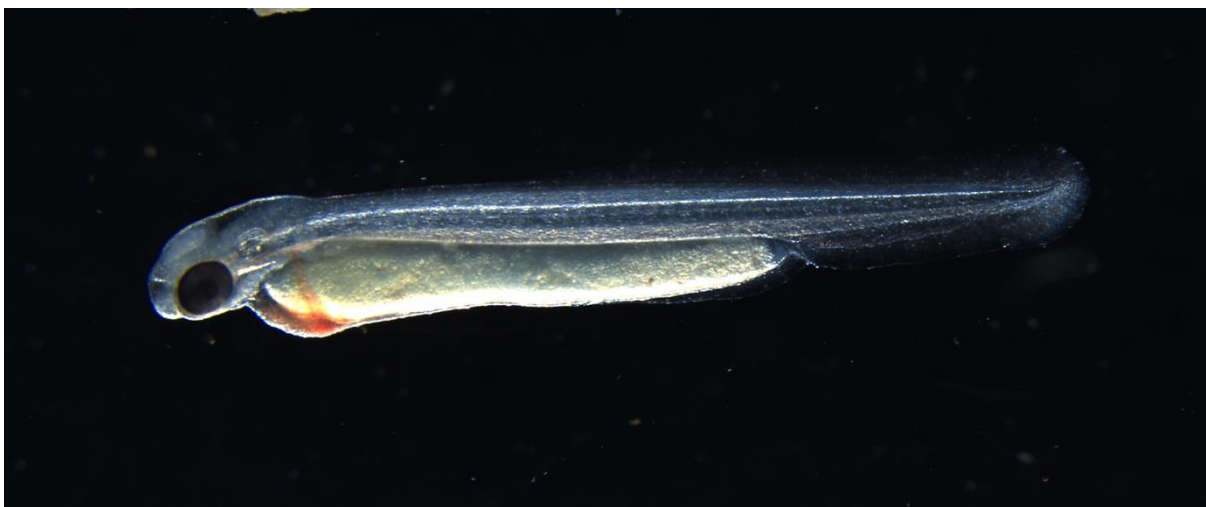
A mobil halkeltető 1-es Zuger-üvegében inkubált ikratételből kikelő lárva átlagos teljes testhossza $7,35 \pm 0,19$ mm volt. Ugyanez az érték a 2-es Zuger-üveg esetében $7,34 \pm 0,22$ mm, míg a 3-as Zuger-üveg esetében $7,30 \pm 0,27$ mm volt. A zárt recirkulációs rendszerben kelt zsenge lárva átlagos testhossza $7,19 \pm 0,26$ mm -t ért el. (17. ábra).



17. ábra Testhossz mérések alakulása a különböző egységekben keltetett csoportok esetében

A statisztikai értékelés alapján, az 1-es, 2-es és a 3-as Zuger-üvegek közt nem volt kimutatható statisztikailag igazolható különbség a kikelő lárva testhosszát tekintve. A zárt recirkulációs rendszerben frissen kikelő lárva testhossza azonban szignifikánsan kisebb volt, mint az 1-es ($P < 0,05$) és 2-es ($P < 0,05$) Zuger-üvegben inkubált csoportoké.

4.1.5. Fejlődési rendellenességek



18. ábra Kontrollként használt lárva (Fotó: Dr. Csenki-Bakos Zsolt Imre)

A kontroll lárva (18. ábra) teljesen tünetmentes. A test egyenes, a farokrészen jól látszanak a V alakú szomiták. A gerincvelő egyenes lefutású, az otolitkapszula megfigyelhető, a szem szabályosan pigmentált. A fejben megfigyelhetők az agykamrák. A nagy gyűjtővéna megfelelően zárt, a szív két ürege jól megfigyelhető. Az úszóhólyag még nem látható. Sem szik-, sem szívburok ödéma nincs az állaton.

A szikhólyag szabályos alakú, a szik áttetsző sárgás színű, azonban számos, láthatólag egészségesen fejlődő lárva szikanyagában megfigyelhetők voltak jelentős méretű zsírcseppek, sötétebb zárványok, melyek más fajok esetében a rendellenes fejlődés eredményei. Azokat az egyedeket, amelyeken ezen „elváltozáson” kívül nem volt megfigyelhető egyéb rendellenesség egészséges, tünetmentes lárvaként tartottuk számon a vizsgálatoknál. Minden torz lárvát lefénképeztünk, és minden különböző tünetegyüttest mutató lárvát külön-külön mutatunk be.

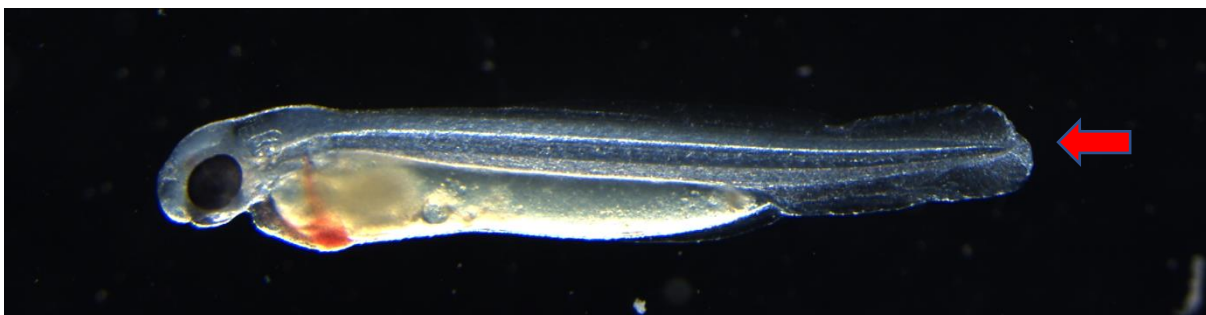
Mobil konténer, 1-es számú Zuger-üveg, 1-es minta

A 25-egyedből 3-on volt megfigyelhető valamilyen torzulás. Kelésgyengeséget nem tapasztaltunk a csoportban.



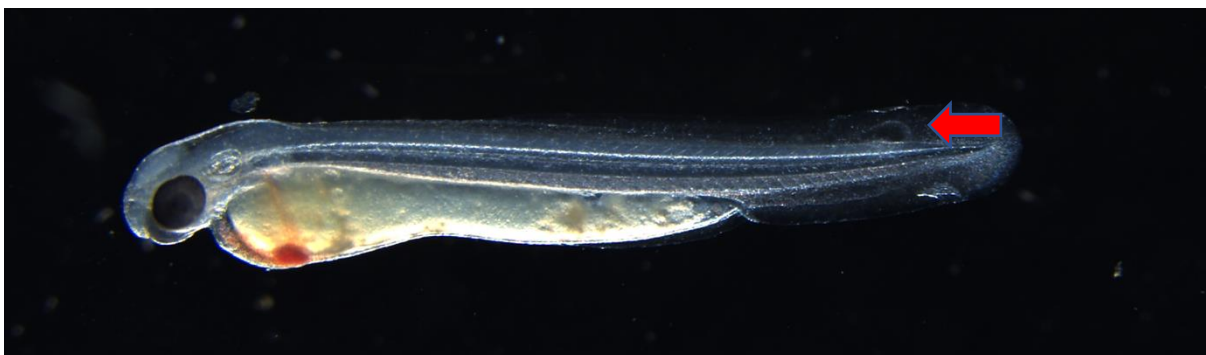
19. ábra Lárvatorzulás 1. (Fotó: Dr. Csenki-Bakos Zsolt Imre)

A lárván a szikzacskó mögött látható, jól körülhatárolható piros folt egy, az éren lévő kiboltosulás (aneurizma), a nagy gyűjtővéna nem kivehető az állaton. (19. ábra).



20. ábra Lárvatorzulás 2. (Fotó: Dr. Csenki-Bakos Zsolt Imre)

A lárván faroktorzulás látható, az úszószegély nem alakult ki megfelelően (20. ábra).

