



Fakulta rybnářství  
a ochrany vod  
Faculty of Fisheries  
and Protection  
of Waters

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice



Fakulta rybnářství  
a ochrany vod  
Faculty of Fisheries  
and Protection  
of Waters

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

---

## Provozní manuál sloužící k efektivnímu provozu intenzivní akvakultury využívající RAS

---

Tomáš Polícar, Jiří Křišťan, Jan Hampl,  
Miroslav Blecha, Jitka Kolářová



ISBN 978-80-7514-108-8







Fakulta rybnářství  
a ochrany vod  
Faculty of Fisheries  
and Protection  
of Waters

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

# **Provozní manuál sloužící k efektivnímu provozu intenzivní akvakultury využívající RAS**

---

Tomáš Polícar, Jiří Křišťan, Jan Hampl,  
Miroslav Blecha, Jitka Kolářová

**Vodňany**



EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství

**Vydání a tisk publikace byly uskutečněny v rámci Operačního programu  
Rybářství 2014–2020:**

„Publikace I“ CZ.10.5.109/5.2/4.0/18\_012/0000592

**Obsahová část publikace byla zpracována za finanční podpory následujících  
projektů:**

NAZV projekt QK1820354 *Technická a technologická inovace intenzivních  
chovů ryb založená na nových znalostech umožňující efektivní a stabilní  
produkci – 50 %*

NAZV projekt QK1710310 *Využití nových biotechnologických postupů  
v podmínkách české akvakultury s cílem dosáhnout efektivní, kvalitní  
a ekologicky šetrné produkce ryb – 30 %*

MŠMT projekt CENAKVA (CZ.1.05/2.1.00/01.0024) – 10 %

MŠMT projekt CENAKVA II (LO1205 v rámci programu NPU I) – 10 %



č. 169

ISBN 978-80-7514-108-8

<b>1. ÚVOD</b>	<b>7</b>
<b>2. CÍL</b>	<b>9</b>
<b>3. DETAILNÍ POPIS VYBRANÉ RAS TECHNOLOGIE</b>	<b>10</b>
3.1. Obecná charakteristika systému	10
3.2. Odchovné nádrže	13
3.3. Mechanický mikrosítový bubnový filtr	15
3.4. Biologický filtr s pohyblivým ložem	16
3.5. Čerpadla	20
3.6. Výrobník ozonu	21
3.7. Distribuční nádrž	22
3.8. Směšovač vody s kyslíkem	23
3.9. Ohřev a monitoring teploty vody	28
3.10. Klimatizace haly	29
<b>4. PRAVIDELNÁ OBSLUHA A ÚDRŽBA RAS</b>	<b>30</b>
4.1. Každodenní činnosti	31
4.2. Týdenní činnosti	47
4.3. Činnosti s delším než týdenním intervalem	49
<b>5. SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“</b>	<b>50</b>
<b>6. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY</b>	<b>51</b>
<b>7. EKONOMICKÉ ASPEKTY</b>	<b>51</b>
<b>8. SEZNAM LITERATURY</b>	<b>51</b>
<b>9. SEZNAM LITERATURY, KTERÁ PŘEDCHÁZELA METODICE</b>	<b>53</b>



## 1. ÚVOD

Z obecného hlediska znamená recirkulace vody její vícenásobný oběh v libovolném uzavřeném systému. V našem případě tedy opětovné uvedení vody do oběhu a její několikanásobné opakované použití v rámci intenzivního chovu ryb (Vachta a kol., 2015). Recirkulační akvakulturní systémy (RAS) slouží k chovu ryb a jiných vodních živočichů a jsou navrhovány s důrazem na minimální spotřebu přítokové vody a produkci odpadních látek, které by mohly zatěžovat recipienty volných vod a zvyšovat jejich eutrofizaci (McGee a Cichra, 2000; Kouřil a kol., 2008a).

Vzhledem k fyziologickým nárokům chovaných ryb je nutné vodu v RAS efektivně mechanicky a biologicky filtrovat, popřípadě sterilizovat s cílem kontinuálně snižovat její zatížení o rozpuštěné (amoniak, oxid uhličitý, dusitany, dusičnany a další) či nerozpuštěné látky (exkrementy, zbytky krmiv a sedimenty). Zmíněné látky se do vodního prostředí dostávají v průběhu chovu ryb především vlivem jejich metabolismu a výrazným způsobem zhoršují kvalitu vody, která by se bez zmíněného ošetření nemohla opětovně v intenzivním chovu ryb efektivně využívat (Kouřil a kol., 2008a; Vachta a kol., 2015).

Recirkulační akvakulturní systémy poskytují při odborném provozu optimální podmínky prostředí k efektivnímu chovu a produkci různých druhů ryb a jiných vodních živočichů (Losordo a kol., 1992). Největší výhodou tohoto chovatelského systému je kontinuální kontrola kvality vody a odchovávané obsádky. Tento způsob chovu umožňuje jednoduše sledovat chování ryb, popřípadě zlepšovat či pozitivně ovlivňovat jejich zdravotní, fyziologický a kondiční stav. Výsledkem těchto činností je potom vytvoření optimálních podmínek prostředí pro rychlý růst a vysoké přežití chovaných ryb bez sezónních výkyvů. Produkované ryby je také možné velmi sofistikovaně a snadno třídít, manipulovat s nimi a následně je v průběhu celého roku nabízet k prodeji. Chovatel provozující RAS přesně zná informace o aktuální obsádce chovaných ryb či jiných vodních živočichů (přesné množství a velikost) v jednotlivých nádržích nebo systémech, což výrazným způsobem usnadňuje plánování jejich prodeje. Při provozu RAS s řízeným světelným a teplotním režimem je také možné stimulovat generační ryby různých druhů k tzv. mimosezónním výtěrům, což znamená, že chovatel je schopný rozmnožovat daný druh kontinuálně v průběhu celého roku (Kouřil a kol., 2008a; Policar a kol., 2014, 2015a; Vachta a kol., 2015).

Recirkulační systémy se vyznačují vysokou produkcí živočichů na jednotku plochy či objemu se současnou vysokou hustotou chovaných jedinců, kteří jsou krměni umělými peletovanými krmivy, což zajišťuje vysokou produktivitu práce. Živočichové chování v těchto zařízeních jsou chráněni před rybožravými predátory, pytláky a nevhodnými podmínkami prostředí, jako jsou např.:

kyslíkové deficity, extrémní hodnoty pH vody, období sucha či záplavy. Na druhé straně recirkulační systémy vyžadují relativně vysoké kapitálové (investiční), a ve většině případů i vysoké provozní náklady. Ty souvisí zejména se spotřebou energie na oběh vody v systému, dodávky kyslíku a krmiv (Kouřil a kol., 2008a; Vachta a kol., 2015). Energetická náročnost jednotlivých RAS je závislá na jejich konstrukci (horizontální systémy poháněné pomocí tzv. airliftů, u kterých se k pohybu vody používá proudění vzduchu většinou odrážené od ponořené stěny či vertikální systémy poháněné čerpadly). V současné době by spotřeba elektrické energie na 1 kg vyprodukovaných tržních ryb neměla překročit úroveň 1,8–2,5 kWh. Z těchto důvodů se dnes využívají především horizontální systémy poháněné zmíněnými airlifty, které jsou energeticky úspornější (Kouřil a kol., 2008a; Vachta a kol., 2015; Junek, osobní sdělení, 2018).

Chovatelská technologie využívající RAS vyžaduje výrazně nižší spotřebu energie na ohřev vody ve srovnání s průtočnými systémy pro chov teplomilných ryb v mírném pásmu a vyznačuje se vyšší odolností systému k náhlému přerušení dodávky tepla. Obecně se v ČR v minulosti významně řešila otázka nákladů na ohřev RAS, kdy potencionální chovatelé měli velké obavy z těchto provozních nákladů. V současnosti, i vzhledem ke globálnímu oteplování, není spotřeba energie na vytápění nejvýznamnějším produkčním nákladem, který by výrazně ovlivňoval rentabilitu daného chovu. Naopak nejvýznamnějšími provozními náklady jsou: osobní náklady na kvalifikovanou a zodpovědnou obsluhu, náklady na nasadový materiál, odpisy investic, spotřeba energie na oběh vody v systému a spotřeba kyslíku a krmiv (Polícar, nepublikovaná data).

Tyto systémy intenzivního chovu ryb a jiných vodních živočichů nejsou vzhledem k vysoké koncentraci chovaných jedinců náročné na zastavěné plochy pozemku. V budoucnosti bude pravděpodobně možné RAS stavět nedaleko nebo přímo v lidských aglomeracích, tj. blízko potencionálním zákazníkům, a kombinovat je efektivně s pěstováním rostlin, tzv. akvaponií. Tím dojde k lepšímu zpeněžení kvalitní a čerstvé produkce, která nebude ke konečnému zákazníkovi transportována na velké vzdálenosti (Mráz a Dovalil, 2015).

Vzhledem k vyšší technologické, chovatelské, energetické a ekonomické náročnosti provozu systémů vůči konvenčním akvakulturám se technologie RAS využívá k produkci tržních ryb cenných a na chov náročnějších druhů, které vyžadují speciální chovatelské úkony či úpravu prostředí, jako je např. pravidelné třídění (všechny dravé druhy ryb), speciální světelný režim na začátku odchovu (lipan podhorní – *Thymallus thymallus*), vyšší a konstantní teplotu (22–28 °C) vody (candát obecný – *Sander lucioperca*, okoun říční – *Perca fluviatilis*, sumec velký – *Silurus glanis*, keříčkovec červenolemý = sumeček africký – *Clarias gariepinus*, okounek pstruhový – *Micropterus salmoides*, různé



## PROVOZNÍ MANUÁL SLOUŽÍCÍ K EFEKTIVNÍMU PROVOZU INTENZIVNÍ AKVAKULTURY VYUŽÍVAJÍCÍ RAS

druhy tlamounů = tilápií rodu *Oreochromis* či jeseterů rodu *Acipenser* a úhoř říční, *Anguilla anguilla*), nižší a konstantní teplotu (16–20 °C) vody (pstruh duhový – *Oncorhynchus mykiss*, siven americký – *Salvelinus fontinalis*, a mník jednovousý – *Lota lota*) a vyšší obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě na úrovni 100 % (většina zmíněných druhů). Tyto druhy se také následně prodávají s vyšší realizovanou tržní cenou a jejich poptávka většinou v současnosti v ČR i celé Evropě převyšuje nabídku (Kouřil a kol., 2008a; Policar a kol., 2015a; Vachta a kol., 2015).

Další možností je využívání těchto systémů v kombinaci s rybničním chovem (např. u candáta obecného, okouna říčního, parmy obecné – *Barbus barbus*, okounka pstruhového a dalších), kdy se larvy a juvenilní ryby do stadia rychleného či podzimního plůdku odchovávají v rybnících a následně se adaptují a odchovávají v RAS (Policar a kol., 2009a,b, 2014; Stejskal a kol., 2010).

Recirkulační systémy jsou také vhodné pro chov generačních ryb různých druhů ryb (pstruh duhový, okoun říční, candát obecný, parma obecná a další) s cílem získávat kvalitní generační materiál pro sezónní či mimosezónní výtěry (Policar a kol., 2010, 2011, 2015a; Kouřil a kol., 2011).

### 2. CÍL

Cílem této certifikované metodiky je detailně popsat jednotlivé technologické části a provozní činnosti konkrétního intenzivního chovu ryb využívajícího RAS technologii. Vedle tohoto popisu je v této publikaci detailně vysvětlena správná funkce a současně nutná obsluha a údržba dané RAS technologie z hlediska každodenního, týdenního či dlouhodobého hlediska. Smyslem metodiky je popsat čtenářům jednotlivé technologické komponenty a úkony, které souhrnně vedou k efektivnímu využití kapacity intenzivní akvakultury využívající RAS. Cílem je dosáhnout kvalitní, rentabilní a kontinuální produkce ryb při zajištění welfare ryb chovaných v optimálních podmínkách prostředí. Tato metodika může sloužit k podpoře rozšíření RAS technologie v České republice nebo může napomoci chovatelům, kteří už recirkulační systémy provozují. Technologie intenzivních chovů ryb je totiž v současné době v ČR poměrně významně finančně podporována z prostředků OP Rybářství.

### 3. DETAILNÍ POPIS VYBRANÉ RAS TECHNOLOGIE

#### 3.1. Obecná charakteristika systému

Z důvodu utajovaného know-how jednotlivých vlastníků komerčních RAS provozovaných v současnosti v ČR nebylo možné do této publikace zahrnout popis některého komerčního systému. Proto je v této publikaci popisován experimentální poloprovozní horizontální RAS Fakulty rybářství a ochrany vod Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (FROV JU). Popisovaný systém byl postaven na přelomu roku 2014 a 2015 za 5,5 miliónu Kč s DPH, a to včetně nákladů na stavbu haly (Obr. 1) a pořízení veškeré chovatelské technologie (Obr. 2). Chovatelská technologie je používána k poloprovozním experimentům a intenzivnímu chovu juvenilních ryb candáta obecného, okounka pstruhového a generačních ryb parmy obecné. Ročně je v hale odchováno přibližně 80 000 ks juvenilního candáta plně adaptovaného na RAS včetně příjmu peletovaného krmiva. Výsledky těchto činností pokrývají veškeré roční provozní náklady zmíněné haly na úrovni cca 1,2–1,4 miliónu Kč s DPH zahrnující také odpisy.



**Obr. 1.** Pohled na experimentální rybochovnou halu FROV JU, kde se provozují dva popisované RAS (Foto: J. Hampl).

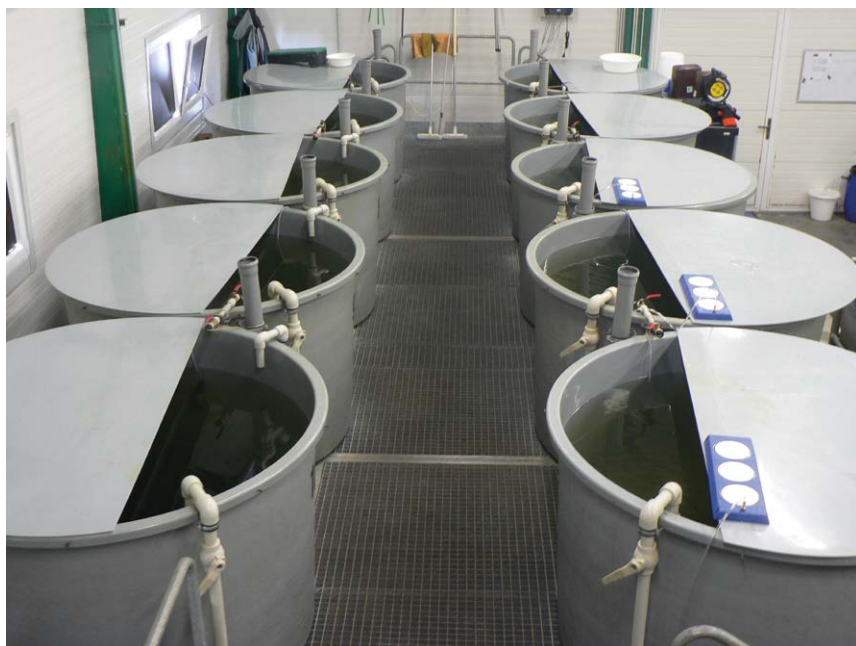
## PROVOZNÍ MANUÁL SLOUŽÍCÍ K EFEKTIVNÍMU PROVOZU INTENZIVNÍ AKVAKULTURY VYUŽÍVAJÍCÍ RAS



**Obr. 2.** Celkový pohled na chovatelskou technologii dvou RAS uvnitř experimentální rybochovné haly FROV JU (Foto: J. Hampl).

Popisovaný RAS zahrnuje dva oddělené recirkulační systémy, které jsou z hlediska objemu vody a jednotlivých komponentů identické. Každý RAS se skládá z deseti 1 500litrových odchovných laminátových nádrží, které jsou do systému zapojeny ve dvou řadách po pěti nádržích. Mezi těmito nádržemi je manipulační lávka z pozinkované oceli (s pořizovací cenou 110 000 Kč s DPH), která je určena pro obsluhu systému (Obr. 3). Pod lávkou je zavěšeno přítokové potrubí zásobující odchovné nádrže vodou a zároveň odtokové potrubí odvádějící znečištěnou vodu směrem k mechanickému a biologickému filtru. Průtok vody systémem je koncipován tak, aby došlo k výměně vody v každé nádrži přibližně dvakrát za hodinu. Odtoková voda z odchovných nádrží teče gravitačně do mechanického mikrosítového bubnového filtru, kde dochází k odstranění nerozpuštěných látek (výkaly, zbytky krmiv a sedimenty). Tyto látky jsou následně vyplachovány z filtru do sedimentačního biologického rybníku o výměře 0,05 ha, jenž se nachází v těsné blízkosti haly. Z mechanického filtru přečištěná voda gravitačně přepadá do biologického filtru s pohyblivým ložem o objemu 14 600 litrů, kde probíhá nitrifikace a dochází k eliminaci rozpuštěného amoniaku přes dusitany. Finálním produktem celého procesu jsou méně toxické dusičnany. Cca 10–30 % takto vycištěné vody je denně po dobu 2–4 hodin (v závislosti na organickém zatížení vody) ošetřeno, a tím sterilizováno, ozonem produkovaným výrobníkem ozonu. Většina vycištěné vody z biologického filtru je nepřetržitě čerpána dvěma čerpadly do distribuční nádrže. Z této nádrže teče voda gravitací přes směšovač kyslíku zpět

do odchovných nádrží. Distribuční nádrž je vybavena ponorným peristaltickým čidlem, které hlídá hladinu vody v nádrži, a tím i průtok vody systémem. Vodu obou dvou recirkulačních systémů je možné obměňovat či doplňovat dvěma zdroji vody, a to konkrétně pitnou vodou z vodovodního řádu či vodou z místního průsaku. Při minimálním využívání systému je denně vyměněno 5% vody, naopak při intenzivním využití systému, kdy se na 1 000 litrů vody odchovává v průměru 65 kg juvenilního candáta, se v daných systémech denně vyměňuje 25% vody. Celá hala vyžaduje napojení na dostatečně dimenzovaný zdroj elektrické energie o příkonu 10–12 kW, který se využívá na činnost čerpadel, výrobniku ozonu, osvětlení, vzduchotechniky, vytápění vody v systémech a provzdušňování vody v biofiltrech. Elektrická energie, minimálně pro oběh vody v systému a syčení vody kyslíkem, musí být k dispozici neustále (i při výpadku elektrické energie z dodavatelské sítě). Z tohoto důvodu je činnost všech čerpadel obou popisovaných systémů napojena na záložní zdroj elektrické energie v podobě dieselagregátu o výkonu 4 kW.



**Obr. 3.** Detail odchovných nádrží s manipulační lávkou zapojených do jednoho RAS uvnitř experimentální rybochovné haly FROV JU (Foto: T. Polícar).

### 3.2. Odchovné nádrže

Nádrže mohou být různých tvarů (např. obdélníkové, oválné či kruhové) a z různých materiálů (např. polypropylen, laminát, nerezový plech, beton, bazénová folie). Při odchovu juvenilních ryb se nejčastěji využívají kruhové nádrže vyrobené z laminátu či polypropylenu, kde je možné lépe využít hydrodynamiky vody a samočištění nádrží (Kouřil a kol., 2008a; Vachta a kol., 2015). V popisovaném RAS jsou použity kruhové laminátové nádrže šedé barvy o objemu 1 500 litrů (Obr. 4). Nádrže mají konický tvar. Horní průměr nádrže (1 500 mm) se ke dnu nádrže postupně zužuje (až na 1 370 mm). Tím je podpořeno samočištění nádrží. Odchovné nádrže jsou hluboké 950 mm. Pořizovací cena jedné nádrže včetně stojanu byla 26 000 Kč s DPH.



**Obr. 4.** Odchovná nádrž o jednotném objemu 1 500 litrů s detailním pohledem na odchovávané juvenilní candáty, přítok a odtok vody, který je chráněn mřížkou zabraňující únik ryb z nádrže (Foto: T. Polícar).

Při odchovu ryb, které mají sklon k vyskakování z nádrží, je nutné odchovné nádrže zakrýt síťovinou nebo plastovým krytem. Kryt nádrží by měl ale umožnit obsluhu bez problému v průběhu dne sledovat odchovávané ryby.

U nádrží popisovaného systému se využívají plastové neprůhledné kryty, které zakrývají plochu nádrže jen ze 60 % (Obr. 3). Tím je snižována intenzita světla dopadající na hladinu vody na hodnotu cca 20–50 luxů. Snižovaná intenzita světla v nádrži je důležitá pro efektivní intenzivní odchov candáta obecného, mníka jednovousého či sumce velkého, aniž by musela být celá hala koncipována s minimálním osvětlením, neboť nižší osvětlení haly může být někdy velmi problematické pro obsluhu (Policar a kol., 2014, 2017). Naopak některé ryby (např. lososovité či kaprovité ryby) vyžadují pro svoji optimální fyziologii a rychlý růst delší světelný režim s vyšší intenzitou světla. V tomto případě se nádrže zakrývají síťovinou (Kouřil a kol., 2008b; Vachta a kol., 2015).

Přítok vyčištěné a dostatečně okysličené vody do odchovných nádrží je regulován pomocí kulového kohoutu přímo u vtoku do nádrže (Obr. 3). Protože přítékající voda je velmi často nasycena kyslíkem na úrovni 120–200 %, přítok vody do nádrže by měl být umístěn pod hladinou vody, aby nedocházelo ke ztrátě kyslíku z vody do ovzduší. Přítok vody by měl být nastaven tak, aby byl zajištěn kruhový pohyb vody v nádrži a byla podpořena samočisticí funkce odchovné nádrže. V tomto případě kruhový pohyb vody v nádrži pomáhá usměrňovat a usazovat exkrementy a nespotřebované krmivo směrem ke středu nádrže a k odtoku vody. Ovšem pro některé ryby (většinou ryby pomalu tekoucích či stojatých vod – např. candát obecný, sumec velký či sumeček africký) není silné proudění vody v nádrži vyhovující. Z tohoto důvodu je nutné přítok vody nastavit částečně proti stěně nádrže. Tím se rychlost proudění vody v nádrži zmírní. Odtok vody z odchovné nádrže daných systémů je situován ve středu dna nádrže. Nad odtokovou trubkou o průměru 125 mm je ve dně nádrže vyfrézovaná kruhová plocha o průměru 250 mm a výšce 30 mm. Do tohoto prostoru je vkládána perforovaná mřížka zabraňující úniku ryb z nádrže do systému. Tato mřížka má, s přihlédnutím k velikosti aktuálně odchovávaných ryb, různou velikost otvorů. Odtoková voda je svedena z nádrže do centrálního odtokového potrubí, které odvádí vodu gravitačně do mechanického filtru. Před mechanickým filtrem je na centrálním odtokovém potrubí umístěn kulový ventil, který umožňuje vodu z odchovných nádrží vypustit mimo systém do výše zmíněného sedimentačního rybníka. Toho se využívá při gravitačním vypouštění vody z nádrží při odstávce celého systému nebo při odkalování silně znečištěné vody z odchovných nádrží.

### 3.3. Mechanický mikrosítový bubnový filtr

---

Mechanický filtr (Obr. 5) slouží k odstranění hrubých nerozpuštěných látek (výkaly, nespotřebované krmivo či sedimenty), které přicházejí do filtru z odchovných nádrží odpadním potrubím a musí být ze systému rychle a efektivně odstraněny. Tyto nerozpuštěné látky zatěžují vodu v systému především organicky a mohou významně snížit její kvalitu a zhoršit welfare, popřípadě zdravotní stav ryb, a to především díky nežádoucímu namnožení patogenních bakterií v systému. Odstraněné odpadní látky mohou být po zahuštění dále využity při kompostování či hnojení rostlin nebo jako živiny v jiných akvakulturních systémech (Mráz a Dovalil, 2015; Kouba, 2017, 2018).

Mechanický filtr (pořízovací cena 286 600 Kč s DPH) s filtrační plochou 0,728 m<sup>2</sup> a maximálním průtokem 28 800 litrů za hodinu je v popisovaném systému umístěn pod úrovní odtoku vody z odchovných nádrží (Obr. 5). Voda tak odtéká z nádrží do filtru gravitačně bez nutnosti ji složitě čerpat. Nepochází tak k rozmělnění nerozpuštěných látek a snižování efektivity mechanické filtrace. Dále toto řešení umožňuje nenavyšovat energetické, a tím i finanční provozní náklady. Před mechanickým filtrem je v popsáném systému na odpadním potrubí nainstalován kohout, který umožňuje obsluze zastavit přítok silně znečištěné vody do filtru a odkalit tuto vodu mimo systém do sedimentačního rybníku.

Mechanický filtr představuje z konstrukčního hlediska nerezovou vanu v podobě kvádrů s víkem, do které je na řemenicích podélně uložen válec potažený jemným sítím z plastu nebo tkaninou (uhelonom). Tato síť jsou vyměnitelná. To umožňuje v daném filtru používat síťovinu o velikosti ok od 60 do 200 μm v závislosti na organickém zatížení daného systému. Dvorníť tohoto válce teče voda z nádrží, která protéká skrz otvory v síti. Na síti se postupně usazují nerozpuštěné látky a vyčištěná voda dál gravitačně odtéká do biologického filtru. Jakmile se propustnost síti vlivem usazování nerozpuštěných látek sníží, hladina vody ve vaně mechanického filtru začne stoupat. Nainstalované čidlo snímající výšku hladiny po dosažení nastavené hodnoty sepne a spustí čištění filtru, které je založeno na otáčení bubnového filtru a sprchování vnější strany síti bubnu čistou vodou. Nečistoty ze síti bubnového filtru jsou postupně splachovány do koryta, které je umístěno podél bubnu těsně pod jeho vrcholem. Z tohoto koryta je voda s nečistotami odváděna mimo systém do sedimentačního rybníku. Jakmile se síť vyčistí, klesne hladina vody ve vaně filtru a sonda vypne rotaci bubnu a jeho čištění. Velikost ok síti mechanického bubnu ovlivňuje preciznost filtrace. Čím je velikost ok menší, tím je síť hustější, a voda je lépe mechanicky vyčištěna a naopak. Ovšem při čištění filtru a odstraňování nerozpuštěných látek ze

systemu dochází zároveň k úniku vody ze systému. Z tohoto důvodu obsluha systému musí najít kompromis mezi udržovanou čistotou vody (zákalem vody) a ztrátou vody ze systému, která je způsobena právě čištěním síta mechanického filtru.



**Obr. 5.** Odkrytý mechanický mikrosítový bubnový filtr (Foto: J. Hampf).

### 3.4. Biologický filtr s pohyblivým ložem

Popisovaný horizontální RAS využívá biologický filtr s pohyblivým ložem o objemu 14 600 litrů (Obr. 6). Biologický filtr je tvořen z obdélníkové nádrže o rozměrech 5,5 x 1,9 x 1,4 m, ve které je na dně vložen a připevněn provzdušňovací rošt. Tento rošt je napojen na 2 vzduchová dmychadla s příkonem 300 W a pořizovací cenou 40 000 Kč s DPH za obě. Každé z těchto dmychadel do roštu dodává vzduch v množství 15 000 litrů za hodinu. Rošt pak vzduch rovnoměrně rozptyluje po celé ploše biologického filtru. Tím dochází k prokysličování a současně k pohybu vloženého filtračního média. Filtrační médium (Obr. 7) má velkou povrchovou plochu ( $790 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$ ) a zabírá cca 40–60 % objemu biologického filtru.

Zmíněné provzdušňování a neustálý pohyb filtračního média je společně s kontinuálním přísunem živin (především amoniaku), teplotou vody 20–25 °C a optimálním pH (kolem 7) vhodným prostředím pro efektivní průběh nitrifikace (Masser a kol., 1992; Bregnballe, 2010; Kouřil a kol., 2008a; Vachta



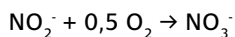
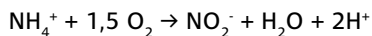
## PROVOZNÍ MANUÁL SLOUŽÍCÍ K EFEKTIVNÍMU PROVOZU INTENZIVNÍ AKVAKULTURY VYUŽÍVAJÍCÍ RAS

a kol., 2015). Proces nitrifikace je nejdůležitějším procesem biologické filtrace (čištění) vody v RAS. Jeho efektivita ovlivňuje kvalitu vody v systému z hlediska rozpuštěných látek (především koncentraci amoniaku, dusitanů a následně také dusičnanů). Je tedy možné konstatovat, že proces nitrifikace významným způsobem ovlivňuje kvalitu vodního prostředí pro intenzivní chov ryb či jiných vodních živočichů v RAS. Z tohoto vyplývá, že obsluha RAS se musí vedle péče o chované ryby také velmi pečlivě starat o biologický filtr a snažit se v něm neustále udržovat optimální podmínky z pohledu procesu nitrifikace.



**Obr. 6.** Biologický filtr s pohyblivým ložem (Foto: J. Hampf).

Obecně je nitrifikace dvojstupňový proces, kdy se v prvním stupni oxidují amonné ionty na dusitany díky bakteriím rodu *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira*, *Nitrosolobus* a *Nitrosovibrio*. V druhém stupni se dusitany oxidují na dusičnany pomocí bakterií rodu *Nitrosococcus*, *Nitrobacter*, *Nitrospira* a *Nitrospina*. První proces se nazývá nitritace a druhý pak nitratice. Tyto zmíněné procesy probíhají podle níže uvedených chemických rovnic (Kouřil a kol., 2008a; Vachta a kol., 2015; Policar a kol., 2018a):



V průběhu obou stupňů nitrifikace dochází k poměrně velké spotřebě kyslíku, která souhrnně činí 4,57 gramů kyslíku na 1 gram amoniakálního dusíku ( $\text{N-NH}_4^+$ ). Z tohoto důvodu proces nitrifikace probíhá pouze v aerobních podmínkách s dostatkem kyslíku, který umožňuje průběh zmíněných oxidačních procesů (Masser a kol., 1992; Bregnballe, 2010; Kouřil a kol., 2008a; Vachta a kol., 2015; Polícar a kol., 2018a).



**Obr. 7.** *Plastové filtrační médium tvořící náplň biologického filtru (Foto: T. Polícar).*

Popsaný nitrifikační proces začne probíhat v nových nebo asanovaných biologických filtrech efektivně až cca 14 dní po rozběhnutí a počátečním zatížení systému nižší obsádkou ryb. V období zabíhání filtru jsou ryby krmeny s nižší intenzitou nebo s vyšší výměnou vody v systému. Cílem je eliminovat výskyt amoniaku ve vodě. V tomto období, kdy probíhá nitrifikace nedostatečně, dochází ve vodě ke zvyšování obsahu rozpuštěného amoniaku a současně ke zvyšování pH (nad 7,5). To způsobuje zvýšenou toxicitu amoniaku ve vodním prostředí. Z tohoto důvodu musíme do RAS dodávat denně po dobu 2–5 dní jedlý ocet (8% kyselina octová) v doporučené dávce cca 1–2 litry octa na 1–3 000 litrů vody v závislosti na zatížení systému. Snižujeme tak pH pod 7

## PROVOZNÍ MANUÁL SLOUŽÍCÍ K EFEKTIVNÍMU PROVOZU INTENZIVNÍ AKVAKULTURY VYUŽÍVAJÍCÍ RAS

a současně tímto způsobem dodáváme do vody organický uhlík (substrát), který potřebují rozvíjející se nitrifikační bakterie jako zdroj energie. Optimálním vodním prostředím pro tyto bakterie je voda se správným poměrem důležitých živin (C : N : P na hodnotě 100 : 7 : 1). Zmíněné 14denní období označujeme v produkčním rybářství jako tzv. fázi nabíhání biologických filtrů. Její přesná délka je dána generačním intervalem nitrifikačních bakterií. Nasazené bakterie se v rozběhnutém RAS potřebují udržet a rozmnožit na dostatečnou hustotu. Teprve dostatečná hustota bakterií dokáže následně odstranit amoniak v daném systému (Kouřil a kol., 2008a; Vachta a kol., 2015). Pro rychlé a efektivní naběhnutí biologické filtrace je vhodné použít živé startovací bakterie (např. přípravek Bacto Gel) v dávce 1 litr přípravku na 20–50 000 litrů vody v závislosti na zatížení. Tyto bakteriální startovací kultury se aplikují přímo do biologického filtru s následným dostatečným zatížením vody amoniakem v podobě kontinuálně dodávaného chloridu amonného. Další možností je přidat startovací bakteriální kultury do systému s nižší obsádkou ryb, v kombinaci s nižší počáteční krmnou dávkou, a naopak vyšší výměnou vody. Aplikace jedlého octa a startovacích kultur bakterií může významným způsobem zkrátit období nabíhání biologických filtrů v RAS a současně v tomto období ochránit ryby před toxickým působením amoniaku rozpuštěného ve vodě.