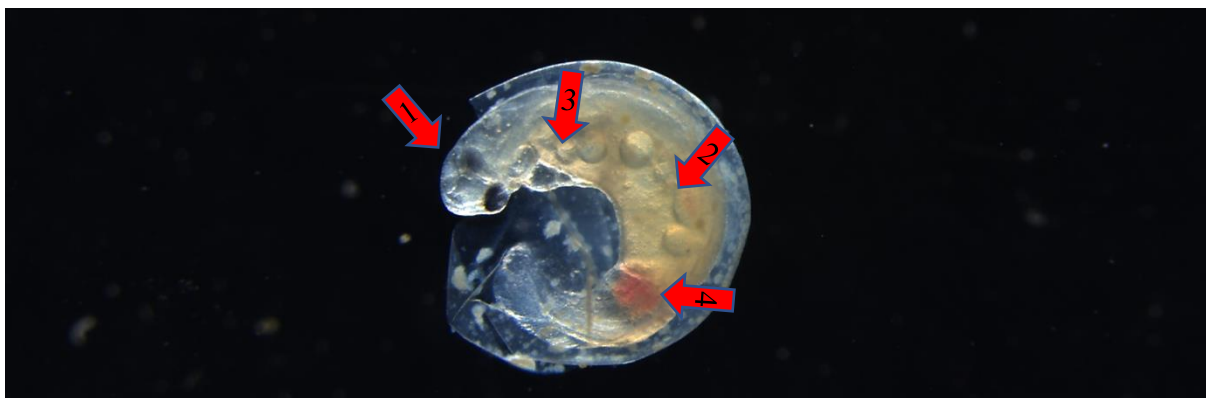


21. ábra Lárvatorzulás 3. (Fotó: Dr. Csenki-Bakos Zsolt Imre)

A farokúszó felső úszószegélyében vizuálisan meghatározhatatlan háttérű sejtosztódás alakult ki (21. ábra).

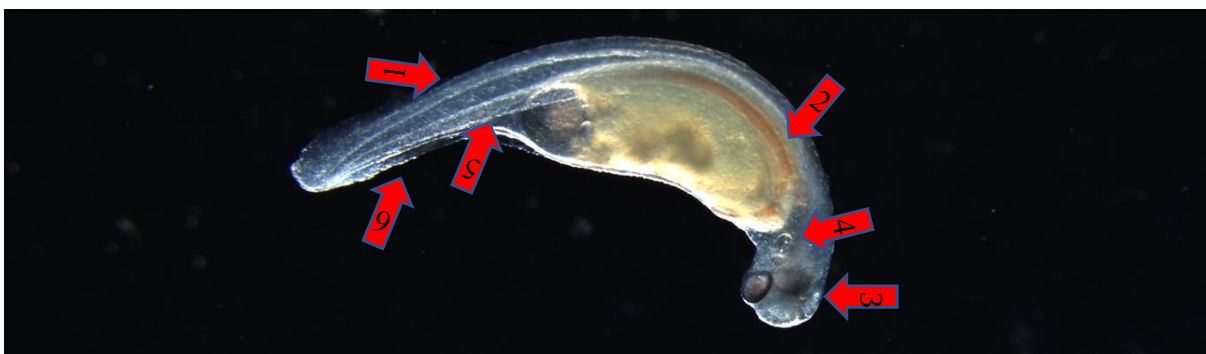
Mobil konténer, 1-es számú Zuger-üveg, 2-es minta

A 25-egyedből kettőn volt megfigyelhető valamilyen torzulás és egy esetben volt tapasztalható torzulás okozta kelésgyengeség.



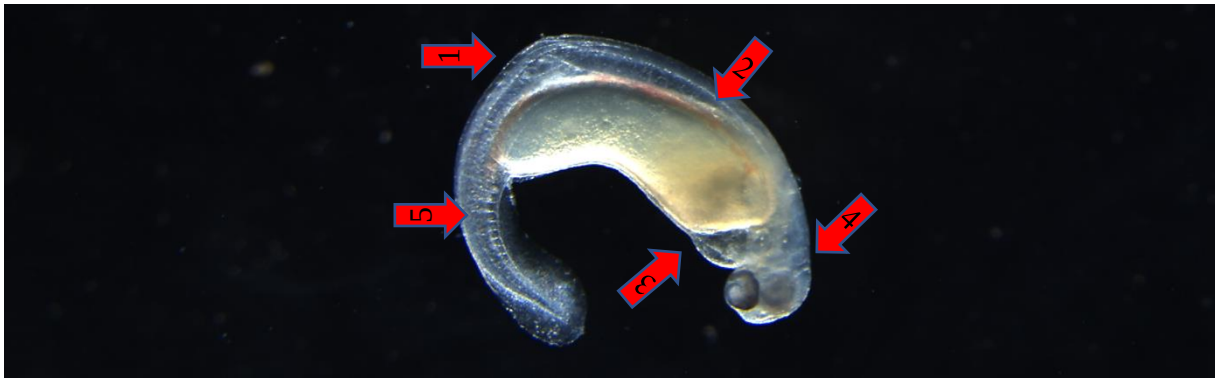
22. ábra Lárvatorzulás 4. (Fotó: Dr. Csenki-Bakos Zsolt Imre)

A képen látható kelésgyenge lárva teljes teste torzult. Megfigyelhető a fejrégio rendellenes fejlődése, a szem és a szemlencse deformitása (1. nyíl). A szelvények (szomiták) nem láthatók (2. nyíl). Szív- és érrendszer fejlődési zavar is megfigyelhető (3. nyíl). A faroktájékon aneurizma látható, a farok rövid, nem fejlődött megfelelően (4. nyíl). Ugyan az ikrahéj kilyukadt, de ez nagy valószínűséggel csak a kelési enzimeknek és a külső behatásoknak köszönhető (22. ábra).



23. ábra Lárvatorzulás 5. (Fotó: Dr. Csenki-Bakos Zsolt Imre)

A lárva teste teljesen torzult, rövid, a gerinc erősen oldalirányba görbült. A gerincvelő vastagsága nem egyenletes, a farokrégióban túl széles, majd a fej felé haladva összeszűkül (1. nyíl). Vérpangás látható a test elülső felében (2. nyíl), mivel a gyűjtővéna és a szív nem alakult ki megfelelően. A fejrégio erősen alulfejlett, a szemlencse nem pigmentálódott (3. nyíl) és az otolitkapszula sem alakult ki megfelelően (4. nyíl). A szomiták (5. nyíl) és az úszókezdemenyek (6. nyíl) nem láthatóak, nem alakultak ki (23. ábra).

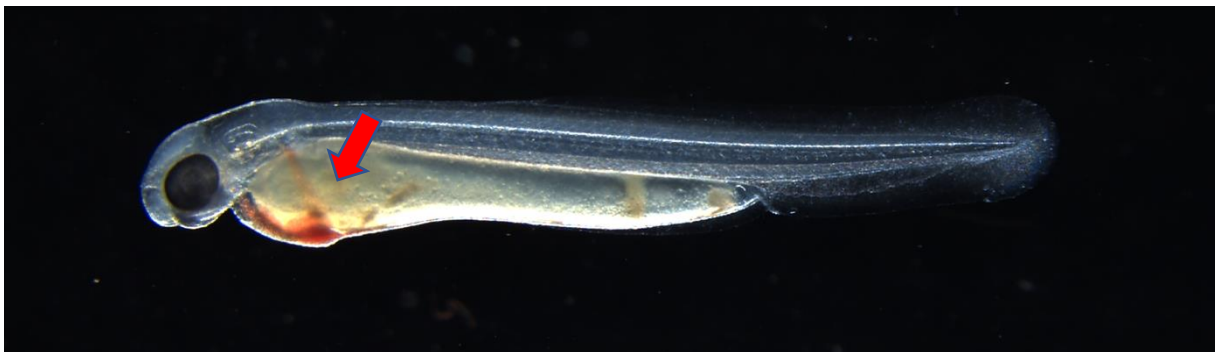


24. ábra Lárvatorzulás 6. (Fotó: Dr. Csenki-Bakos Zsolt Imre)

A lárva teste teljesen torzult, a gerinc erősen görbült a has irányába (1.-nyíl). A vér pang a testben látható, mivel a gyűjtővéna és a szív nem alakult ki megfelelően (2. nyíl). A szívburokban ödéma látható (3. nyíl). A fejrégió erősen alulfejlett, a szemlencse nem pigmentálódott és az otolitkapszula sem alakult ki megfelelően (4. nyíl). A szomiták alakja rendellenes, a gerincvelő rendellenesen fejlődött (5. nyíl) (24. ábra).