Výsledným produktem nitrifikačního procesu jsou dusičnany, které jsou pro ryby méně toxické. Ovšem při koncentraci dusičnanů převyšující 100 mg.l<sup>-1</sup> dochází u většiny chovaných ryb k výraznému snížení růstu, a tím i celkové produkce (Kouřil a kol., 2008a; Vachta a kol., 2015). Proto je nutné dusičnany z RAS také odstraňovat. K tomu existují tři způsoby. **Prvním** a nejjednodušším způsobem je výměna vody. Zde platí zásada, že abychom udrželi dusičnany pod hranicí 100 mg.l<sup>-1</sup>, je nutné na 1 kg zkrmeného krmiva vyměnit 300 litrů vody (Warrer-Hensen, osobní sdělení, 2015). **Druhou metodou** rozkladu dusičnanů na plynný dusík je využití denitrifikace, která probíhá bez přítomnosti volného kyslíku rozpuštěného ve vodě (anoxických podmínkách), avšak s přítomností snadno rozložitelného substrátu (organické látky). Interním zdrojem substrátu mohou být kaly vznikající při provozu RAS. Jako externí zdroj jsou pak využívány rozložitelné substráty neobsahující dusík, např.: metanol, etanol, melasa, acetáty či glycerin. Denitrifikaci zajišťují heterotrofní bakterie z rodu *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Thiobacillus*, *Micrococcus* či *Paracoccus*. Tento proces je technologicky složitější, investičně nákladnější, avšak zároveň nejpoužívanější metodou odstraňování dusičnanů (Kouřil a kol., 2008a; Vachta a kol., 2015; Policar a kol., 2018a). **Třetí metodou** pro odstranění dusičnanů z vody v RAS je využití tzv. akvaponických systémů, kde dochází ke kombinaci chovu ryb a pěstování různých rostlin využívajících dusičnany jako zdroj dusíkatých živin pro svůj růst (Mráz a Dovalil, 2015).

### 3.5. Čerpadla

V každém z popisovaných RAS jsou v biologickém filtru ponořena tři kalová čerpadla. Čerpadla jsou uložena a chráněna v perforované plastové trubce, aby nedocházelo k nasátí plastového média z biologického filtru. Každý systém je vybaven dvěma velkými čerpadly (s maximálním průtokem  $22,8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , příkonem 700 W a pořizovací cenou za jeden kus 7 000 Kč s DPH) a jedním malým čerpadlem (s maximálním průtokem  $14,4 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , příkonem 400 W a pořizovací cenou 6 000 Kč s DPH) (Obr. 8). To umožňuje zvyšovat či snižovat průtok systémem v závislosti na jeho zatížení nebo na aktuálním využití ozonu v systému (čerpadlo ozonu totiž také podporuje přítok vody do nádrží). Tato čerpadla jsou v popisovaném systému využita z důvodu umístění distribuční nádrže v systému, která ve výšce cca 4 metry nad podlahou haly rozděluje vodu gravitační silou do směšovače kyslíku a následně do odchovných nádrží. Tento systém je jakousi kombinací mezi horizontálním a vertikálním RAS, kterého se využívá z důvodu velmi časté manipulace s průtoky vody v systému a připojování či odpojování odchovných nádrží ze systému. V běžných komerčních provozech RAS se využívají především tlaková čerpadla s frekvenčním měničem, který dokáže řídit a regulovat průtok vody v systémech. Jak již bylo zmíněno výše, činnost všech čerpadel je zálohovaná záložním zdrojem elektrické energie, protože je nezbytné, aby čerpadla v systému bezpečně pracovala i při výpadku elektrického proudu v dodavatelské síti.

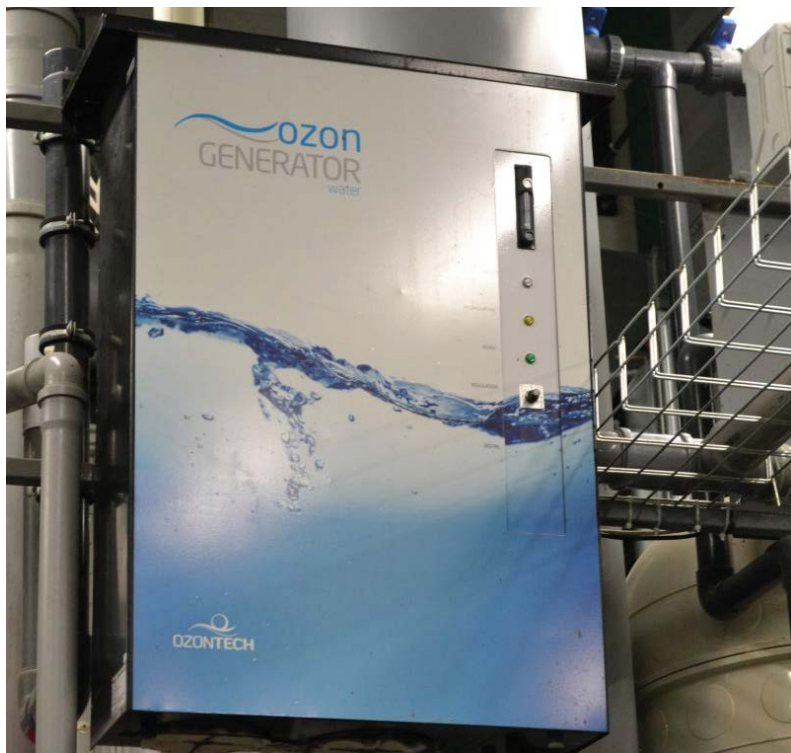


**Obr. 8.** Malé kalové čerpadlo před instalací do biologického filtru (Foto: T. Polícar).

### 3.6. Výrobník ozonu

---

Po mechanické a biologické filtraci se k periodické dezinfekci cca 30 % objemu vody (po dobu 2–4 hodin denně v závislosti na zatížení) používá ozon. Ozon (trojmocný kyslík,  $O_3$ ) je modrý a nestálý plyn charakteristického zápachu s mimořádně silnými oxidačními účinky. Tato látka a její radikály velice spolehlivě usmrcuje četné patogeny, které se mohou v systému vyskytnout a mají negativní vliv na chov vodních živočichů (Davidson a kol., 2011). Současně ozon oxiduje organické zatížení vody a zvyšuje její průhlednost (Bullock a kol., 1997). Na druhé straně zbytkový ozon může být toxický pro chované ryby v nádržích či zdravotně nebezpečný pro obsluhu. Z těchto důvodů je důležité využívat tuto látku striktně v místech, kde je to technologicky určeno. Následně musí být ozon rozložen na dvojmocný kyslík působením vyšší teploty, tlakem, UV zářením nebo je absorbován aktivním uhlím (Kouřil a kol., 2008a; Vachta a kol., 2015). Ozon se na místě provozu obou popisovaných RAS vyrábí pomocí generátoru ozonu (Obr. 9) ze vzduchu bez prachu a oleje s maximálním výkonem 10 g ozonu za 1 hodinu při průtoku vzduchu 4–10 litrů za minutu. Ozon z generátoru je pod tlakem maximálně 40 kPa při maximální pracovní teplotě 40 °C a relativní vlhkosti vzduchu 80 % přiváděn přes regulační ventil, barometr a zpětný ventil do injektoru. Injektor pracuje na principu Venturiho trubice. Tímto injektorem protéká voda, která je nasávána pomocí čerpadla (s maximálním průtokem  $18 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  a příkonem 750 W) z biologických filtrů. Zde dochází k ošetření (sterilizaci) vody ozonem. Následně takto upravená voda protéká filtrem, který je naplněn jemným pískem nebo aktivním uhlím. Zde pak dochází k odbourání zbytkového ozonu ve vodě. Tímto dochází k zabránění vniknutí zbytkového ozonu do distribuční nádrže, následně do potrubí a poté do odchovných nádrží. Vyšší koncentrace zbytkového ozonu v odchovných nádržích by mohla totiž způsobit masové úhyny ryb nebo jejich poškození – především popálení či morfologické deformace žaber (Policar a kol., 2018b). Popsaný systém produkce a využití ozonu je v této experimentální rybochovné hale používán periodicky. Z tohoto důvodu je zde provozován jen jeden systém, využívající ozonizaci, střídavě pro první a druhý RAS. Tímto způsobem došlo v dané hale k úspoře investičních nákladů na úrovni 220 tisíc Kč s DPH, které se rovnají pořízení a provozování jednoho systému ozonu.



**Obr. 9.** Výrobek ozonu využívaný pro oba provozované RAS (Foto: J. Hampf).

### 3.7. Distribuční nádrž

Distribuční nádrž (Obr. 10) je umístěna nejvýše ze všech technologických prvků popisovaného systému. Do nádrže je čerpána voda z čerpadel umístěných v biologickém filtru, případně z čerpadla, které tlačí vodu přes sterilizaci ozonem. Nádrž je vyrobena z plastové trubky o průměru 600 mm a výšce 2 500 mm.

Nádrž je napojena na potrubí přítokové vody, která jde přes směšovač kyslíku do odchovných nádrží. Dále je nádrž vybavena přepadem vody, který odvádí přebytečnou načerpanou vodu zpět do biologického filtru. Snahou je seřadit průtok vody v systému tak, aby nedocházelo k žádnému nebo jen minimálnímu přepadu vody v tomto bodě, jelikož touto činností dochází ke ztrátě a plýtvání energií. Distribuční nádrž je dále vybavena ponorným peristaltickým čidlem, které hlídá hladinu vody v nádrži, a tím i průtok vody systémem. Jakmile poklesne hladina vody v distribuční nádrži, dojde k snížení tlaku vodního



## PROVOZNÍ MANUÁL SLOUŽÍCÍ K EFEKTIVNÍMU PROVOZU INTENZIVNÍ AKVAKULTURY VYUŽÍVAJÍCÍ RAS

sloupce na nainstalované čidlo. To okamžitě odesílá impuls, který přes GSM bránu pošle informaci obsluze o vzniklém problému s průtokem vody. Tímto je správná činnost systému nepřetržitě hlídána, což zaručuje relativně bezpečný provoz tohoto RAS.



**Obr. 10.** Pohled na distribuční nádrže obou provozovaných RAS (Foto: J. Hampl).

---

### 3.8. Směšovač vody s kyslíkem

---

Obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě je vedle teploty vody jedním z nejvýznamnějších faktorů ovlivňující intenzitu metabolismu, růst a produkci ryb (Velíšek a kol., 2014). K nedostatku kyslíku jsou vnímavé všechny druhy a kategorie ryb (Čítek a kol., 1997; Svobodová a kol., 2007). Stupeň vnímavosti však může být různý v závislosti na druhu ryb, jejich vývojovém stadiu (oplozené jikry, larvy, juvenilní a dospělí jedinci) a jejich probíhajících životních pochodech (krmení, období růstu nebo reprodukce; Velíšek a kol., 2014) a také na hustotě chovaných ryb na jednotku objemu vody (Kouřil a kol., 2008a; Vachta a kol., 2015). Obsah kyslíku ve vodě je také velmi důležitý pro růst a metabolismus nitrifikačních bakterií, a tím i efektivitu biologické filtrace. V intenzivní akvakultuře není možné udržovat a kontrolovat optimální obsah kyslíku jen v odchovných nádržích, ale také v biologických filtrech. Bez tohoto přístupu není možné dlouhodobě v RAS udržovat optimální kvalitu vody pro chov ryb. Teplota vody společně s organickým znečištěním významně ovlivňuje obsah kyslíku rozpuštěného ve vodě (Svobodová a kol., 2007). Platí pravidlo, že čím vyšší je teplota vody, tím nižší je rozpustnost kyslíku ve vodě a naopak. Vedle teploty vody je obsah kyslíku ve vodě ovlivňován nadmořskou výškou

a atmosférickým tlakem. Čím vyšší je nadmořská výška a nižší atmosférický tlak (např. stavy před bouřkou), tím je nižší rozpustnost kyslíku (ale i jiných plynů) ve vodě (Tab. 1; Kouřil a kol., 2008a). Vyšší teplota vody dále vede k vyšší spotřebě kyslíku chovanými rybami především po nakrmení, kdy ryby současně také produkují velké množství amoniaku a oxidu uhličitého. Vyšší spotřeba kyslíku je také samozřejmě způsobena vyšší hustotou chovaných ryb v nádržích (Kouřil a kol., 2008a; Vachta a kol., 2015). Z tohoto vyplývá, že v rámci intenzivní akvakultury je nutné úzkostlivě kontrolovat obsah kyslíku rozpuštěného ve vodě ve zmíněných částech RAS a kontinuálně vodu v RAS kyslíkem obohacovat pomocí směšovače. Směšovač vody s kyslíkem díky vyššímu tlaku cca 0,3–2 barů a přítoku vody z horní části směšovače velmi efektivně mísí vodu s kyslíkem. Kyslík je do směšovače přiváděn přes stěnu těla směšovače. Ve směšovači tak vzniká směs vody a kyslíku, kdy nasycení vody kyslíkem může dosáhnout i více jak 200 %. V intenzivní akvakultuře udržujeme obsah rozpuštěného kyslíku v odchovné nádrži na úrovni 100 %. Není vhodné dlouhodobě udržovat obsah rozpuštěného kyslíku nad 100 %. Tato praxe zhoršuje ekonomiku chovu, jelikož vyšší provozní náklady způsobené vyšší spotřebou kyslíku nepřinášejí žádný zisk. V těchto podmínkách nedochází totiž k vyšší produkci (přírůstkům) chovaných ryb. V intenzivní akvakultuře může díky využití čistého kyslíku k okysličování vody dojít k výskytu vysokých koncentrací rozpuštěného kyslíku ve vodě (tzv. hypersaturací), a to až na úrovni 250–300 %. Tento stav je velmi nebezpečný pro chované ryby, jelikož u nich může dojít k plynové embolii, k poškození žaberního aparátu a následně k zaplínění a úhynu (Svobodová a kol., 2007).

**Tab. 1.** Obsah kyslíku ( $\text{mg.l}^{-1}$ ) ve vodě při rovnovážném 100% nasycení při rozdílné teplotě vody a nadmořské výšce při atmosférickém tlaku na hladině moře 101,3 kPa (upraveno podle Kouřil a kol., 2008a).

Teplota vody ( $^{\circ}\text{C}$ )	Rovnovážné 100% nasycení v 0 m nadmořské výšce (kyslík $\text{mg.l}^{-1}$ )	Rovnovážné 100% nasycení v 500 m nadmořské výšce (kyslík $\text{mg.l}^{-1}$ )
1	14,25	13,41
4	13,13	12,32
10	11,27	10,70
15	10,03	9,41
20	9,02	8,78
25	8,18	7,70

Voda v popisovaném RAS, která prochází přes distribuční nádrž, obsahuje malé množství rozpuštěného kyslíku, který byl spotřebován rybami v odchovných nádržích a následně nitrifikací. Proto je nutné uměle přidat kyslík



## PROVOZNÍ MANUÁL SLOUŽÍCÍ K EFEKTIVNÍMU PROVOZU INTENZIVNÍ AKVAKULTURY VYUŽÍVAJÍCÍ RAS

do vody, která opětovně poteče do odchovných nádrží s rybami jako přítoková voda. K tomu dochází díky zmíněnému směšovači vody s kyslíkem. V každém popisovaném RAS se používá jeden kónický kuželovitý směšovač vody s kyslíkem s průtokem vody  $30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , o výšce 1 720 mm, průměru 600 mm, objemu  $0,169 \text{ m}^3$  a provozním tlaku 1,5 baru (Obr. 11).



**Obr. 11.** Směšovač vody s kyslíkem využívaný v každé RAS (Foto: J. Hampl).

Tento směšovač je napojen na rozvod vyčištěné a vydezinfikované vody, která teče gravitačně z distribuční nádrže, pomocí speciální odbočky. To znamená, že veškerá voda, která teče do odchovných nádrží, nemusí neprotékat směšovačem kyslíku. Průtok vody směšovačem je závislý na potřebě sycení vody kyslíkem. Čím více je nutné obohacovat vodu kyslíkem, tím je nastaven vyšší průtok vody směšovačem a naopak. Do směšovače vody s kyslíkem je přiváděn čistý plynný kyslík pomocí nerezového potrubí, které je ukončeno plovákovým průtokoměrem a redukčním ventilem kyslíku (Obr. 12). Díky průtokoměru kyslíku je možné regulovat množství kyslíku, které je dodáváno do směšovače. Čím více je třeba kyslíku ve směšovači, tím více kyslíku musí

protékat průtokoměrem. V tomto případě musí obsluha RAS otevřít více průtokoměrů a naopak.



**Obr. 12.** Plovákové průtokoměry kyslíku s redukčním ventilem, které regulují průtok kyslíku směšovačem (Foto: J. Hampf).

Zdrojem kyslíku obou popisovaných systémů je kapalný hluboce zmrazený kyslík, který je přivážen v pravidelných dvoutýdenních až měsíčních intervalech dodavatelskou firmou (v závislosti na spotřebě kyslíku při intenzivním chovu). Kyslík je skladován v POS nádrži o objemu 600 litrů (Obr. 13) nedaleko experimentální rybochovné haly. Tato nádrž je napojena na redukční stanici TLS O22 (Obr. 14), z které je již plyný kyslík dopravován nerezovým potrubím až ke zmíněnému průtokoměru umístěného v hale.

## PROVOZNÍ MANUÁL SLOUŽÍCÍ K EFEKTIVNÍMU PROVOZU INTENZIVNÍ AKVAKULTURY VYUŽÍVAJÍCÍ RAS



**Obr. 13.** POS nádrž o objemu 600 litrů na skladování hluboce zmrazeného kyslíku, který slouží jako zdroj plynného kyslíku využívaného v intenzivním chovu ryb (Foto: T. Polícar).



**Obr. 14.** Redukční stanice TLS O22, která slouží k transformaci hluboce zmrazeného kyslíku na plynný kyslík (Foto: T. Polícar).

### 3.9. Ohřev a monitoring teploty vody

Voda v popisovaném RAS a vzduch (přes klimatizaci) v celé hale jsou ohřívány nezávisle na sobě elektrickým kotlem o rozměrech 740 x 410 x 310 mm, hmotnosti 34 kg, pracovním elektrickým proudem maximálně 3 x 43 A a příkonem 28 kW (Obr. 15). Voda je ohřívána pomocí tzv. trubky v trubce. Větší vnější trubkou protéká užitková teplá voda ohřívána elektrokotlem a menší vnitřní trubkou protéká voda, která je nasávaná z biologických filtrů. Vnější trubka je obalena tepelnou izolací, aby se zabránilo úniku tepla do okolí. V biologických filtrech je nainstalované teplotní čidlo, které snímá aktuální teplotu vody v daném RAS. Informace z čidla jde do rozvodné skříně (Obr. 15) a informuje termostat (Obr. 16), na kterém je možné nastavit požadovanou aktuální teplotu vody v systémech či vzduchu v hale. Než je teplota vody či vzduchu dosažena, elektrický kotel topí a zvyšuje teplotu na potřebné parametry. Když je teplota dosažena, dojde k automatickému vypnutí ohřevu vody či vzduchu kotlem. V popisovaných RAS není možné vodu či vzduch chladit a snižovat aktuální teplotu vody či vzduchu. To je v posledních letech problém, jelikož se teplota vody v letním období zvyšuje až na 25 °C. Tato teplota vody vyhovuje bez problémů teplomilným druhům ryb, jako je okoun říční, candát obecný, okounek pstruhový, sumeček africký či sumec velký, ale je absolutně nevhodná pro studenomilné druhy, jako je mník jednovousý a lososovité ryby.



**Obr. 15.** Elektrický kotel na ohřev vody a rozvodná skříně s termostatem (Foto: J. Hampel).

## PROVOZNÍ MANUÁL SLOUŽÍCÍ K EFEKTIVNÍMU PROVOZU INTENZIVNÍ AKVAKULTURY VYUŽÍVAJÍCÍ RAS



**Obr. 16.** Displeje jednotlivých termostatů teploty vody RAS a teploty vzduchu experimentální rybochovné haly (Foto: J. Hampf).

---

### 3.10. Klimatizace haly

---

V experimentální rybochovné hale je v horních částech haly u stropu umístěna klimatizace (Obr. 17), která je temperovaná stejným elektrickým kotlem jako voda v RAS. Tato klimatizace se využívá za předpokladu, že teplota vody některého ze systémů je vyšší než teplota vzduchu v hale. V tomto případě v hale dochází k výraznému odparu vody ze systémů, a tím se zvyšuje vzdušná vlhkost v hale. Cílem je v hale udržovat nižší hodnoty vlhkosti v maximálním rozmezí 70–80 % zaručující minimální korozi kovové konstrukce stavby a chovatelské technologie. Je tedy důležité v hale udržovat teplotu vzduchu o 1–2 °C vyšší, než je teplota vody v provozovaných systémech. Klimatizace se v hale v průběhu 3,5 let používala jen minimálně, a to především v zimních obdobích, kdy teplota vzduchu v hale bývá nižší a musí se klimatizací ohřívát. Obecně se domníváme, že klimatizace není klíčovým a nezbytným komponentem technologie intenzivní akvakultury využívající RAS. Většina chovů se může bez klimatizace bez problému obejít, a tím ušetřit investici ve výši cca 500 000 Kč s DPH.





**Obr. 17.** Klimatizace s elektrickým kotlem, který je využíván k udržování nízké vzdušné vlhkosti a optimální teplotě vzduchu v experimentální rybochovné hale (Foto: T. Polícar).

#### 4. PRAVIDELNÁ OBSLUHA A ÚDRŽBA RAS

Z hlediska bezpečného a efektivního provozu RAS, chovu a produkce ryb intenzivním způsobem je nutné realizovat v pravidelných intervalech (v několikahodinových, denních, týdenních, měsíčních, případně ještě delších) kontrolu, obsluhu a údržbu jednotlivých technologických komponentů systému. Činnosti, které je nutné provádět, je možné rozdělit na **úkony chovatelské** (zabývající se rybami – pozorování chování ryb, sběr a záznam uhynulých ryb, krmení, třídění, kontrola zdravotního stavu a popřípadě léčba ryb), **úkony monitorovací** funkce komponentů (kontrola parametrů kvality vodního prostředí, funkce a činnosti jednotlivých komponentů RAS) a **úkony údržbové** (servis a údržba komponentů, čištění a úklid jednotlivých částí RAS). V této kapitole budou postupně vysvětleny jednotlivé postupy obsluhy, které musí být realizovány za účelem efektivně a provozovat RAS.

#### 4.1. Každodenní činnosti

---

##### 4.1.1. Kontrola funkce a činnosti jednotlivých komponentů RAS

---

Na začátku pracovní směny, několikrát během směny a při večerní kontrole musí být vizuálně zkontrolovány nejvýznamnější funkce a činnosti jednotlivých komponentů RAS abychom, se přesvědčili, že systém pracuje správně a v optimálním režimu. Kontrolovat se musí především následující nejdůležitější činnosti systému: čerpadla musí být v provozu, biologický filtr musí být dostatečně naplněn vodou a ošetřován optimální aerací, do všech nádrží musí přitékat dostatečné množství vody, musí být zkontrolovány průtokoměry kyslíku. Následně po této vizuální kontrole systému probíhá kontrola rybí obsádky a poté kontrola fyzikálních a chemických parametrů vody.

##### 4.1.2. Kontrola chování ryb

---

Obsluha musí několikrát denně v každé nádrži sledovat chování ryb. Ideální je, když je chování ryb sledováno při krmení obsádky v nádrži. Jestliže ryby normálně plavou (většina chovaných rybích druhů se pohybuje ve vodním sloupci), aktivně přijímají předkládané krmivo a všichni jedinci se drží v hejnu, lze považovat danou obsádku za zdravou bez jakýchkoliv zdravotních problémů. Pokud obsluha identifikuje ryby, které krmivo nepřijímají, plavou u hladiny, nouzově dýchají, otírají se o dno či stěny nádrže, neudrží kompaktní hejno a mají odchylky od normálního zbarvení či normálního postavení očí, je nutné okamžitě přistoupit ke kontrole zdravotního stavu odborníkem, který provede diagnostické vyšetření a následně doporučí zoohygienická nebo léčebná opatření v chovu.

##### 4.1.3. Sběr a záznam uhynulých ryb

---

V ranních (na začátku pracovního dne) a večerních (při večerní kontrole systému) hodinách je nezbytné zkontrolovat, případně sesbírat a zaznamenat množství uhynulých ryb v každé odchovné nádrži. Tato činnost okamžitě obsluze RAS napoví, v jakém stavu chované ryby pravděpodobně jsou, mají-li zdravotní problémy nebo jsou-li vystaveny nepříznivým podmínkám prostředí. Snahou každého chovatele musí samozřejmě být provozování chovu ryb či jiných vodních organismů v optimálních podmínkách prostředí, které zajišťují jejich welfare (pohodu při odchovu) s nulovými či zcela minimálními hodnotami úhynu. Avšak občas se v chovu ryb stává, že rybí obsádka začne hynout. Zde je velmi důležité rychle identifikovat důvod úhynu, tedy zda se jedná o úhyn

způsobený technickou závadou systému, nevhodnou zoohygienou nebo zdravotními problémy obsádky.

Je-li obsádka ryb negativně ovlivňována technickou závadou systému nebo nevhodnou zoohygienou v nádrži, může hrozit rybám akutní nebezpečí hromadného úhynu, ke kterému dochází velmi rychle, tj. v řádu minut (Obr. 18). Je-li problém identifikován včas, je možné ryby okamžitě přelovit do jiné nádrže s optimálním prostředím či se pokusit technickou závadu nebo zoohygienický nedostatek urychleně odstranit. Jsou-li zmíněné problémy zjištěny později, většinou není možné rybám již pomoci, a dochází k úhynu všech ryb v dané nádrži. V tomto případě je důležité, aby se obsluha poučila z případných chovatelských chyb (např. zastavení přítoku a zapomenutí na jeho opětovné zapojení) nebo zabránila vzniku nových technických poruch systému.

Úhyny ryb způsobené nevhodnou výživou nebo patogeny lze prokázat jen na základě bezodkladného vyšetření zdravotního stavu chovaných ryb provedeného odborníkem. Na základě výsledků vyšetření jsou pak dle doporučení veterinárního lékaře zavedena dietní nebo léčebná opatření. Následně je nutné okamžitě přistoupit k léčbě ryb či nápravě jejich výživy. V intenzivním chovu ryb totiž probíhají veškeré procesy týkající se metabolismu a fyziologie ryb i patogenů velmi rychle a chovatel musí jakékoliv vzniklé problémy identifikovat včas, neboť na jejich nápravu má velmi krátkou dobu. To znamená, že vzniklý problém se musí řešit okamžitě a správně, jinak dochází po několika hodinách či dnech k totálním úhynům ryb.

Úhyny ryb v akvakultuře snižují motivaci obsluhy a zvyšují produkční náklady chovu. Dále také způsobují chovateli velké problémy v odběratelsko-dodavatelských vztazích, kdy chovatel není díky nečekaným a masovým úhynům ryb schopen splnit svoje závazky vůči odběrateli. To může být výrazný problém pro budoucí spolupráci. Z těchto důvodů se musí vyspělý a rentabilní chov ryb vyvarovat jakýchkoliv výrazných ztrát na obsádce chovaných ryb.





**Obr. 18.** Masové úhyny ryb způsobené omylem obsluhy či poruchou RAS v intenzivním chovu jsou velmi vážným produkčním problémem (Foto: T. Polícar).

#### 4.1.4. Čištění a odkalování odchovných nádrží

---

Tato činnost se provádí co nejdříve v ranních hodinách. Preciznost provedení je závislá na druhu a věkové kategorii chovaných ryb (je rozdíl, jestli se odkalují a čistí odchovné nádrže v chovu sumečka afrického či candáta obecného). Odkalování nádrží je velmi důležité pro kontrolu spotřeby krmiv rybami (potravní aktivitu ryb) a navazuje na případnou kontrolu zdravotního stavu a krmení ryb. Cílem je odstranit neodplavené nerozpuštěné exkrementy a zbytky nespotřebovaného krmiva, které mohou zhoršovat kvalitu vody v nádrži, potažmo v systému (zvyšovat organické zatížení vody a obsah amoniaku a snižovat obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě). Odkalení nádrží probíhá tak, že se vypustí cca 5–10 % vody z nádrže do odtokového potrubí systému za současného krouživého pohybu režného kartáče na dlouhé násadě. Jestliže jsou nádrže extrémně zatížené a špinavé, tak v tomto okamžiku je ventil na odtokovém potrubí systému (před mechanickým filtrem) otevřen a extrémně znečištěná voda je vypouštěna mimo systém. Tím dochází k ochraně mechanického filtru před jeho extrémním zatížením a znečištěním. V případě nízkého zatížení nádrží je odkalovaná voda odpadním potrubím vypouštěna přes mechanický filtr do biologického filtru. Při vypuštění vody z odchovné nádrže se vyčistí stěny a dno nádrží kartáčem. Rovněž se houbou vyčistí přepadová

trubka, která udržuje hladinu vody v nádrži. Při spuštění nádrže se rovněž dokončí odlovení uhynulých ryb a provede se záznam o úhynu. Po odkalení a vyčištění nádrže obsluha systému posoudí stupeň zatížení vody a v případě potřeby je spuštěn provoz ozonového generátoru. Pokud je průhlednost vody nízká (není vidět na dno nádrží), je třeba aplikovat ozon cca po dobu 2–4 hodin denně.