Mobil konténer, 2-es számú Zuger-üveg, 1-es minta

A 25-egyedből 1-en volt megfigyelhető valamilyen torzulás. Kelésgyengeséget nem tapasztaltunk a csoportban.

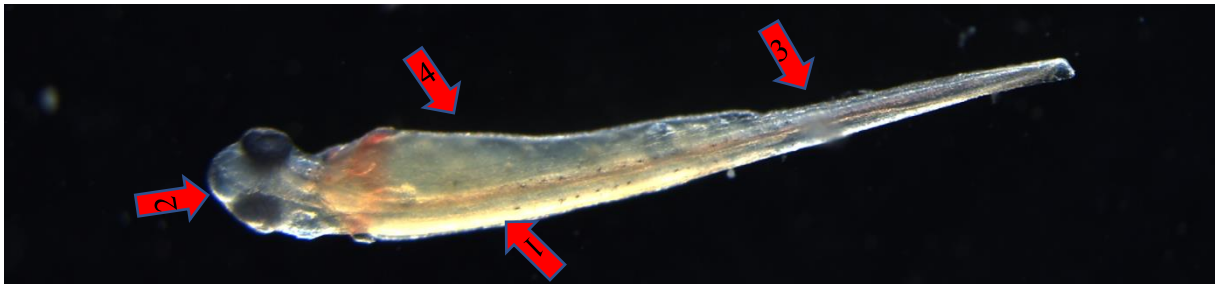


25. ábra Lárvatorzulás 7. (Fotó: Dr. Csenki-Bakos Zsolt Imre)

A szívben és a nagy gyűjtővéna találkozásánál vérömleny (hematóma) figyelhető meg. A gyűjtővéna elhelyezkedése nem szabályos (25. ábra).

Mobil konténer, 2-es számú Zuger-üveg, 2-es minta

A 25-egyedből 3-on volt megfigyelhető valamilyen torzulás és egy esetben volt tapasztalható torzulás okozta kelésgyengeség.



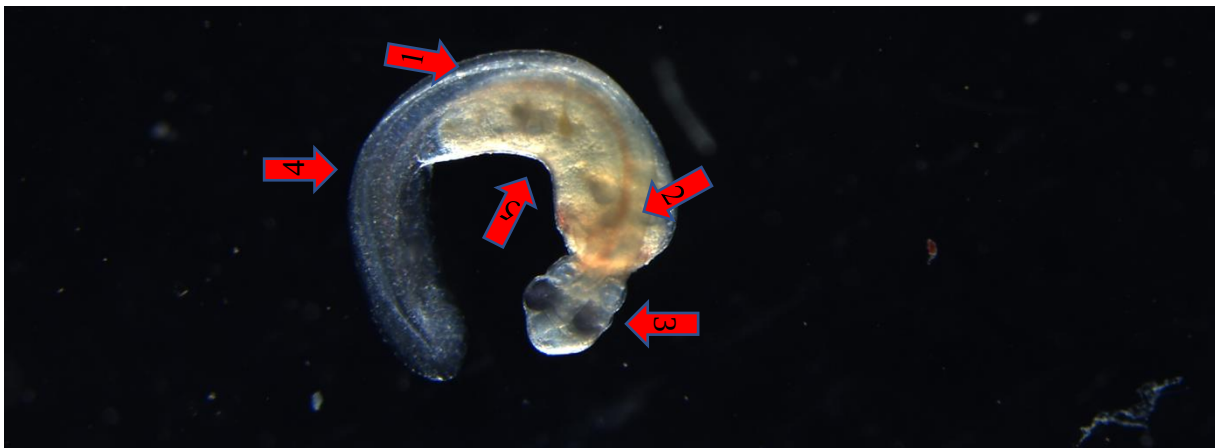
26. ábra Lárvatorzulás 8. (Fotó: Dr. Csenki-Bakos Zsolt Imre)

A gerinc torzult (1. nyíl). Az fejrégió nem megfelelően fejlődött. A szemlencse alulfejtett, a baloldali szem kisebb és nem pigmentálódott megfelelően (2. nyíl). A farokrész elvékonyodott és enyhén oldalra görbült (3. nyíl). A szik alakja nem szabályos és kisebb méretű (4. nyíl), mint a megfelelően fejlődő egyedeknél (26. ábra).

A 25-egyedből 3-on volt megfigyelhető valamilyen torzulás és egy esetben volt tapasztalható torzulás okozta kelésgyengeség.

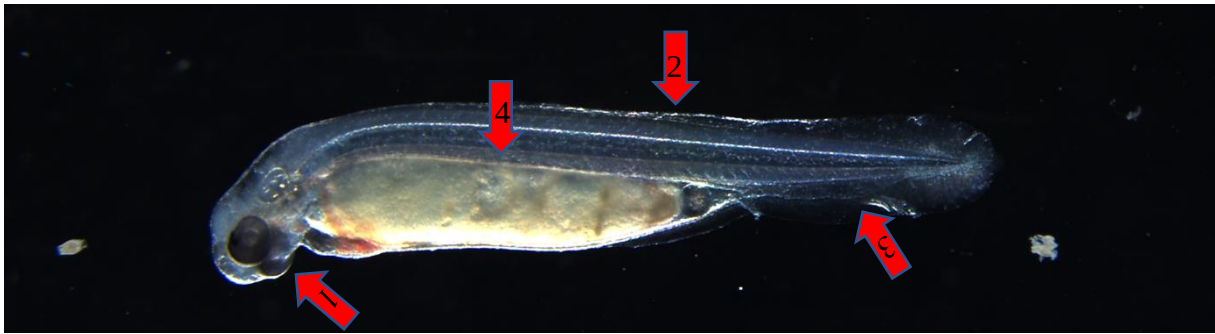
Mobil konténer, 3-as számú Zuger-üveg, 1-es minta

A 25-egyedből 4-en volt megfigyelhető valamilyen torzulás és egy esetben volt tapasztalható torzulás okozta kelésgyengeség.



27. ábra Lárvatorzulás 9. (Fotó: Dr. Csenki-Bakos Zsolt Imre)

A lárva teste teljesen torzult, a gerinc erősen görbült oldalirányban (1. nyíl). Vérpangás látható, mivel a nagy gyűjtővéna és a szív nem alakult ki megfelelően (2. nyíl). A fejrégió erősen alulfejtett, a szemlencse nem pigmentálódott megfelelően (3. nyíl). A szomiták rendellenesen fejlődtek (4. nyíl). A szik alakja nem megfelelő (5. nyíl) (27. ábra).



28. ábra Lárvatorzulás 10. (Fotó: Dr. Csenki-Bakos Zsolt Imre)

Az arckoponya rész fejletlen (1. nyíl). A szomiták nem V, hanem U alakban görbülnek és csak a farokrégióban figyelhetők meg. A szomiták sűrűbben helyezkednek el, mint a kontroll esetében (2. nyíl). A farokrégió rövid, az úszószegély alulfejlett (3. nyíl). A szik alakja is eltér a kontrolltól (4. nyíl) (28. ábra).