#### 4.1.5. Kontrola zdravotního stavu, případně následná léčba ryb

---

Nejsou-li v intenzivním chovu ryb identifikovány žádné zdravotní problémy, je preventivní kontrola zdravotního stavu realizována 1x za 2–3 týdny. Ovšem jsou-li v chovu zjištěny zvýšené úhyny ryb či jejich abnormální chování, je nutné kontrolovat zdravotní stav chovaných ryb a jiných živočichů okamžitě. Kontrola zdravotního stavu by měla být provedena odborně (nejlépe veterinárním lékařem), a to co nejdříve. Z praktického hlediska je tato podmínka velmi složitě splnitelná, proto by měl mít chovatel ryb základní znalosti, jak vyšetřit zdravotní stav ryb a jak identifikovat možnou příčinu zdravotních problémů ve svém chovu svépomocí. Tento svůj záměr by však měl vždy konzultovat s veterinárním lékařem, stejně jako případná léčebná opatření v chovu. Orientační vyšetření zdravotního stavu ryb se může provádět u větších jedinců (v rámci dodržení pravidel welfare) šetrným stěrem vzorku tkáně z povrchu těla, případně ze žaber bez usmrcení ryby. Většinou je však zdravotní stav ryb podrobně vyšetřován postmortálně, během patologické pitvy. Zevní i vnitřní makroskopické vyšetření těla a tělních orgánů je doplněno o mikroskopické vyšetření vybraných tkání zaměřené na přítomnost parazitů, případně suspektní stanovení přítomnosti bakterií. Výsledkem vyšetření je stanovení diagnózy, navržení a zavedení léčebných či preventivních opatření. Pro potvrzení podezření na bakteriální nebo virovou infekci je nutné předat vzorky ryb k dalšímu podrobnému vyšetření do specializované laboratoře státních veterinárních ústavů (SVÚ). Dodržení těchto postupů by mělo vést ke zlepšení zdravotní situace v chovu, omezit úhyny ryb a nastartovat jejich rekonvalescenci, růst a produkci (Svobodová a kol., 2007; Kolářová a Svobodová, 2009). Detailní informace o možných léčebných a terapeutických postupech přehledně shrnuje Kolářová a Svobodová (2009), Kolářová a Nepejchalová (2014) a Kolářová a kol. (2017).

## PROVOZNÍ MANUÁL SLOUŽÍCÍ K EFEKTIVNÍMU PROVOZU INTENZIVNÍ AKVAKULTURY VYUŽÍVAJÍCÍ RAS

### 4.1.6. Kontrola parametrů kvality vody, světelný režim a jejich případná úprava k optimálním hodnotám

---

V intenzivním chovu ryb je velmi důležité měřit nejdůležitější parametry kvality vody (teplota vody, pH, obsah rozpuštěného kyslíku, amoniaku a dusitanů ve vodě) v pravidelných intervalech (minimálně jednodenních) a kontrolovat světelný režim (délku světelného dne a intenzitu osvětlení). Tyto ukazatele ovlivňují fyziologii, růst a produkci chovaných ryb. Je důležité všechny zmíněné parametry kvality vody udržovat na optimálních hodnotách, které odpovídají danému chovanému druhu či jeho věkové kategorii. Při jakémkoliv výkyvu je důležité daný parametr kvality vody vrátit k optimálním hodnotám (Kouřil a kol., 2008a; Vachta a kol., 2015), jinak dochází k retardaci růstu, nebo dokonce k úhynu chované obsádky.

#### 4.1.6.1. Teplota vody

Teplota je jedním z významných fyzikálních parametrů kvality vody, který ovlivňuje nejen fyziologii, metabolismus a produkci chovaných ryb (vnitřní prostředí), ale také vnější prostředí ryb, tj. parametry kvality vody, jako je nasycenost vody plyny, toxicita amoniaku, dusitanů a případně aplikovaných léčebných látek (Alabaster a Lloyd, 1980; Svobodová a kol., 2007). Teplota vody je v intenzivním chovu nastavena dle požadavku chovaného druhu a měřena automaticky termostaty (Obr. 16). Manuálně lze teplotu měřit pomocí kombinovaných měřících přenosných přístrojů, např. oxymetrem (Obr. 19) nebo pomocí klasických teploměrů. Teplota vody společně s procentem nasycení a koncentrací rozpuštěného kyslíku ve vodě je měřena v intenzivním chovu většinou dvakrát či třikrát v průběhu dne (ráno, odpoledne na konci směny a při večerních kontrolách). Orientační optimální a letální hodnoty teploty vody pro jednotlivé druhy starších věkových kategorií ryb chovaných do tržní velikosti v RAS jsou uvedeny v Tab. 2 (Kouřil a kol., 2008a; Velíšek a kol., 2014; Vachta a kol., 2015).

**Tab. 2.** Orientační optimální a letální hodnoty teploty vody pro jednotlivé druhy ryb starších věkových kategorií chovaných do tržní velikosti v RAS (upraveno podle Kouřil a kol., 2008a; Velíšek a kol., 2014; Vachta a kol., 2015).

Druh ryby	Optimální teplota vody (°C)	Letální teplota vody (°C)
Keříčkovec červenolemý = sumeček africký	25–27	35–40
Sumec velký	22–26	32–35
Okoun říční	21–23	31–35
Candát obecný	21–23	30–35
Jeseter sibiřský	20–23	28–32
Pstruh duhový	14–17	22–26
Lipan podhorní	16–20	22–26
Siven americký	12–16	22–24
Mník jednovousý	15–18	22–24
Parma obecná	21–23	30–34
Úhoř říční	23–25	30–37

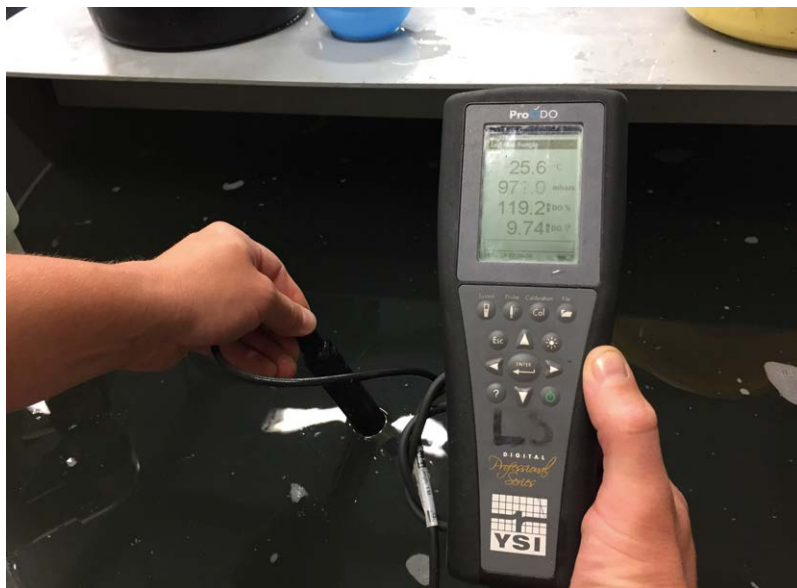
#### 4.1.6.2. Obsah rozpuštěného kyslíku

Obsah rozpuštěného kyslíku je vedle teploty vody dalším nejdůležitějším parametrem kvality vody, který ovlivňuje fyziologii, metabolismus a produkci ryb včetně jejich příjmu krmiva. Obsah rozpuštěného kyslíku ovlivňuje také welfare a kondici chovaných ryb (Čítek a kol., 1997; Kouřil a kol., 2008a; Vachta a kol., 2015). Obecně se v intenzivním chovu ryb doporučuje v odchovných nádržích udržovat obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě na úrovni 100 % bez ohledu na teplotu vody, hustotu obsádky ryb a příjem krmiva. Platí tedy zásada, že čím vyšší je teplota vody, hustota obsádky a spotřeba krmiva, tím náročnější je chov ryb na saturaci vody kyslíkem a jeho spotřeba je logicky vyšší. To samozřejmě také zvyšuje i produkční náklady. Produkční management intenzivního chovu ryb musí najít jakýsi kompromis mezi zvolenou teplotou vody, hustotou obsádky, délkou produkčního intervalu, konverzí krmiva (množství spotřebovaného krmiva na jeden kilogram přírůstku ryb) a spotřebou kyslíku na saturaci vody.

Obsah rozpuštěného kyslíku je možné v chovu ryb měřit dvěma způsoby, a to buď manuálně (ručně) pomocí ručních oxymetrů či automaticky stacionárními optickými oxymetry, které jsou umístěné v každé nádrži a snímají obsah rozpuštěného kyslíku ve stanovených intervalech nebo kontinuálně. Tento systém je velmi často spojený s alarmem, který informuje obsluhu přes GSM bránu o odlišném obsahu kyslíku mimo předem nastavené a požadované rozmezí hodnot v daných nádržích. Každý ze zmíněných postupů má své

## PROVOZNÍ MANUÁL SLOUŽÍCÍ K EFEKTIVNÍMU PROVOZU INTENZIVNÍ AKVAKULTURY VYUŽÍVAJÍCÍ RAS

výhody a nevýhody. Mezi výhody automatického měření patří kontinuita měření po celý den a možnost připojení na krmicí systém. Další výhodou je ušetření času obsluhy. Mezi nevýhody patří vysoká pořizovací cena, porůstání sond organickými povlaky (tzn., sondy se musí pravidelně v intervalu 2–3krát týdně čistit), pravidelný servis a kontrola sond a náročná instalace. Pokud je měření obsahu rozpuštěného kyslíku realizováno ručně pomocí sondy a dataloggeru (ruční oxymetry či měřicí přístroje s kombinovanými multiparametrickými sondami), tak výhodou této metody je relativně nízká pořizovací cena zařízení a jednoduchost měření. S obsahem kyslíku je současně měřena i teplota vody a provádí se kontrola chování ryb v již zmíněných intervalech 2 až 3krát za den. Mezi nevýhody tohoto způsobu měření patří diskontinuita měření, při kterém obsluha není v případě neoptimálního obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě automaticky a ihned informována, jak tomu je u předešlého způsobu. U popisovaného RAS jsou obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě a teplota vody měřeny ručně pomocí ručního oxymetru (Obr. 19) a získané hodnoty jsou zaznamenávány do denních protokolů. Pokud jsou naměřeny hodnoty nižší než 100% nasycení vody kyslíkem, je třeba upravit přítokové kohouty u nádrží nebo zvýšit průtok vody směšovačem, popřípadě zvýšit dávkování kyslíku do směšovače pomocí průtokoměru.



**Obr. 19.** Měření teploty vody a rozpuštěného kyslíku ve vodě v jednotlivých nádržích pomocí ručního oxymetru (Foto: J. Kříšťan).

#### 4.1.6.3 Měření a úprava pH vody

Stanovení hodnoty pH vody je podobně jako teplota vody a obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě důležitým ukazatelem kvality vody, který ovlivňuje především fyziologii ryb, činnost nitrifikačních bakterií a toxicitu některých rozpuštěných látek ve vodě (např. amoniaku). Optimální hodnota pH pro ryby se pohybuje v rozmezí 6,5 až 8,5. Poškození a úhyn lze pozorovat u lososovitých ryb při pH pod 4,8 nebo nad 9,2 a u kaprovitých ryb pod 5,0 nebo nad 10,8. Lososovité ryby jsou tedy citlivější k vysokým hodnotám pH, a naopak odolnější k nízkým hodnotám pH (Svobodová a kol., 1987). Měření pH by se mělo provádět minimálně jednou denně, a to v ranních hodinách, při stanovení obsahu rozpuštěného amoniaku a dusitanů ve vodě. Měření se provádí pH metrem, a to buď přenosným nebo laboratorním (Obr. 20). Pokud klesne pH pod hodnotu 6,8, je nutné do vody aplikovat přípravky na jeho zvýšení, například hydrogenuhličitan sodný (jedlá soda). Do každého popisovaného RAS je v závislosti na spotřebě krmiva a obsádce ryb v systému aplikováno 500–1 000 gramů jedlé sody denně. Toto množství sody se postupně rozmíchá v celém objemu vody daného systému. Přípravky na úpravu pH se doporučují aplikovat a rozmíchávat v retenční nádrži systému. Jestliže je hodnota pH vody RAS vyšší než 7,3 (většinou při špatné funkci nitrifikace – při fázi nabíhání biologického filtru), aplikuje se do RAS např. jedlý ocet (kyselina octová 8%), který hodnotu pH naopak sníží a poskytne organický substrát rozvíjejícím se nitrifikačním bakteriím v biologickém filtru. V jednom popisovaném RAS se při záběhu biologických filtrů denně spotřebuje přibližně 5–8 litrů octa po dobu 2–5 dnů. Po aplikaci činidel upravujících pH je nutno vždy hodnotu pH v systému přeměřit a případně upravit dle aktuální situace.



**Obr. 20.** Měření pH vody pomocí laboratorního pH metru (Foto: J. Kříšťan).

# PROVOZNÍ MANUÁL SLOUŽÍCÍ K EFEKTIVNÍMU PROVOZU INTENZIVNÍ AKVAKULTURY VYUŽÍVAJÍCÍ RAS

## 4.1.6.4. Světelný režim

V intenzivním chovu můžeme obecně podle požadavku na světelný režim (délka světelného dne a intenzita světla) rozdělit ryby na dvě skupiny. První skupinou jsou ryby, které vyžadují delší světelný den (cca 12–18 hodin světla) a vyšší intenzitu světla (100–250 luxů.m<sup>-2</sup>). Do této skupiny patří kaprovité ryby (např. parma obecná) a také pstruh duhový, lipan podhorní, siven americký, okounek pstruhový a různé druhy tlamounů (tilápií). Naopak druhá skupina ryb využívaných v intenzivním chovu zahrnuje candáta obecného, sumce velkého, keříčkovce červenolemého (sumečka afrického) a mníka jednovousého. Tyto druhy ryb vyžadují světelný den na úrovni 12–16 hodin, ale s nižší intenzitou světla na úrovni 20–75 luxů.m<sup>-2</sup> (Kouřil a kol., 2008a; Policar a kol., 2009a,b, 2014, 2015b, 2018b Vachta a kol., 2015).

## 4.1.6.5. Amoniak

Amoniakální dusík je primárním produktem dusíkatého metabolismu ryb a výsledkem rozkladu organických dusíkatých látek živočišného a rostlinného původu ve vodním prostředí. Ve vodě nebo biologických tekutinách se amoniak nachází ve dvou formách. Ve formě molekulární, tj. v podobě molekuly NH<sub>3</sub> (nedisociovaná, volná forma, vysoce toxická pro ryby) a dále ve formě amonného iontu NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (disociovaná, vázaná forma). Tyto dvě formy se ve vodě vyskytují vedle sebe a jejich vzájemný poměr závisí na hodnotě pH a na teplotě vody (Velíšek a kol., 2014). Výsledek měření amoniaku je vždy hodnota celkového amoniaku (NH<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup> = TAN), ze které je třeba vypočítat množství NH<sub>3</sub> na základě Tab. 3 a pomocí následujícího vzorce:

$$\text{NH}_3 \text{ (mg.l}^{-1}\text{)} = \text{procentuální podíl NH}_3 \text{ (\%)} \times \text{koncentrace celkového (naměřeného) amoniaku TAN (mg.l}^{-1}\text{)}.$$

Procentuální podíl volného amoniaku (NH<sub>3</sub>) z celkového amoniaku (TAN) za konkrétní teploty a pH vody je uveden v Tab. 3.

Amoniak v molekulární formě NH<sub>3</sub> patří mezi vysoce toxické látky pro ryby. Svobodová a kol. (1987, 2007) uvádějí hodnoty 48hLC<sub>50</sub> (letální dávka pro 50 % jedinců v populaci při 48hodinovém působení) pro molekulární formu amoniaku NH<sub>3</sub> u kaprovitých ryb v rozmezí 1,0–1,5 mg NH<sub>3</sub> na litr a u lososovitých ryb 0,5 až 0,8 mg NH<sub>3</sub> na litr. Nejvyšší přípustná (pro chov bezpečná) koncentrace pro kaprovité a lososovité ryby je pak na úrovni 0,05, respektive 0,0125 mg NH<sub>3</sub> na litr. Akutní toxicita této formy amoniaku pro některé vybrané druhy ryb je uvedena v Tab. 4.

Téměř veškerá výměna základních iontů mezi vnitřním prostředím ryb (tělem) a vnějším prostředím (okolní vodou) probíhá přes žaberní epitel (Wilkie

a Wood, 1996). Volný (molekulární) amoniak  $\text{NH}_3$  přechází přes žaberní epitel z vnějšího prostředí do krve a naopak. Jedná se o pasivní přechod regulovaný pouze koncentračním spádem amoniaku (Wilkie, 2002). Pokud u ryb dojde k poruše rovnováhy mezi produkcí a sekrecí amoniaku, může dojít k výraznému zvýšení jeho koncentrace v krvi ryb a následné autointoxikaci (Velíšek a kol., 2014).

Obecně je možné konstatovat, že koncentrace celkového amoniaku ve vodě v rámci intenzivní akvakultury by se dlouhodobě měly pohybovat u většiny chovaných druhů ryb na úrovni 0,3–0,6 mg TAN.l<sup>-1</sup> s krátkodobým možným výkyvem k hodnotě 1,0–1,5 TAN.l<sup>-1</sup>. Ovšem musí být vždy splněna podmínka, že pH vody se musí pohybovat v rozmezí 6,5–7 (Polícar a kol., 2014, 2015a,b). Výjimkou je ovšem intenzivní chov keříčkovce červenolemého (sumečka afrického), který bez problémů snáší vyšší koncentrace celkového amoniaku v podobě 3–5 mg TAN.l<sup>-1</sup>. Vachta a kol. (2015) dokonce uvádí i vyšší hodnoty 30–40 mg TAN.l<sup>-1</sup>, které jsou akceptovatelné při odchovu tohoto druhu.

**Tab. 3.** Závislost procentuálního podílu molekulárního volného  $\text{NH}_3$  (toxické formy) z celkového amoniaku (TAN) na pH a teplotě vody (Pitter, 1981).

pH	Teplota vody (°C)					
	0	5	10	15	20	25
7,0	0,08	0,12	0,175	0,26	0,37	0,55
7,2	0,13	0,19	0,28	0,41	0,59	0,86
7,4	0,21	0,30	0,44	0,64	0,94	1,36
7,6	0,33	0,48	0,69	1,01	1,47	2,14
7,8	0,52	0,75	1,09	1,60	2,32	3,35
8,0	0,82	1,19	1,73	2,51	3,62	5,21
8,2	1,29	1,87	2,71	3,91	5,62	8,01
8,4	2,02	2,93	4,23	6,06	8,63	12,13
8,6	3,17	4,57	6,54	9,28	13,02	17,95
8,8	4,93	7,05	9,98	13,95	19,17	25,75
9,0	7,60	10,73	14,95	20,45	27,32	35,46
9,2	11,53	16,00	21,79	28,95	37,33	46,55
9,4	17,12	23,19	30,36	39,23	48,56	57,99
9,6	24,66	32,37	41,17	50,58	59,94	68,62
9,8	34,16	43,14	52,59	61,86	70,34	77,62
10,0	45,12	54,59	63,74	71,99	78,98	84,60
10,2	56,58	65,58	73,59	80,29	85,63	89,70
10,4	67,38	75,12	81,54	86,59	90,42	93,24
11,0	89,16	92,32	94,62	96,26	97,41	98,21



## PROVOZNÍ MANUÁL SLOUŽÍCÍ K EFEKTIVNÍMU PROVOZU INTENZIVNÍ AKVAKULTURY VYUŽÍVAJÍCÍ RAS

**Tab. 4.** Akutní toxicita molekulárního (volného) amoniaku  $\text{NH}_3$  pro vybrané druhy ryb při rozdílných teplotách vody při čtyřdenní (96 h) expozici (upraveno podle Velišek a kol., 2014).

Organismus	96hLC50 ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}\text{ NH}_3$ )	Teplota vody ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH vody
Pstruh duhový ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	0,26	3,6	7,7
	0,43	16,2	7,9
	0,59	11,3	7,9
	0,61	9,8	7,7
	1,04	18,7	8,3
Candát severoamerický ( <i>Sander vitreus</i> )	0,51	19,0	8,3
	0,52	3,7	7,9
	1,10	11,1	7,7
Sumeček tečkovaný ( <i>Ictalurus punctatus</i> )	0,50	3,5	8,0
	0,98	14,6	8,1
	1,29	19,6	7,8

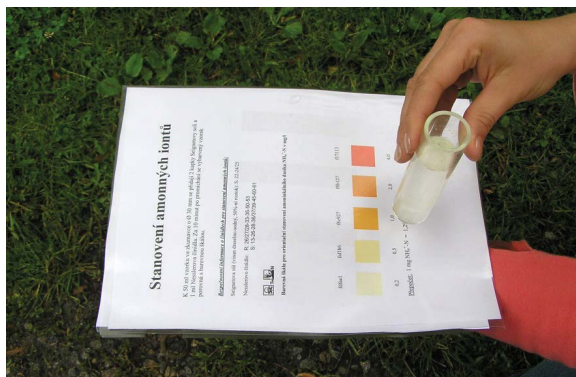
Z důvodu produkce amoniaku rybami, jeho případné kumulace v RAS (především z důvodu neúčinnosti nitrifikačního procesu) a následné toxicity jeho molekulární formy ( $\text{NH}_3$ ) je nutné v intenzivních chovech ryb měřit alespoň 1x denně (většinou v ranních hodinách) obsah celkového rozpuštěného amoniaku ( $\text{TAN} = \text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ ). Následně dle výše uvedeného vzorce a hodnot z tabulky (Tab. 3) vypočítat koncentraci volného molekulárního amoniaku  $\text{NH}_3$ .

Koncentraci celkového amoniaku (TAN z ang. *total ammonium nitrogen*) můžeme měřit různými způsoby. Za prvé, **analyticky**, jedná se však v provozních podmínkách o zdoluhavý, komplikovaný a nákladný proces z hlediska investice do chemikálií, laboratoře a měřicího přístroje, který vyžaduje kvalifikovanou obsluhu a servis. Za druhé, **pomocí přenosných měřicích přístrojů**, avšak tento přístup vyžaduje nákladnou údržbu přístroje. Třetí způsob reprezentují **titrační a kolorimetrické metody** pomocí zakoupených hobby testů (např. test AM, test  $\text{NH}_3/\text{NH}_4$  a další) či příručních sad (pomocí Nesslerova činidla). Nevýhodnou tohoto způsobu stanovení amoniaku je pouze orientační stanovení hodnoty TAN (rozptyl  $\pm 10\%$ ) v závislosti na porovnání barevné škály prezentující koncentraci celkového amoniaku ve vodě. Ovšem tento rozptyl hodnot (chyba měření) není v intenzivní akvakultuře podstatný, jelikož v provozních podmínkách RAS potřebujeme stanovit koncentraci celkového amoniaku s přesností přibližně  $\pm 0,25\text{--}0,3\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Většinou je pro chovatele dostačující informace, jestliže ví, zda je hodnota TAN ve vodě daného systému pod nebo nad hodnotou  $0,5\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , nebo dokonce pod nebo nad  $1\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Tento způsob je poměrně levný, nenáročný, jednoduchý a rychlý. Určitou nevýhodou použití příručních sad pro stanovení TAN je skutečnost, že obsahují Nesslerovo

čínidlo, tj. chemikálii, se kterou může pracovat pouze osoba odborně způsobilá podle Zákona č. 356/2003 Sb., o chemických látkách a přípravcích. Nesslerovo čínidlo totiž obsahuje rtuť, tzn., že je velmi toxické a nebezpečné pro životní prostředí. Likvidace roztoků po stanovení amoniakálního dusíku musí být proto provedena odborně a specializovanou firmou, aby nedocházelo k zatížení životního prostředí.

Koncentrace celkového amoniaku a potažmo následný výpočet molekulárního toxického amoniaku ( $\text{NH}_3$ ) se stanovuje podle následujícího pracovního postupu.

Z kontrovaného RAS se na přítoku do nádrže nebo odtoku z biologického filtru odebere vzorek vody o objemu 50 ml do průhledné zkumavky o průměru 30 mm (Obr. 21). Následně se k tomuto objemu přidají 2 kapky Seignetovy soli a 1 ml Nesslerova čínidla. Vzorek s čínidly se promíchá a po 10 minutách se vyhodnotí intenzita zbarvení roztoku následujícím postupem. Zkumavka s roztokem se položí na vodorovnou plochu, kde již leží kontrolní barevná stupnice prezentující různou koncentraci amoniakálního dusíku ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ) v  $\text{mg.l}^{-1}$ . Zbarvení ve zkumavce a na barevné stupnici se vzájemně porovná (Obr. 21). Díky porovnání obou zbarvení se stanoví koncentrace amoniakálního dusíku ve zkumavce. Tato koncentrace se následně vynásobí koeficientem 1,29, který odpovídá stechiometrickému přepočtu z koncentrace amoniakálního dusíku na koncentraci celkového amoniaku. Tímto způsobem je zjištěna koncentrace celkového amoniaku, z které se díky známé hodnotě pH a teploty vody podle Tab. 3 určí procentuální podíl volného molekulárního amoniaku a následně vypočítá jeho koncentrace v  $\text{mg.l}^{-1}$ .

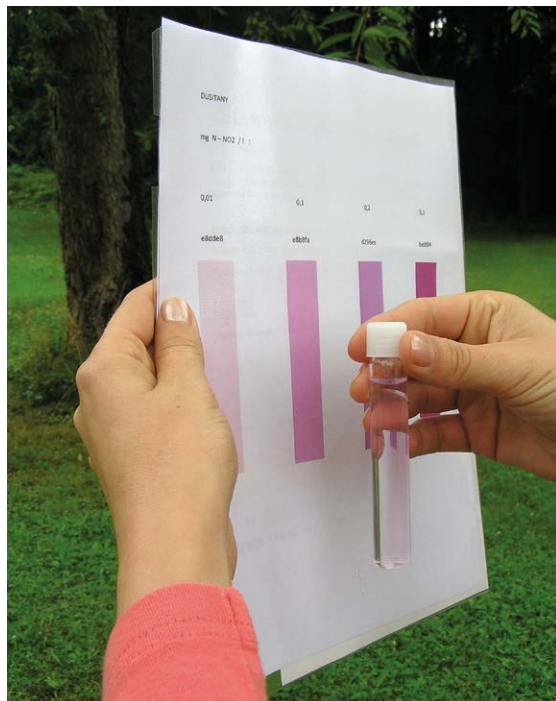


**Obr. 21.** Odebraný vzorek vody pro stanovení obsahu amoniakálního dusíku ve vodě včetně kolorimetrického porovnání zbarvení roztoku ve zkumavce s barevnou stupnicí prezentující koncentraci  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  v  $\text{mg.l}^{-1}$ . (Foto: O. Valentová).

# PROVOZNÍ MANUÁL SLOUŽÍCÍ K EFEKTIVNÍMU PROVOZU INTENZIVNÍ AKVAKULTURY VYUŽÍVAJÍCÍ RAS

## 4.1.6.6. Dusitany

Jak již bylo zmíněno, zvýšené koncentrace dusitanů ( $\text{NO}_2^-$ ) se mohou v intenzivních chovech hospodářsky významných a akvarijních druhů ryb vyskytovat zejména bezprostředně po zahájení provozu nebo v důsledku nedostatečné funkce biologických filtrů (Kamstra a kol., 1996; Dvořák, 2004; Svobodová a kol., 2005). Během nitrifikace dochází k biochemické oxidaci amoniakálního dusíku na dusitany a následně až na dusičnany, které jsou pro ryby méně toxické než amoniak a dusitany. Pokud dojde k úplné či částečné inhibici druhé fáze nitrifikace, dochází v systému k hromadění dusitanů, které bývají příčinou zhoršení fyziologického stavu ryb a mnohdy i jejich masového úhynu (Svobodová a kol., 2005). Obecně by se v intenzivním chovu většiny druhů ryb měla koncentrace dusitanů pohybovat na podobné úrovni jako celkový amoniak  $0,3\text{--}0,6\text{--}1,5 \text{ mg NO}_2^- \cdot \text{l}^{-1}$ . Sumeček africký je schopen tolerovat i koncentrace dusitanů na úrovni  $4\text{--}5 \text{ mg NO}_2^- \cdot \text{l}^{-1}$ . Jestliže je v RAS dočasný problém s vyšším obsahem dusitanů, je možné jejich toxicitu pro ryby snížit zvýšením salinity vody, a to přidáním kuchyňské soli v dávce  $0,2\text{--}1 \text{ g NaCl} \cdot \text{l}^{-1}$  (Kouřil a kol., 2008a; Policar a kol., 2014). Koncentraci dusitanů je vhodné v intenzivním chovu měřit podobným způsobem jako amoniakální dusík jedenkrát denně v ranních hodinách. V popisovaném RAS se používá orientační stanovení koncentrace dusitanového dusíku titrací a kolorimetricky s následným přepočtem na koncentraci dusitanů pomocí stechiometrického koeficientu 3,28 podobně jako u amoniakálního dusíku. Pracovní postup stanovení je následující. Odebere se 10 ml vody z daného vyšetřovaného RAS (na přítoku do nádrže nebo odtoku z biologického filtru) do zkumavky s víčkem. Přidá se 10 kapek kyseliny sulfanilové ( $\text{C}_6\text{H}_7\text{NO}_3\text{S}$ ) a vzorek se promíchá. Po 5 minutách se přidá 10 kapek roztoku NED (N-1-Naftyl Etylendiamin Dihydrochlorid) a vzorek se opět promíchá. Je nutné dodržet uvedené pořadí přidávaných roztoků. Následně se vzorek nechá 10 minut reagovat do vytvoření zbarvení, které je stále po dobu 24 hodin. Intenzita zbarvení vzorku se porovná s barevnou škálou ve vzdálenosti zhruba 5 cm od bílé části papíru (Obr. 22). Tím dojde k orientačnímu stanovení koncentrace dusitanového dusíku. Následně se koncentrace přepočítá zmíněným koeficientem na koncentraci dusitanů. Obě zmíněné sady na stanovení koncentrace amonného a dusitanového dusíku je možné opatřit v současné době na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích, Fakultě rybářství a ochrany vod, v Laboratoři vodní toxikologie a ichtyopatologie.



**Obr. 22.** Porovnávání zbarvení vzorku vody odebraného z RAS s barevnou škálou příruční sady (kolometrická metoda) pro orientační stanovení dusitanového dusíku ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) ve vodě (Foto: O. Valentová).

#### 4.1.7. Krmení ryb

Detailní management krmení ryb je vysvětlen v publikaci Mareš a kol. (2015) a Kouřil a kol. (2008b). Pro účely této publikace je důležité zmínit, že způsob, frekvence, množství a druh krmiva jsou specifické pro každý chovaný druh a jeho věkovou kategorii. Management krmení se podřizuje také kvalitě vodního prostředí v chovu, jako je především teplota vody a obsah rozpuštěného kyslíku, případně koncentrace amoniaku a dusitanů ve vodě. Jestliže jsou ryby chovány mimo své optimální podmínky chovu, musí se snížit denní krmná dávka, protože příjem krmiv rybami je v těchto neoptimálních podmínkách podstatně nižší. Normální krmná dávka (stanovená pro optimální podmínky) při zhoršené kvalitě vody může způsobit u ryb jejich zadušení nebo autointoxikaci amoniakem. V intenzivní akvakultuře se používají ke krmení výhradně peletovaná krmiva, která mohou být potápivá či plovoucí. V poslední

## PROVOZNÍ MANUÁL SLOUŽÍCÍ K EFEKTIVNÍMU PROVOZU INTENZIVNÍ AKVAKULTURY VYUŽÍVAJÍCÍ RAS

době se v intenzivních chovech většiny druhů využívají plovoucí krmiva, jelikož obsluha má lepší přehled o příjmu krmiva rybami a případných zbytcích krmiv. Peletovaná krmiva jsou lehce stravitelná a bohatá na obsah bílkovin. Zbytky krmiv je nutné rychle ze systému odstraňovat, jelikož významně zhoršují kvalitu vodního prostředí, organicky ho zatěžují, zvyšují zákal vody, snižují obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě a zvyšují obsah rozpuštěného amoniaku ve vodě. Z důvodu poměrně vysoké ceny krmiv pro starší věkové kategorie ryb (ceny se pohybují v závislosti na jejich nutričních parametrech cca od 35 do 125 Kč.kg<sup>-1</sup> bez DPH) je nepřijatelné v intenzivním chovu ryb plýtvat krmivem a krmit ryby vysokými dávkami tak, aby krmivo nebylo chovanými rybami efektivně využito. Při krmení ryb je nutné sledovat, zda ryby krmivo přijímají, aby nedocházelo právě k plýtvání s krmivem a současnému zhoršování kvality vody v RAS. V případě, že ryby krmivo nepřijímají, je nutné přisun krmiv do nádrží okamžitě zastavit a zjistit příčinu sníženého apetitu. Na druhé straně je v intenzivním chovu nepřijatelné krmit ryby dlouhodobě nízkými krmnými dávkami nebo nekvalitními krmivem (nevhodně skladovanými, po expirační době, plesnivými krmivem atd.). Takový přístup vede ke strádání, hladovění, sníženému přežití a produkci chovaných ryb. Zmíněné skutečnosti také výrazně snižují rentabilitu intenzivních chovů, což je z ekonomického hlediska nepřijatelné.