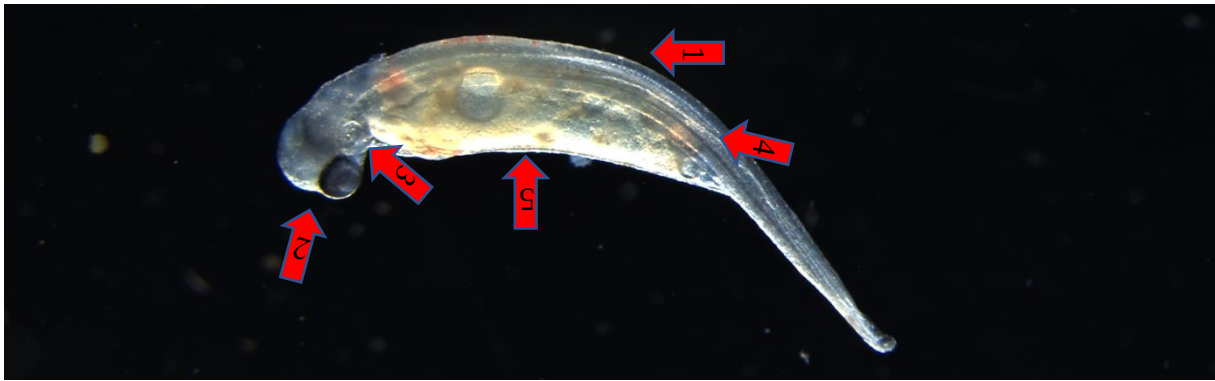
Mobil konténer, 3-as számú Zuger-üveg, 2-es minta

A 25-egyedből kettőn volt megfigyelhető valamilyen torzulás. Kelésgyengeséget nem tapasztaltunk a csoportban.



29. ábra Lárvatorzulás 11. (Fotó: Dr. Csenki-Bakos Zsolt Imre)

Az arckoponya alulfejlett (1. nyíl). A szomiták nem fejlődtek ki megfelelően, U alakban görbülnek (2. nyíl), a farokrész rövid (3. nyíl). A szik végében aneurizma figyelhető meg (4. nyíl) (29. ábra).

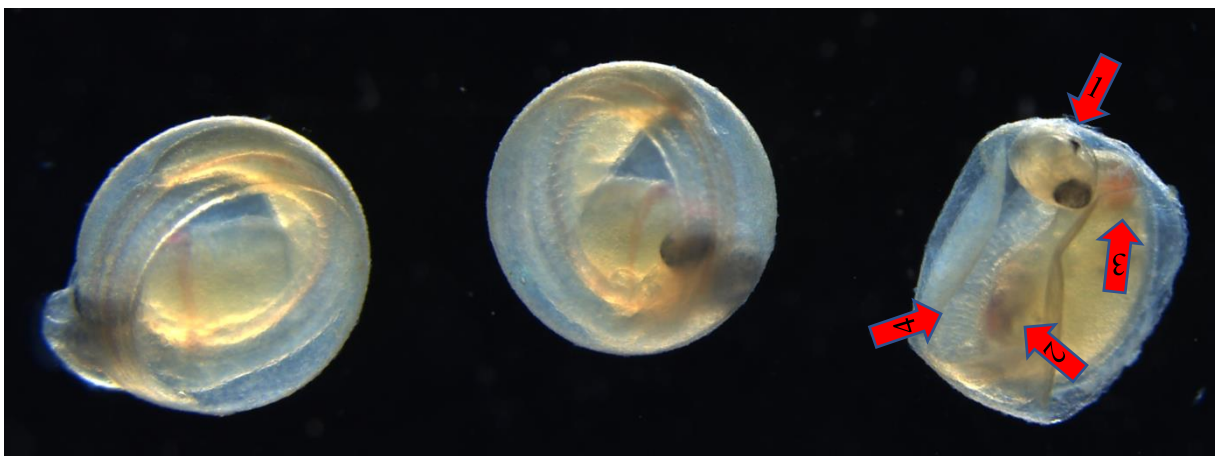


30. ábra Lárvatorzulás 12. (Fotó: Dr. Csenki-Bakos Zsolt Imre)

A gerinc torzult (1. nyíl). A fejrégio nem megfelelően fejlődött. A szemlencse (2. nyíl) és az otolitkapszula (3. nyíl) alulfejlett, a szem nem pigmentálódott megfelelően (2. nyíl). A gerincvelő vastagsága nem egyenletes, a farokrégióban túl széles, majd a fej felé haladva összeszűkül (4. nyíl). A szik alakja rendellenes (5. nyíl) (30. ábra).

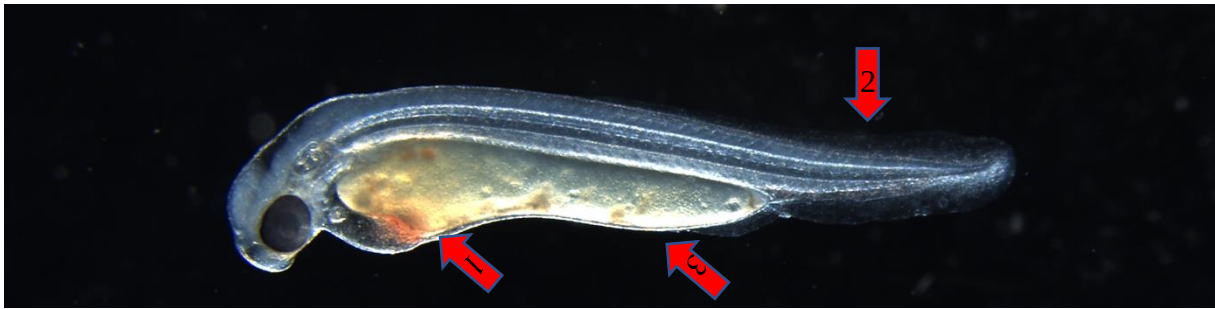
Zárt recirkulációs rendszer 1-es minta

A 25-egyedből 3-on volt megfigyelhető valamilyen torzulás és három esetben volt tapasztalható torzulás okozta kelésgyengeség.



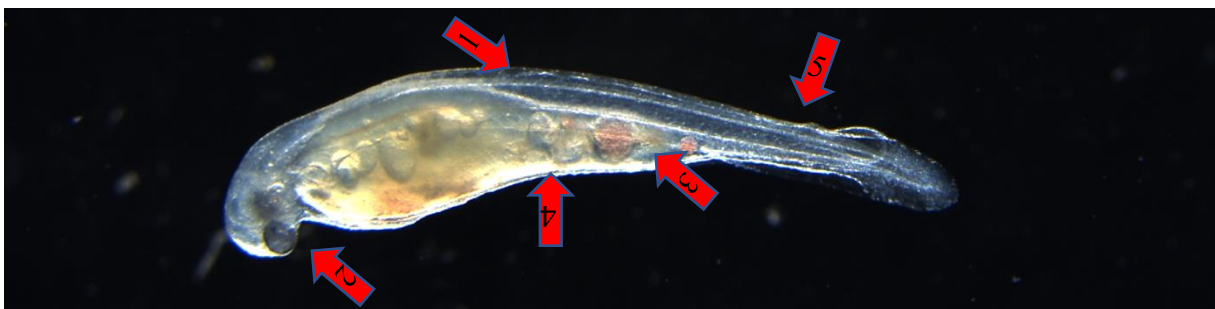
31. ábra Lárvatorzulás 13. (Fotó: Dr. Csenki-Bakos Zsolt Imre)

Mind három esetben torzulás okozta kelésgyengeség figyelhető meg (31. ábra). Mivel az embriók az ikrahélyon belül feltekeredve találhatók a kelésgyengeség és az összes torzulás meghatározása nem lehetséges. A jobb oldali embrió esetében megfigyelhető a fejrégio rendellenes fejlődése. A szemlencse alulfejlett (1. nyíl). Több helyen is az érrendszer rendellenes fejlődése figyelhető meg (2. és 3. nyíl). A szomiták túl sűrűn helyezkednek el (4. nyíl).



32. ábra Lárvatorzulás 14. (Fotó: Dr. Csenki-Bakos Zsolt Imre)

Perikardiális ödéma és a gyűjtővéna torz fejlődése figyelhető meg (1. nyíl). A farokrész rövid, alulfejtett, enyhén a háti irányba görbült (2. nyíl). A szik alakja rendellenes (3. nyíl). A gyűjtővéna lefutása nem szabályos (1. nyíl) (32. ábra).



33. ábra Lárvatorzulás 15. (Fotó: Dr. Csenki-Bakos Zsolt Imre)

A gerinc torzult (1. nyíl). Az fejrégió nem megfelelően fejlődött. A szemlencse alulfejtett, a szem nem pigmentálódott megfelelően (2. nyíl). A gerincvelő vastagsága nem egyenletes, a farokrégióban túl széles, majd a fej felé haladva összeszűkül (1. nyíl). A szikben az érrendszer nem megfelelő fejlődése miatt aneurizma figyelhető meg (3. nyíl). A szik fejlődése rendellenes, nagy méretű olajcseppek, zárványok láthatók benne (4. nyíl) Az úszószegély alulfejtett (5. nyíl). (33. ábra).

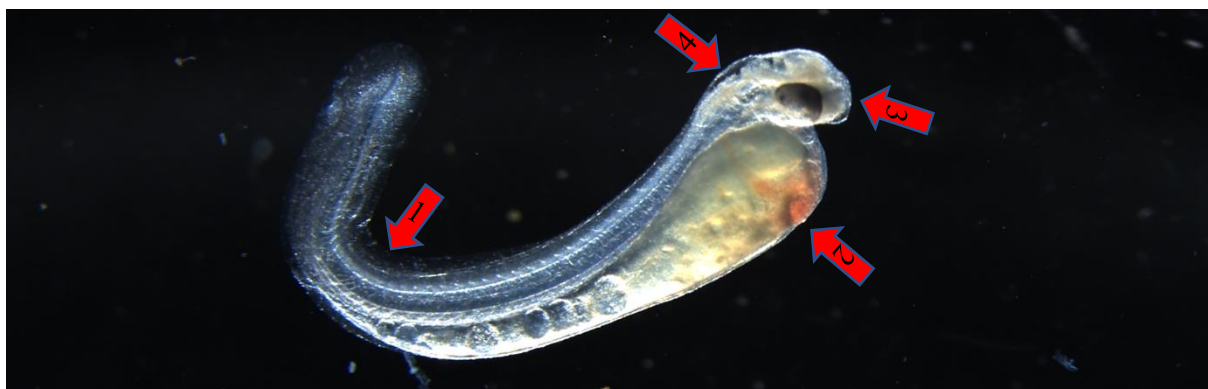
Zárt recirkulációs rendszer 2-es minta

A 25-egyedből 5-ön volt megfigyelhető valamilyen torzulás. Kelésgyengeséget nem tapasztaltunk a csoportban.



34. ábra Lárvatorzulás 16. (Fotó: Dr. Csenki-Bakos Zsolt Imre)

A nagy gyűjtővéna és a szív nem fejlődött ki megfelelően, a találkozásuknál vérömleny figyelhető meg (34. ábra).



35. ábra Lárvatorzulás 17. (Fotó: Dr. Csenki-Bakos Zsolt Imre)

A lárva teste teljesen torzult, a gerinc háti irányban erősen görbült (1. nyíl). Vérpangás látható, mivel a gyűjtővéna és a szív nem alakult ki megfelelően (2. nyíl). A fejrégió erősen alulfejlett, a szemlencse nem pigmentálódott megfelelően (3. nyíl), az agykamrák kialakulása rendellenes, az otolitkapszula alulfejlett (4. nyíl) (35. ábra).

4.2. Következtetések

A kísérletünk során sikerült meghatározni a mobil halkeltetőben fennálló hőmérsékleti viszonyokat és azok hatását az ikrainkubációs időszak során. Az eredmények azt mutatják, hogy a mobil halkeltető vízhőmérsékletére a külső hőmérséklet hatással van, azonban a keltető egységek az alacsony léghőmérséklet esetén is megfelelő hőmérsékletet biztosítanak a fejlődő ikra számára (Kupren et al., 2008). Megfigyeltük, hogy a különböző elhelyezkedésű Zuger-üvegek közt eltérés van a napi hőingás és az átlagos hőmérséklet esetében is, ez azonban nem befolyásolja a kelési arányt, a lárvatorzulások mértékét és a frissen kelt lárva testhosszát sem. A kísérlet során a mobil halkeltetőt összehasonlítottuk egy kisebb napi hőingással működő, zárt recirkulációs rendszerrel. A kelési arány tekintetében nem volt jelentős különbség, azonban a torz lárvák aránya a mobil halkeltetőben alacsonyabb volt. Statisztikailag igazolható ($P < 0,05$) különbség volt a zárt recirkulációs rendszerben és a mobil halkeltetőben kelt lárva átlagos testhosszában. A különbség csak a nagyobb hőingással működő 1-es és 2-es Zuger-üvegek és a zárt rendszerhez csatolt Zuger-üveg esetében volt szignifikánsan nagyobb.

A mobil halkeltetőben a fontosabb nitrogén formák (ammónium, nitrit, nitrát) még az anyaállomány tartása közben sem érték el az inkubáció sikerességét veszélyeztető koncentrációt (Csorbai & Péteri, 2020).

A fejlődési rendellenességek vizsgálata során megfigyelt foltok, zsírcseppek a szikanyagban vélhetően nem minősülnek rendellenes fejlődésnek, mivel az állományban a kísérlet befejezése után nem volt tapasztalható nagy mértékű elhullás a nevelés során, annak ellenére, hogy ez a jelenség a lárvák zömében megfigyelhető volt.

Kísérletünk során a Kupren et al. (2011) által végzett kutatásokhoz hasonló eredményeket kaptunk Megállapítható, hogy a domolykókra jól tolerálja a hőmérsékleti viszonyok változását az inkubációs időszak során. Míg a lengyel kutatócsoporthoz hasonlóan mi sem találtunk eltérést a kelési arány tekintetében, viszont a frissen kelt lárva testhossza statisztikailag igazolhatóan hosszabb volt a nagyobb hőingadozással üzemelő Zuger-üvegekben. A keléskori nagyobb testméret kihatással van a kezdeti táplálkozásra és növekedésre is, ami az egyedre a teljes fejlődése során pozitív hatással lehet. Az irodalmi áttekintésben idézett és a saját kutatási eredményeink alapján megállapítható, hogy a mobil halkeltető fenntartható lehetőséget kínálhat a természetesvízi halállományok megerősítésére.

4.3. Javaslatok

A jövőben érdemes lenne a mobil halkeltetőt gyakorlati körülmények közt is tesztelni és a terepi felhasználás során tovább monitorozni a működésének különböző aspektusait. A hőmérsékleti paramétereket és a vízminőséget ugyanis befolyásolhatja a természetes vízből történő pótvíz betáplálás is.

Mivel a korábbi kutatási eredmények nagyon diverzek a haltelepítéseket illetően, fontos lenne megvizsgálni a mobil halkeltető genetikai sodródásra gyakorolt hatását. Az eredmények összevethetőek lennének a kisebb anyahalbázissal működő halkeltetőkkel, így megalapozható lenne egy tudatosabb népesítési stratégia alkalmazása.