### **4.1.8. Kontrola množství kyslíku v zásobní nádrži a funkce průtokoměrů kyslíku**

---

Jednou za den, v období, kdy je již ukončena realizace všech zmíněných důležitých činností týkajících se správné funkce RAS a chovu ryb výše popsaným způsobem, je nutné zkontrolovat tlak, a tím i množství hluboce zmrazeného kyslíku v POS nádrži. Dále je nutné vizuálně zkontrolovat funkci redukční stanice TLS O22 a průtokoměrů kyslíku. Při jakékoliv zjištěné závadě je nutné zajistit její okamžitou nápravu a opravu, neboť hrozí výpadek zásobování systému kyslíkem a masové úhyny ryb, které jsou právě nejčastěji výsledkem nedostatku rozpuštěného kyslíku ve vodě s následným udušením rybí obsádky.

### **4.1.9. Odkalení filtru s jemným pískem u systému s ozonem**

---

Před každým použitím systému, který produkuje a využívá ozon ke sterilizaci vody v rámci daného RAS, je nutné dostatečně odkalit filtr s jemným pískem nebo aktivním uhlím a zbavit ho mechanických nečistot. Tím dojde k pročištění a propláchnutí filtru, u kterého se tak udržuje dostatečná plocha a absorpční schopnost. Tato činnost je důležitá pro udržování kapacity filtru při odstranění zbytkového ozonu. Protože je tento krok absolutně nezbytný pro efektivní

a bezpečný provoz jednotlivých RAS, musí být tato činnost tedy realizována pravidelně a provedena pečlivě.

#### 4.1.10. Dopouštění vody do systému

---

Po nočním období, kdy ze systému dochází k odčerpání části vody vlivem automatického čištění mechanického mikrosítového bubnového filtru a po odkalení vody z nádrží či filtru s aktivním uhlím, je nutné do každého RAS dopustit novou vodu. Voda se dopouští na 100% úroveň objemu systému. Pro optimální chod RAS je totiž důležité systém provozovat na 100 % objemu vody. Platí pravidlo, že čím větší je objem systému, tím je systém stabilnější a lépe se v něm udržuje optimální kvalita vody.

#### 4.1.11. Karanténa a úklid haly

---

Kvalitní a bezproblémový chov ryb v recirkulačním systému se neobejde bez náležitých zoohygienických opatření spočívajících v důsledné karanténě, pravidelném úklidu a udržování vysoké hygieny chovu. Vždy platí pravidlo, že prevence a ochrana chovu je podstatně efektivnější (a levnější) než případná léčba ryb, která je vždy spojená s ekonomickými ztrátami (snížený růst, vyšší úhyn ryb, dodatečné náklady na léčebné přípravky a péči veterinárního lékaře) snižujícími rentabilitu daného chovu.

Hlavní podmínkou úspěšného provozu RAS je pečlivá ochrana haly před vstupujícím personálem či návštěvníky, kteří přicházejí z okolního prostředí či jiných chovů ryb. Před vstupem do haly je nutné dodržet striktní instrukce týkající se očištění a dezinfekce obuvi a rukou dezinfekčními přípravky na bázi stabilních kyslíčků. Tyto přípravky mají baktericidní, fungicidní a virucidní účinky. Obuv návštěvníků se čistí na speciální rohoži, do které se s týdenní pravidelností doplňuje dezinfekční roztok. Ruce se omývají gelem pomocí ručního dávkovače.

Veškeré pracovní náčiní a vybava využívaná k intenzivnímu chovu ryb musí být používány striktně uvnitř chovného objektu. Nelze je použít na práci s rybami mimo objekt. Každý den by mělo být všechno náčiní omyto vysokotlakým čističem a vydezinfikováno vhodným dezinfekčním přípravkem (např.: Santicid 5 Parfumé, Persteril, Savo a další). Podobně i podlaha haly by měla být denně umyta a vydezinfikována vhodným dezinfekčním přípravkem.

V experimentální rybochovné hale, kde jsou provozovány dva popisované identické RAS, a se veškeré chovatelské nářadí a náčiní používá výhradně pro každý systém zvlášť. Cílem tohoto opatření je zabránit potencionálnímu zavlečení případných patogenů z jednoho systému do druhého.

## 4.2. Týdenní činnosti

---

### 4.2.1. Kontrola růstu ryb, případná úprava jejich obsádek a krmných dávek

---

V pravidelných intervalech (u juvenilních ryb v týdenních, u starších ryb v měsíčních) je důležité sledovat změnu individuální hmotnosti chovaných ryb, případně jejich rozrůstání. Tuto činnost lze realizovat na orientační či detailní bázi. Při orientačním zjišťování hmotnosti chovaných ryb se odloví vzorek 20 ks odchovávaných ryb, u kterých se zjistí průměrná individuální hmotnost. Zjištěný údaj se vynásobí počtem nasazených ryb do nádrže, od kterého se odečte hmotnost zaznamenaných uhynulých kusů. Tím se zjistí přibližná biomasa ryb v dané nádrži. Při detailnější kontrole růstu ryb se podobně zváží vzorek 20 ks ryb z nádrže. Poté se přeloví celá nádrž s rybami a zjistí se skutečná biomasa ryb. Tato biomasa se vydělí zjištěnou průměrnou kusovou hmotností, a dojdeme tak ke skutečnému počtu odchovávaných ryb v nádrži. Podle zjištěné kusové hmotnosti ryb, aktuálních vizuálních velikostních rozdílů mezi chovanými rybami (jedinci se během odchovu velikostně rozrůstají) a současné biomasy ryb v dané nádrži může obsluha rozhodnout o nutnosti odchovávané ryb roztrdit (v nádrži by měly být společně chovány ryby o podobné individuální velikosti), přesunout do větších nádrží či sloučit s rybami z jiných nádrží. Tato činnost pomůže obsluze efektivně využívat kapacitu RAS. Podle aktuálně zjištěných údajů může dojít k úpravě obsádek ryb a krmných dávek v jednotlivých nádržích. Tento krok také vede k zefektivnění využívání předkládaných krmiv.

### 4.2.2. Třídění ryb

---

Třídění ryb je v intenzivní akvakultuře velmi důležitý krok, neboť je nezbytné od sebe oddělit nestejně velké jedince, tj. jedince lišící se rychlostí růstu (Policar a kol., 2015b). Tento zásah, umožňující po opětovném nasazení nádrží chovat stejně velké jedince, eliminuje (především u dravých druhů ryb) míru kanibalizmu. Tím dochází ke zvýšení přežití odchovávaných ryb a následně efektivity a rentability chovu (Mélard a kol., 1995). Obecně platí pravidlo, že čím jsou menší ryby, tím musí být frekvence třídění častější. U juvenilních ryb do průměrné hmotnosti 8 gramů se třídění provádí jedenkrát za 10–12 dní. Naopak u starších juvenilních ryb od 8–100 gramů postačí třídění ryb provést jedenkrát za 21 dní až měsíc (Policar a kol., 2014). Dále je nutné třídění ryb realizovat v souladu s danými podmínkami chovu a podle aktuální kondice a zdravotního stavu ryb (Mélard a kol., 1995). Velikostní třídění ryb je důležité realizovat velmi šetrně a rychle s cílem eliminovat stres u tříděných ryb (Policar a kol., 2014). Dobře provedené třídění ryb je takové, u kterého nedochází

k žádnému úhynu či poranění ryb. Velmi často se třídění u okounovitých ryb kombinuje s následnou preventivní koupelí v kuchyňské soli ( $3\text{ g NaCl.l}^{-1}$  po dobu expozice 20 min i déle), která slouží jako ochrana proti povrchovému zaplísnění ryb (Policar a kol., 2014, 2015b). Třídění ryb v malém objemu je možné provádět pomocí ručních štěrbinových třídiček (Obr. 23). Naopak ve větších intenzivních chovech ryb se využívají automatické třídičky, které jsou spojené s nádržemi potrubím umožňujícím bezdotykový transport ryb z nádrží do třídičky a po vytřídění zpět do odchovných nádrží (Obr. 24).



**Obr. 23.** Třídění candáta obecného na dvě velikosti pomocí ruční štěrbinové třídičky (Foto: C. Yanes – Roca).



**Obr. 24.** Automatické třídění ryb zahrnující bezdotykový transport ryb z odchovné nádrže do třídičky a zpět do nádrží (Foto: T. Policar).



# PROVOZNÍ MANUÁL SLOUŽÍCÍ K EFEKTIVNÍMU PROVOZU INTENZIVNÍ AKVAKULTURY VYUŽÍVAJÍCÍ RAS

## 4.2.3. Kontrola záložního dieselaagregátu

---

V týdenních intervalech musí obsluha RAS zkontrolovat provozní pohotovost dieselaagregátu, který musí být kontinuálně připravený na případný výpadek elektrického proudu z dodavatelské sítě. Při této kontrole je především důležité zkontrolovat dostatek paliva pro činnost agregátu a funkčnost agregátu v podobě krátkého nastartování.

## 4.2.4. Čištění mechanického mikrosítového filtru

---

V závislosti na zatížení daného systému by se mělo síto bubnového filtru jedenkrát až dvakrát za týden vystříkat tlakovým čističem. Dále by se vana filtru měla omýt, zbavit nárostů a usazenin s cílem filtr udržovat v čistém a perfektním stavu pro jeho 100% účinnost v rámci RAS.

## 4.2.5. Doplnění či výměna roztoků v dezinfekčních rohožích a v ručních dávkovačích

---

S pravidelným týdenním intervalem musí obsluha RAS doplňovat či vyměnit baktericidní, fungicidní a virucidní dezinfekční prostředky v rohožích a ručních dávkovačích. Cílem této činnosti je nepřetržitě chránit provoz intenzivní akvakultury před zavlečením různých patogenů do chovu ze strany přicházející obsluhy či návštěvníků daného provozu.

## 4.3. Činnosti s delším než týdenním intervalem

---

### 4.3.1. Objednání a realizace nákupu zásobníku (POS nádrže) s kyslíkem

---

V závislosti na odběru kyslíku intenzivním chovem ryb je nutné s dvouměsíčním až dvoutýdenním intervalem realizovat nákup kyslíku se zásobníkem v podobě POS nádrže. Obsluha musí včas zaznamenat klesající tlak v nádrži, který ji informuje o snižujícím se množství kyslíku v zásobníku a cca 4–5 dní před potřebnou dodávkou nového kyslíku jeho nákup objednat u smluvního dodavatele.

### 4.3.2. Kontrola zásoby a včasné objednání krmiva

---

Podobně jako v bodě 4.3.1. u zásoby kyslíku musí chovatel pravidelně kontrolovat také zásobu krmiv a kalkulovat s její aktuální spotřebou. Smyslem této činnosti je včasné objednání nové dodávky potřebných krmiv a zajištění dostatečného zásobování chovu ryb krmivy bez jakýchkoliv nedostatků a problémů, které by mohly vést k zhoršenému welfare chovaných ryb a snížení produktivity chovu.

### 4.3.3. Autorizovaná kontrola a servis výrobce ozonu, čerpadel, mechanického mikrosítového bubnového filtru, klimatizace a dieselagregátu

---

Minimálně jedenkrát ročně by měla být v rámci RAS provedena autorizovaná kontrola a servis výrobce ozonu, čerpadel, mechanického mikrosítového bubnového filtru, klimatizace a dieselagregátu s cílem udržovat a dlouhodobě zajistit jejich bezchybný provoz a 100% výkon.

### 4.3.4. Výměna tkaniny u mechanického mikrosítového bubnového filtru

---

V průběhu činnosti bubnového filtru může dojít k poškození (protržení tkaniny) či totálnímu zanesení síta filtru, které je vyrobeno z umělého plastu či tkaniny s miniaturními otvory. Následně tak může být snížena činnost mechanické filtrace, což je z dlouhodobého hlediska nežádoucí. Z těchto důvodů je nutné objednat od dodavatele filtru náhradní tkaninu či filtrační mřížky, které se do obnaženého bubnu zaklapávají (v závislosti na provedení mechanického filtru).

### 4.3.5. Sezónní dezinfekce a odstavení systému

---

Z pohledu optimalizace odchovu v RAS je velmi vhodné (doporučované) v intervalu jedenkrát za rok či dva roky RAS odstavit, vypustit, vyčistit, seřídít a vydezinfikovat všechny jeho technologické komponenty. Především je vhodné vyčistit přítokové a odtokové potrubí, které se v průběhu jeho využívání zanáší. S odstavením systému se může spojit autorizovaný servis technologie dle bodu 4.3.3. Ovšem toto není nezbytně nutné, pokud servis jednotlivých technologických komponent je prováděn v pravidelných kratších intervalech při běžném chodu RAS. V tomto případě však obsluha RAS musí být vždy při každém servise přítomna a připravena zasáhnout při nečekaném výpadku některé, většinou právě servisované, technologické části RAS.

## 5. SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“

Cílem certifikované metodiky bylo stručně a jednoduše popsat hlavní činnosti a procesy probíhající v recirkulačních akvakulturních systémech (RAS). Současně bylo detailně vysvětleno, jak je nutné daný RAS obsluhovat a udržovat v denních, týdenních či delších intervalech, aby byl zajištěn efektivní intenzivní chov ryb. Publikace tohoto typu, která je přímo určena provozovatelům produkčních RAS, nebyla v ČR doposud ještě vytvořena.

## 6. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Tato certifikovaná metodika je především určena k praktické optimalizaci provozu intenzivních chovů ryb využívajících RAS, které v současné době hromadně vznikají díky finanční podpoře OP Rybářství, ale i investičním aktivitám soukromých subjektů. Snahou publikace je seznámit nové začínající majitele a provozovatele RAS se základními principy činnosti jednotlivých technologických komponentů tohoto způsobu chovu vodních organismů. Dále je důležité ukázat provozovatelům intenzivních chovů ryb, jak je možné a důležité dané produkční chovy efektivně obsluhovat a dlouhodobě udržovat. Cílem certifikované metodiky je podporovat provoz efektivních a rentabilních intenzivních chovů ryb v ČR a Evropě. Výsledky certifikované metodiky budou uplatněny v praxi produkčního podniku Tilapia s.r.o.

## 7. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Autorský tým této certifikované metodiky spolupracuje s předními českými provozovateli RAS (FISH Farm Bohemia s.r.o., Pstruhařství Jizerské hory s.r.o., Tilapia s.r.o., NDC-ryba s.r.o., BioFish s.r.o. a SALMOFARM s.r.o.), které vytvářejí roční produkci tržních ryb na úrovni 500–700 tun v hodnotě cca 35–50 miliónů Kč s DPH. Snahou této certifikované metodiky je naučit naše produkční partnery efektivně a rentabilně využívat jednotlivé komponenty RAS. Cílem je také u všech zmíněných partnerů snížit jejich produkční náklady, a to především díky nižšímu úhynu odchovávaných starších kategorií ryb od kusové hmotnosti 50–100 gramů o 1–2%, což představuje cca 5–14 tun tržních ryb s celkovou prodejní cenou cca 350 000–980 000 Kč ročně.

## 8. SEZNAM LITERATURY

- Alabaster, J.S., Lloyd, R., 1980. Water quality criteria for freshwater fish. FAO and Butterworth Scientific, London, pp. 47–84.
- Bregnballe, J.A., 2010. A Guide to Recirculation Aquaculture. Copenhagen: Eurofish International Organisation, 64 pp.
- Bullock, G.L., Summerfelt, S.T., Noble, A.C., Weber, A.L., Durant, M.D., Hankins, J.A., 1997. Ozonation of recirculating rainbow trout culture system. Effect on bacterial gill disease and heterotrophic bacteria. *Aquaculture* 158: 43–55.
- Čítek, J., Svobodová, Z., Tesařík, J., 1997. Nemoci sladkovodních ryb. Druhé, aktualizované vydání. Informatium Praha, 218 s.
- Davidson, J., Good, C., Welsh, C., Summerfelt, S.T., 2011. The effect of ozone and water exchange rates on water quality and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* performance in replicated recirculating systems. *Aquacultural Engineering* 44: 80–96.
- Dvořák, P., 2004. Vybraná specifika onemocnění akvarijních ryb. *Bulletin VÚRH Vodňany* 40: 101–108.

- Kamstra, A., Span, J.A., van Weerd, J.H., 1996. The acute toxicity and sublethal effects of nitrite on growth and feed utilization of European eel. *Aquaculture Research* 27: 903–911.
- Kolářová, J., Svobodová, Z., 2009. Léčebné a preventivní postupy v chovech ryb. *Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 88*, 30 s.
- Kolářová, J., Nepejchalová, L., 2014. Terapeutické možnosti v chovech ryb ČR – přehled. *Veterinářství* 64: 532–537.
- Kolářová, J., Zusková, E., Steinbach, Ch., Velišek, J., 2017. Praktické návody k provádění léčebných postupů u vybraných parazitárních onemocnění ryb. *Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 166*, 53 s.
- Kouba, A., Hlaváč, D., Kuklina, I., Hamáčková, J., Másílko, J., Mráz, J., Kozák, P., Koubová, A., Buřič, M., 2017. Vermikompostování kalů ze sladkovodních akvakulturních recirkulačních systémů a zhodnocení kvality finálních vermikompostů a biomasy žížal. *Ověřená technologie, FROV JU, Vodňany*, 49 s.
- Kouba, A., Lunda, R., Hlaváč, D., Kuklina, I., Hamáčková, J., Randák, T., Kozák, P., Koubová, A., Buřič, M., 2018. Vermicomposting of sludge from recirculating aquaculture system using *Eisenia andrei*: technological feasibility and quality assessment of end-products. *Journal of Cleaner Production* 177: 665–673.
- Kouřil, J., Hamáčková, J., Stejskal, V., 2008a. Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. *Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 85*, 40 s.
- Kouřil, J., Mareš, J., Pokorný, J., Adámek, Z., Randák, T., Kolářová, J., Palíková, M., 2008b. Chov lososovitých druhů ryb, lipana a síhů. *VÚRH JU, Vodňany*, 141 s.
- Kouřil, J., Podhorec, P., Stejskal, V., Polícar, T., Křišťan, J., Drozd, B., 2011. Optimalizace metod hormonálně indukované ovulace při řízené reprodukci vybraných hospodářsky významných teplomilných druhů ryb. *Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 120*, 34 s.
- Losordo, T.M., Masser, M., Rakocy, J.E., 1992. Recirculating aquaculture tank production systems: an overview of critical considerations. Stoneville, MS: Mississippi State University, Delta Research and Extension Service, pp. 55–65.
- Masser, M.P., Rakocy, J., Losordo, T.M., 1992. Recirculating Aquaculture Tank production Systems, Management of Recirculating Systems. SRAC Publication No. 452, 1–12.
- Mareš, J., Novotný, L., Palíková, M., 2015. Akvakultura – základy výživy a krmení ryb. *Mendelova univerzita v Brně*, 108 s.
- McGee, M., Cichra, C., 2000. Principles of water recirculation and filtration in aquaculture (Univ. Florida, Dept. Fisheries Aquatic Sci., Florida Coop. Ext. Serv. FA-12). 8–12.
- Mélard, Ch., Baras, E., Kestemont, P., 1995. Preliminary results of European perch (*Perca fluviatilis*) intensive rearing trials: Effect of temperature and size grading on growth. *Bulletin Françias de la Pêche et la Pisciculture* 336: 19–27.
- Mráz, J., Dovalil, B., 2015. Akvapionické systémy – intenzivní chov ryb spojený s pěstováním rostlin. In: Velišek, J., Kouba, A., Dvořáková, Z. (Eds): *Potenciál recirkulačních akvakulturních systémů (RAS) pro české produkční rybařství. Sborník příspěvků z odborného semináře, Vodňany 1.–2. září 2015*, s. 97–105.
- Pitter, P., 1981. *Hydrochemie*. SNTL, Praha, 376 s.
- Polícar, T., Stejskal, V., Bláha, M., Alavi, S.M.H., Kouřil, J., 2009a. Technologie intenzivního chovu okouna říčního (*Perca fluviatilis* L.). *Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 89*, 51 s.
- Polícar, T., Drozd, B., Kouřil, J., Hamáčková, J., Alavi, S.M.H., Vavrečka, A., Kozák, P., 2009b. Současný stav, umělá reprodukce a odchov násadového materiálu parmy obecné (*Barbus barbus* L.). *Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 95*, 43 s.
- Polícar, T., Podhorec, P., Stejskal, V., Hamackova, J., Alavi, S.M.H., 2010. Fertilization and hatching rates and larval performance in captive common barbel (*Barbus barbus* L.) throughout the spawning season. *Journal of Applied Ichthyology* 26: 812–815.

# PROVOZNÍ MANUÁL SLOUŽÍCÍ K EFEKTIVNÍMU PROVOZU INTENZIVNÍ AKVAKULTURY VYUŽÍVAJÍCÍ RAS

- Policar, T., Podhorec, P., Stejskal, V., Kozák, P., Švinger, V., Alavi, S.M.H., 2011. Growth and survival rates, puberty and fecundity in captive common barbel (*Barbus barbus* L.) under controlled conditions. Czech Journal of Animal Science 56: 433–442.
- Policar, T., Kříšťan, J., Blecha, M., Vaniš, J., 2014. Adaptace a chov juvenilních ryb candáta obecného (*Sander lucioperca* L.) v recirkulačním akvakulturním systému (RAS). Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 141, 46 s.
- Policar, T., Blecha, M., Kříšťan, J., Svačina, P., 2015a. Metody a postupy využívané v intenzivní akvakultuře. In: Velišek, J., Kouba, A., Dvořáková, Z. (Eds): Potenciál recirkulačních akvakulturních systémů (RAS) pro české produkční rybářství. Sborník příspěvků z odborného semináře, Vodňany 1.–2. září 2015, s. 62–77.
- Policar, T., Samarin, A. M., Melard, Ch., 2015b. Chapter 16: Culture methods of Eurasian perch during ongrowing. In: Kestemont, P., Dabrowski, K., Summerfelt, R.C. (Eds): Biology and Culture of Percid Fishes – Principles and Practices, Springer New York, New York, USA, pp. 417–435.
- Policar, T., Blecha, M., Kříšťan, J., Malinovsky, O., Vaniš, J., 2017. Může být kombinace rybničního a intenzivního chovu candáta obecného (*Sander lucioperca* L.) úspěšně využita v rámci českého produkčního rybářství? In: Urbánek, M. (Ed.): 4. ročník odborné konference Rybářské sdružení České republiky. Sborník referátů z odborné konference, České Budějovice 9.–10. února 2017, s. 33–41.
- Policar, T., Fuka, T., Kříšťan, J., Kouřil, J., 2018a. Popis a využití moderních technologických komponentů využívaných v intenzivní akvakultuře. Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 170, 56 s.
- Policar, T., Kolářová, J., Kříšťan, J., 2018b. Provozní ověření využití ozonu v intenzivním chovu ryb. Technická zpráva pilotního projektu č. CZ.10.2.101/2.1/0.0/15\_001/0000044, FROV JU, 55 s.
- Stejskal, V., Policar, T., Bláha, M., Kříšťan, J., 2010. Produkce tržního okouna říčního (*Perca fluviatilis*) kombinací rybničního a intenzivního chovu. Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 105, 34 s.
- Svobodová, Z., Gelnarová, J., Justýn, J., Krupauer, V., Máchová, J., Simanov, L., Valentová, V., Vykusová, B., Wohlgemuth, E., 1987. Toxikologie vodních živočichů. SZN, Praha, 231 s.
- Svobodová, Z., Máchová, J., Hamáčková, J., Hůda, J., Kroupová, H., 2005. Nitrite poisoning of fish in aquaculture facilities with water-recirculating systems: three case studies. Acta Veterinaria Brno 74: 129–137.
- Svobodová, Z., Kolářová, J., Navrátil, S., Veselý, S., Chloupek, P., Tesarčík, J., Čítek, J., 2007. Nemoci sladkovodních a akvarijních ryb. Informatorium Praha, 264 s.
- Vachta, R., Nusl, P., Smékal, D., Lepič, P., Buřič, M., 2015. Recirkulační systémy v chovech ryb. 2. vyd. Střední rybářská škola a Vyšší odborná škola vodního hospodářství a ekologie, Vodňany, 223 s.
- Velišek, J., Svobodová, Z., Blahová, J., Máchová, J., Stará, A., Dobšíková, R., Šířoká, Z., Modrá, H., Valentová, O., Randák, T., Štěpánová, S., Maršálek, P., Kocour Kroupová, H., Grabic, R., Zusková, E., Bartošková, M., Stancová, V., 2014. Vodní toxikologie pro rybáře. FROV JU, Vodňany, 600 s.
- Wilkie, M.P., 2002. Ammonia excretion and urea handling by gills: present understanding and future research challenges. Journal of Experimental Zoology 293: 284–301.
- Wilkie, M.P., Wood, C.M., 1996. The adaptations of fish to extremely alkaline environments. Comparative Biochemistry and Physiology 113B: 665–673.

## 9. SEZNAM LITERATURY, KTERÁ PŘEDCHÁZELA METODICE

- Kolářová, J., Svobodová, Z., 2009. Léčebné a preventivní postupy v chovech ryb. Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 88, 30 s.
- Kolářová, J., Nepechalová, L., 2014. Terapeutické možnosti v chovech ryb ČR – přehled. Veterinářství 64: 532–537.

- Kolářová, J., Zusková, E., Steinbach, Ch., Velíšek, J., 2017. Praktické návody k provádění léčebných postupů u vybraných parazitárních onemocnění ryb. Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 166, 53 s.
- Polícar, T., Stejskal, V., Bláha, M., Alavi, S.M.H., Kouřil, J., 2009a. Technologie intenzivního chovu okouna říčního (*Perca fluviatilis* L.). Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 89, 51 s.
- Polícar, T., Drozd, B., Kouřil, J., Hamáčková, J., Alavi, S.M.H., Vavrečka, A., Kozák, P., 2009b. Současný stav, umělá reprodukce a odchov násadového materiálu parmy obecné (*Barbus barbus* L.). Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 95, 43 s.
- Polícar, T., Podhorec, P., Stejskal, V., Hamackova, J., Alavi, S.M.H., 2010. Fertilization and hatching rates and larval performance in captive common barbel (*Barbus barbus* L.) throughout the spawning season. Journal of Applied Ichthyology 26: 812–815.
- Polícar, T., Podhorec, P., Stejskal, V., Kozák, P., Švinger, V., Alavi, S.M.H., 2011. Growth and survival rates, puberty and fecundity in captive common barbel (*Barbus barbus* L.) under controlled conditions. Czech Journal of Animal Science 56: 433–442.
- Polícar, T., Kříšťan, J., Blecha, M., Vaniš, J., 2014. Adaptace a chov juvenilních ryb candáta obecného (*Sander lucioperca* L.) v recirkulačním akvakulturním systému (RAS). Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 141, 46 s.
- Polícar, T., Blecha, M., Kříšťan, J., Svačina, P., 2015a. Metody a postupy využívané v intenzivní akvakultuře. In: Velíšek, J., Kouba, A., Dvořáková, Z., (Eds): Potenciál recirkulačních akvakulturních systémů (RAS) pro české produkční rybářství. Sborník příspěvků z odborného semináře, Vodňany 1.–2. září 2015, s. 62–77.
- Polícar, T., Samarin, A. M., Melard, Ch., 2015b. Chapter 16: Culture methods of Eurasian perch during ongrowing. In: Kestemont, P., Dabrowski, K., Summerfelt, R.C. (Eds): Biology and Culture of Percid Fishes – Principles and Practices, Springer New York, New York, USA, pp. 417–435.
- Stejskal, V., Polícar, T., Bláha, M., Kříšťan, J., 2010. Produkce tržního okouna říčního (*Perca fluviatilis*) kombinací rybníčního a intenzivního chovu. Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 105, 34 s.
- Svobodová, Z., Kolářová, J., Navrátil, S., Veselý, S., Chloupek, P., Tesarčík, J., Čítek, J., 2007. Nemoci sladkovodních a akvariálních ryb. Informatorium Praha, 264 s.

## Dedikace

Metodika je výsledkem řešení výzkumných projektů na rozvoj výzkumné organizace č. **QK1820354** s názvem „Technická a technologická inovace intenzivních

chovů ryb založená na nových znalostech umožňující efektivní a stabilní produkci“ – 50%; č. **QK1710310** s názvem „Využití nových biotechnologických postupů v podmínkách české akvakultury s cílem dosáhnout efektivní, kvalitní a ekologicky šetrné produkce ryb“ – 30%, dále MŠMT projekt č. CENAKVA č. **CZ.1.05/2.1.00/01.0024** s názvem „Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz“ – 10%, a MŠMT projekt CENAKVA II v rámci programu NPU I č. **LO1205** s názvem „Udržitelnost a excelence centra akvakultury a biodiverzity hydrocenóz“ – 10%.

**Externí odborný oponent**

Ing. Tomáš Fuka, CSc.

Techneco Praha, s.r.o., Meinlinova 395/11, 190 16 Praha 9

**Interní odborný oponent**

Ing. David Gela, Ph.D.

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybnářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Výzkumný ústav rybnářský a hydrobiologický, Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany

**Oponent za státní správu**

Ing. Lukáš Mareš, Ministerstvo zemědělství, Odbor státní správy lesů, myslivosti a rybnářství, Těšnov 65/17, 110 00 Praha 1

Osvědčení o uplatnění certifikované metodice č. 72343/2018- MZE -16232 ze dne 10. 12. 2018 vydalo Ministerstvo zemědělství, Odbor státní správy lesů, myslivosti a rybnářství

Těšnov 65/17, Praha 1, 110 00

**Adresa autorského kolektivu**

Ing. Miroslav Blecha, Ph.D. – 10% Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybnářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Výzkumný ústav rybnářský a hydrobiologický, Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany, [www.frov.jcu.cz](http://www.frov.jcu.cz)

Ing. Jan Hampl – 10% Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybnářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Výzkumný ústav rybnářský a hydrobiologický, Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany, [www.frov.jcu.cz](http://www.frov.jcu.cz)

MVDr. Jitka Kolářová – 10% Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybnářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Výzkumný ústav rybnářský a hydrobiologický, Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany, [www.frov.jcu.cz](http://www.frov.jcu.cz)

Ing. Jiří Kříšťan, Ph.D. – 10% Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybnářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Výzkumný ústav rybnářský a hydrobiologický, Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany, [www.frov.jcu.cz](http://www.frov.jcu.cz)

doc. Ing. Tomáš Policar, Ph.D. – 60% Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybnářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Výzkumný ústav rybnářský a hydrobiologický, Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany, [www.frov.jcu.cz](http://www.frov.jcu.cz)

V edici Metodik (technologická řada) vydala Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybnářství a ochrany vod, Vodňany, [www.frov.jcu.cz](http://www.frov.jcu.cz); přidělený editor: RNDr. Bořek Drozd, Ph.D.; redakce: Zuzana Dvořáková; náklad: 200 ks, 1. vydání; metodika uplatněna v roce 2018; vtištěna v roce 2020; grafický design a technická realizace: Jesenické nakladatelství Jena Šumperk.