A fejlődési rendellenességek elemzése során nagy mennyiségben megfigyelhetőek voltak zárványok és zsírcseppek a szikanyagban. Más modellfajok esetében az ilyen jellegű elváltozások a nem megfelelő fejlődés eredményei, azonban domolykó esetében nem volt tapasztalható olyan mértékű elhullás, ami arra utalt volna, hogy ez az elváltozás, komoly jelentőséggel bírna a domolykó lárva megmaradására. A jelenség további megfigyelése és egy fejlődési atlasz elkészítése nagy segítség lehet a jövőben a domolykó fejlődési rendellenességeinek megállapításában.

5. Összefoglalás

Magyarországon a természetes vizekkel való gazdálkodás az elmúlt 15 évben jelentős fordulatot vett. Míg korábban általánosan elterjedt volt a kereskedelmi célú természetesvízi halászat, a 2013. szeptember 1-én hatályba lépő CII. halászati törvény a vizek elsőszámú hasznosítási módját már a horgászathoz és a horgászturizmus fejlesztéséhez köti. A törvény 2015-ös módosítása pedig a 2016-os naptári évtől megtiltja a kereskedelmi célú halászati engedély kiadását.

Ezen törvényt módosítások és az ökológiai szemlélet elterjedésének következtében folyamatosan növekszik a horgászati és a természetvédelmi értékkel bíró őshonos halfajok iránti igény. A természetesvízi halállományok napjainkra azonban sok helyen megfogyatkoztak köszönhetően a túlhasznosításnak, az ívóhelyek eltűnésének és a vízszennyezéseknek. A fent említett okok miatt vált szükségessé a természetes vizeink halállományainak folyamatos pótlása. Az anyahalak és az ivadék hosszas szállítása a halak sérülésével és elhullásával is járhat. Erre kínálhat megoldást a MATE AKI Halgazdálkodási Tanszéke által fejlesztett mobil halkeltető, amely lehetővé teszi az anyahalak befogása után az azonnali, helyszíni szaporítását úgy, hogy az anyaállomány számára az a lehető legkíméletesebb legyen. A helyben történő gyors szaporítás lehetővé teszi a felhasznált anyahalak számának maximalizálását, ami pedig csökkenti a telepítésekkel előidézett genetikai sodródás mértékét. A mobil halkeltető lehetőséget biztosít az ikra helyben történő inkubálására, illetve az ivadék gyors és hatékony kihelyezésére, kiküszöbölve ezzel a szállítás következtében fellépő elhullást. Kísérletemhez modellfajként a domolykót (*Squalius cephalus*) választottam, mivel ez a faj a horgászok körében egyre nagyobb népszerűségnek örvend. Természetes vízi állományai azonban sok helyen megfogyatkoztak, ezért a telepítés napjainkra szükségessé vált.

Az eszköz használhatóságát több kísérlet bizonyította, azonban vannak bizonyos, a rendszer kis méretéből és a környezeti kitettségéből adódó, dinamikusán változó aspektusok, így a hőmérsékleti viszonyok is, melyek további vizsgálatokat igényelnek. Kísérletem során a mobil halkeltető alkalmazhatóságát hasonlítottam össze egy zárt recirkulációs halkeltető rendszerrel. Víztisztasági- és hőmérsékleti paramétereket, valamint azok hatását vizsgáltam a domolykó embrionális fejlődésére. A haltenyésztésben kritikus nitrogén formák (ammónium, nitrit, nitrát) terhelése egyik esetben sem veszélyeztette az ikra inkubáció sikerességét. Az eredmények azt mutatják, hogy a mobil halkeltetőben a különböző elhelyezkedésű Zuger-üvegek közt eltérés van a napi hőingás és az átlagos hőmérséklet esetében is, ez azonban nem befolyásolja a kelési arányt, a lárvatorzulások mértékét és a frissen kelt lárva testhosszát sem.

A zárt recirkulációs rendszerben magasabb volt a torz lárva aránya mint a mobil halkeltetőben. A kelési arány mind a zárt recirkulációs rendszerben (63,3%) mint a mobil konténer Zuger-üvegeiben kedvezően alakult (67,1%; 67,5%; 66,2%). A mobil halkeltető 1-es Zuger-üvegében inkubált ikratételből kikelő lárva átlagos testhossza $7,35 \pm 0,19$ mm volt. Ez az átlagos testhossz a 2-es Zuger-üveg esetében $7,34 \pm 0,22$ mm, míg a 3-as Zuger-üveg esetében $7,30 \pm 0,27$ mm volt. A zárt recirkulációs rendszerben kelt zsenge lárva átlagos testhossza $7,19 \pm 0,27$ mm volt. A statisztikai értékelés alapján, az 1-es, 2-es és a 3-as Zuger-üvegek közt nem volt kimutatható statisztikailag igazolható különbség a kikelő lárva testhosszát tekintve. A zárt recirkulációs rendszerben frissen kikelő lárva testhossza azonban szignifikánsan kisebb volt, mint az 1-es ($P < 0,05$) és 2-es ($P < 0,05$) Zuger-üvegben inkubált csoportoké.

A kísérleteink során sikerült meghatározni a mobil halkeltetőben fennálló hőmérsékleti viszonyokat és azok hatását az ikrainkubációs időszak során. Az eredmények azt mutatják, hogy a mobil halkeltető vízhőmérsékletére a külső hőmérséklet hatással van, azonban a keltető egységek az alacsony léghőmérséklet esetén is megfelelő hőmérsékletet biztosítanak a fejlődő ikra számára. A jövőben érdemes lenne a mobil halkeltetőt gyakorlati körülmények közt is tesztelni és a terepi felhasználás során tovább monitorozni a működésének különböző aspektusait.

6. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani konzulenseimnek Dr. Csorbai Balázsnak, Dr. Bokor Zoltánnak és Dr. Csenki-Bakos Zsolt Imrének a hatalmas szakmai segítségért, a rám szánt idejükért és a dolgozat megírásában való segítségért.

Szeretném megköszönni Nagy Borbálának, Csókás Endrének, Petényi Róbertnek, Bartos Istvánnak, Molnár Józsefnek, valamint a MATE AKI Halgazdálkodási Tanszék összes munkatársának, hogy segítették a munkám szervezését és lebonyolítását.

Köszönöm Dr. Hegyi Árpádnak, hogy segítséget nyújtott a szülőállomány befogásában. Köszönettel tartozok Dr. Urbányi Béla Professzor Úrnak és Dr. Kriszt Balázs Intézetigazgató Úrnak, hogy kísérletemhez teret és infrastruktúrát biztosított a MATE Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet recirkulációs rendszerében.

Végül, de nem utolsó sorban szeretnék köszönetet mondani a munkámat támogató MATE Tudományos Utánpótlást Elősegítő Programnak, valamint a „NKFIH Zárt akvakultúra rendszerek input és output paramétereinek környezeti és gazdasági szempontú fejlesztése 2018-1.3.1-VKE-2018-00012” pályázatnak, melyek biztosították a kísérletem lebonyolításához, és kiértékeléséhez szükséges háttérrel.

7. Irodalomjegyzék

- Avakul, P. & Jutagate, T., 2015. Effects of water temperature on embryonic development, hatching success and survival of larvae of siamese Mud Carp *Henicorhynchus siamensis* (Sauvage 1881). Asian Fisheries Science. 28. pp. 143-153.
- Balestrieri, A., Prigioni, C., Remonti, L., Sgroso & S., Priore, G., 2006. Feeding ecology of *Leuciscus cephalus* and *Rutilus rubilio* in southern Italy. Italian Journal of zoology. pp. 129-135.
- Bartucz, T., Bokor, Z., Izsák, T., Láng, L. Z., Molnár, J., Nagy, B., Bernáth, G., Várkonyi, L., Csenki Bakos, Zs., Ferincz, Á., Staszny, Á. & Csorbai, B., 2020.: A domolykó (*Squalius cephalus*) ivadéknevelése recirkulációs rendszerben. In. Györe Péter (szerk): Szakkollégiumi és a Tudományos Diákköri Hallgatók Kutatásai. Debreceni Egyetem. pp. 10-16.
- Bokor, Z., Csorbai, B. & Urbányi, B., 2020. Édesvízi haltenyésztés. In Bank, Cs. (szerk.). Halászat, haltenyésztés. Budapest, Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. pp.47-133.
- Caffrey, J. M., Acevedo, S., Gallagher, K. & Britton, R., 2008. Chub (*Leuciscus cephalus*): a new potentially invasive fish species in Ireland. Aquatic Invasions. pp. 201-209.
- Chapman, F. A. & Miles, R., 2009. Interpreting a Fish Food Package Label. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/FA159>
- Csorbai, B. & Péteri, A., 2020. Intenzív haltenyésztés. In Bank, Cs. (szerk.). Halászat, haltenyésztés. Budapest, Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. pp. 135-187.
- Csorbai, B. & Urbányi, B., 2020. Possibility of the use of small scale hatchery in Kőrös Valley. 3rd International Conference on Water Sciences.2020.03.20 Szarvas.
- Csorbai, B., Urbányi, B., Bernáth, G., Szabó, T., Várkonyi, L., Molnár, J., Csenki-Bakos, Zs. I. & Bokor, Z., 2020. Kisméretű recirkulációs keltetők felhasználásának lehetősége Magyarországon. Halászat-Tudomány. 6.1. pp. 13-18.
- D'orbcastel, E. R., Blancheton, J. P. & Aubin, J., 2009. Towards environmentally sustainable aquaculture: Comparison between two farming systems using Life Cycle Assessment. Aquaculture Engineering. 40. pp. 113-119.
- Kiss, G., 2023. Lehalászás jelentés 2022. év. XXVIII. 1. p.17.
- Ebeling, J. M., 2006. Biofiltration- Nitrification Design Overview. Recirculating Aquaculture Systems Short Course, University of Arizona. pp. 1-62.

- Eding, E. H., Kamstra, A., Verreth, J. A. J., Huisman, E. A. & Klapwijk, A., 2006. Design and operation of nitrifying trickling filters in recirculation aquaculture: A review. *Aquaculture Engineering*. 34. pp. 234-260.
- Ferincz, Á. & Staszny, Á., 2020 A természetesvízi halászat. In Horváth, L. (szerk). *Halbiológia és Haltenyésztés*. 1. kiadás. Dabas, Reálszisztéma Dabasi Nyomda Rt. pp. 188-251.
- Goldman, J., 2000. Ten year in the Trenches: Perspectives on the Operation of Large Scale Commercial RAS for the production of Hybrid Striped in Proceedings of the Third International Conference of Recirculating Aquaculture. Roanoke, Virginia, July 20-23. pp. 1-6.
- Hakim, E. A. & El-Gamal, E., 2009. Effect of temperature on hatching and larval development and mucin secretion in common carp, *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758). *Global Veterinaria*. 3. pp.80-90.
- Harka, Á. & Sallai, Z., 2004. Magyarország halfaunája. Nimfea Természetvédelmi Egyesület: Szarvas. pp. 24-25; 94-95.
- Hegyí, Á., Lente, V., Weiperth, A., Staszny, Á. & Ferincz, Á., 2021. Környezeti igények, rendszertan, elterjedés és élőhely. In Urbányi, B., Szabó, T., Horváth, Á., (szerk). *Horgászati szempontból jelentős pontyfélék biológiája és tenyésztése*. Gödöllő. Vármédia print kft..pp. 19-23.
- Hekli, M., 2022. Innovatív mobil halkeltető állomás felhasználásának lehetőségei az Ipoly folyó mára állományának megerősítésére. *Precíziós mezőgazdasági mérnök, szakdolgozat*. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő. pp. 30-37.
- Hopkins, T. A. & Mancí, W. E., 1989. Feed conversion, waste and sustainable aquaculture, the fate of feed. *Aquaculture Magazine*. 15 (2). pp. 32-36.
- Horváth, L. & Tamás, G., 2011. Halivadék-nevelés. 2. kiadás, Gödöllő, Vármédia-Print Kft. pp. 48-64.
- Horváth, L. & Urbányi, B., 2000. Tógazdasági Haltenyésztés. in Horváth, L. (szerk). *Halbiológia és Haltenyésztés*. 1. kiadás. Dabas, Reálszisztéma Dabasi Nyomda Rt. pp. 214-225.
- Horváth, L., Szabó, T. & Burke, J., 1997. Hatchery testing of GnRH analogue-containing pellets on ovulation in four cyprinid species, *Polish Archives of Hydrobiology*. 44. pp. 219-224.

- Intendonto, F., 2012. Recirculating aquaculture system (RAS) biofilters: focusing on bacterial communities complexity and activity. PhD disszertáció. Università degli studi di Messina, pp. 6-25.
- Jamróz, M., Kucharczyk, D., Hakuć-Błażowska, A., Krejszeff, S., Kujawa, R., Kupren, K., Kwiatkowski, M., Targońska, K., Żarski, D., Cejko, B. I. & Glogowski, J., 2008. Comparison of Ovopel, Ovaprim and LH-RH analogue application effectiveness in controlled reproduction of ide *Leuciscus idus* (L.). Archives of Polish Fisheries. 16. pp. 363-370.
- Jászfalusi, L., 1944. A fejes domolykó (*Squalius cephalus* L.). Halászat. 15.4. pp. 33-35.
- Khoury, R. M., 2004. Intensive Fish Farming. Aquaculture technology. South Africa, Johannesburg. pp. 1-330.
- Kollár, T., 2018. A halsperma vizsgálatára alapozott toxikológiai tesztrendszerek kialakítása. PhD disszertáció. Szent István Egyetem, Gödöllő. pp. 21-24.
- Krejszeff, S., Kucharczyk, D., Kupren, K., Targońska, K., Mamcarz, A., Kujawa, R., Kaczkowski, Z. & Ra-tajski, S., 2008. Reproduction of chub, *Leuciscus cephalus* L., under controlled conditions. Aquaculture Reports. 39. pp. 907-912.
- Krejszeff, S., Kucharczyk, D., Targonska, K., Żarski, D. Kupren, K., Mamcarz, A. & Piszczala, S., 2011. Optimization of the reproduction of chub (*Leuciscus cephalus* L.) under controlled conditions. In Małgorzata Jankun, M., Grażyna Furgała-Selezniow, G., Małgorzata Woźniak, M., & Wiśniewska, A., (szerk) Fish management in a variable water environment Agencja Wydawnicza "Argi" SC. pp. 265-272.
- Krejszeff, S., Targonska, K., Żarski, D. & Kucharczyk, D., 2010. Artificial reproduction of two different spawn-forms of the chub. Reproductive Biology. 10.1. pp. 67-74.
- Kucharczyk, D., Luczynski, M., Kujawa, R. & Czerkies, P., 1997. Effect of temperature on embryonic and larval development of bream (*Abramis brama* L.). Aquatic Sciences. 59. pp. 214-224.
- Kucharczyk, D., Targonska K., Zarski, D., Kujawa, R. & Mamcarz, A., 2008. A review of the reproduction biotechnology for fish from the genus *leuciscus*. Archives of Polish Fisheries. pp. 319-340.
- Kupren, K., Mamcarz, A. & Kucharczyk, D., 2011. Effect of variable and constant thermal conditions on embryonic and early larval development of fish from the genus *Leuciscus* (*Cyprinidae*, *Teleostei*). Czech Journal of Animal Sciences. 56.2. pp.70-80.

- Kupren, K., Mamcarz, A., Kucharczyk, D., Prusinska, M. & Krejszeff, S., 2008. Influence of water temperature on eggs incubation time and embryonic development of fish from genus *Leuciscus*. Polish Journal of Natural Sciences. 23. pp. 461-481.
- Le, Y., Yang, S. Y., Zhu, X. M., Liu, M., Lin, J. Y. & Wu, K. C., 2011. Effect of temperature on survival, development, growth and feeding of larvae of yellowtail clownfish *Amphiprion clarkia* (Pisces: *Perciformes*). Acta Ecologica Sinica. 31.pp.241-245.
- Lente, V., Staszny, Á., Weiperth, A. & Ferincz, Á., 2021. Alaktan és testfelépítés. In Urbányi, B., Szabó, T., Horváth, Á., (szerk). Horgászati szempontból jelentős pontyfélék biológiája és tenyésztése. Gödöllő. Vármédia print kft. pp.48-49.
- Losordo T.M., Masser M.P. and Rakocy J. (1998) - Recirculating aquaculture tank production systems: an overview of critical considerations - Southern Regional Aquaculture Center Publication No. 451.
- Mikolajczyk, T., Chyb, J., Sokolowska-Mikolajczyk, M., Enright, W. J., Epler, P., Filipak, M., Breton, M., 2003. Attempts to induce an LH surge and ovulation in common carp (*Cyprinus carpio* L.) by differential application of a potent GnRH analogue, azaglynaforelin, under laboratory, commercial hatchery, and natural conditions. Aquaculture. 223. pp. 141-157.
- Mézes, M., 2021. Táplálkozás. In Urbányi, B., Szabó, T., Horváth, Á., (szerk). Horgászati szempontból jelentős pontyfélék biológiája és tenyésztése. Gödöllő. Vármédia print kft. p. 130.
- Nelson, J. S., Grande, T. C. & Wilson M. V. H., 2016. Fishes of The World. 5. kiadás. John Wiley & Sons, Inc. pp.5-185.
- Park, J. M., Mun, S. J., Yim, H. S. & Han, K., H., 2017. Egg Development and Larvae and Juveniles Morphology of Carp, *Cyprinus carpio* in Korean. Developement & reproduction. 21.2. pp. 287-295.
- Pascal, G., N., 2009. Welfare of African Catfish: Effect of stocking density. PhD disszertáció. Wageningen University, The Netherlands. pp. 41-56.
- Péteri, A. & Janurik, E., 2015. Az oxigénellátás levegőztetéssel és tiszta oxigénnel. In Csorbai, B., Péteri A., Urbányi B. (szerk). Intenzív haltenyésztés. Gödöllő. Vármédia-Print Kft. pp. 66-72.
- Péteri, A. & Janurik, E., 2015. Az UV-fény és az ózon használata a recirkulációs rendszerekben. In Csorbai, B., Péteri A., Urbányi B. (szerk). Intenzív haltenyésztés. Gödöllő. Vármédia-Print Kft. pp. 66-72.

- Péteri, A. & Janurik, E., 2015. Biológiai szűrés és biológiai szűrők. In Csorbai, B., Péteri A., Urbányi B. (szerk). Intenzív haltenyésztés. Gödöllő. Vármédia-Print Kft. pp. 40-53.
- Péteri, A., Divik, S. & Janurik, E., 2015. Mechanikai szűrés. In Csorbai, B., Péteri A., Urbányi B. (szerk). Intenzív haltenyésztés. Gödöllő. Vármédia-Print Kft. pp. 30-39.
- Péteri, A., Janurik, E. & Kepenyés, J., 2015. Szivattyúk és vízszállítás. In Csorbai, B., Péteri A., Urbányi B. (szerk). Intenzív haltenyésztés. Gödöllő. Vármédia-Print Kft. pp.22-29.
- Pintér, K., 2015. Magyarország halai. 4. kiadás szerk. Budapest. Mezőgazda kiadó. pp. 84-86.
- Popoola, O., M., 2016. Comparative effects of clove oil and 2-phenoxy ethanol on the anaesthetic and haematological properties of *Clarias gariepinus* juveniles. Applied Tropical Agriculture. 21. 3. pp. 215-222.
- Roessig, J. M., Woodley, C. M., Cech J. J. & Hansen, L. J., 2004. Effects of global climate changes on marine and estuarine fishes and fisheries. Reviews in Fish Biology and Fisheries 14. pp.251-275.
- Saputra, H., K., Nirmala, K., Supriyono, E. & Rochman, N., T., 2018. Micro/Nano Bubble Technology: Characteristics and Implications Biology Performance of Koi *Cyprinus carpio* in Recirculation Aquaculture System (RAS). Omni-Akuatika. 14.2. pp. 29 – 36.
- Singh, S. & Marsh, L. R., 1996. Modelling thermal environment of a recirculating aquaculture facility. Aquaculture. 139. pp. 11-18.
- Sutin, S. & Tina, F., 2020. Embryonic development of a mountainous fish species *Garra cambodgiensis* (Tirant, 1883) in southern Thailand. Journal of Animal Behaviour and Biometeorology, 8. pp. 88-94.
- Szabó, T., Horváth, L. & Urbányi, B., 2000. A halak szaporodásbiológiája. In Horváth, L. (szerk). Halbiológia és haltenyésztés. 1. kiadás. Dabas, Reálszisztéma Dabasi Nyomda Rt. pp. 168-205.
- Szabó, T., Szabó, R., Urbányi, B. and Horváth, L., 1999. Propagation of common carp (*Cyprinus carpio*) at a large-scale hatchery in Hungary, Acta Agronomica Hungarica. 47.2. pp. 191-196.
- Szabó, T. & Csorbai, B., 2020. Szaporítás és tenyésztés. In Urbányi, B., Szabó, T., Horváth, Á., (szerk). Horgászati szempontból jelentős pontyfélék biológiája és tenyésztése. Gödöllő. Vármédia print kft. pp. 223-225.
- Szmutni, Á., 2009. Legyezőhorgászat. 1. kiadás szerk. Budapest, Armadillo Kreatív Ügynökség. pp. 221-239.
- Terofal, F., 1997. Édesvízi halak. Budapest. Mérték kiadó. p. 76.

- Tilak, K. S., Lakshmi, S. J., Susan, T. A., 2002. The toxicity of ammonia, nitrite and nitrate to the fish, *Catla catla*. Journal of Environmental Biology. 23.2. pp.147-9.
- Timmons, M.B. & Ebeling, J.M., 2007. Recirculating Aquaculture, Cayuga Aqua Ventures. Ithaca. pp. 119-170.
- Urbányi, B., 2015. Az intenzív haltenyésztés története, definíciói. In Csorbai, B., Péteri A., Urbányi B. (szerk). Intenzív haltenyésztés. Gödöllő. Vármédia-Print Kft. pp. 5-10.
- Urbányi, B., Horváth, Á. & Bozáné, B. B., 2021. A fajok jelentősége világszinten és hazánkban. In Urbányi, B., Szabó, T., Horváth, Á., (szerk). Horgászati szempontból jelentős pontyfélék biológiája és tenyésztése. Gödöllő. Vármédia print kft. pp. 155-163.
- Vanderplank, F. L., 1938. Sex hormones and their effect upon conditioned responses in the rudd (*Leuciscus leuciscus*). Journal of Experimental Biology. 15. pp. 385-393.
- Wallace, R., A., 1978. Oocyte growth in nonmammalian vertebrates. In: Jones, R.E. (Szerk.) The vertebrate ovary, Plenum Press, New York. pp. 469-502.
- Weiperth, A., Lente, V., Staszny, Á. & Ferincz, Á., 2021. Természetvédelmi helyzet. In Urbányi, B., Szabó, T., Horváth, Á., (szerk). Horgászati szempontból jelentős pontyfélék biológiája és tenyésztése. Gödöllő. Vármédia print Kft.. pp. 155-163.

Internetes hivatkozások

- Internet 1: IUCN, 2019. IUCN Red List of Threatened Species. [Online], Available at: <http://www.iucnredlist.org>, [Hozzáférés dátuma: 10.10.2023].
- Internet 2: <https://thefishsite.com/articles/a-breath-of-fresh-air-how-nanobubbles-can-make-aquaculture-more-sustainable-dissolved-oxygen> [Hozzáférés dátuma: 10.10.2023]