



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

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

Různé produkční akvakulturní systémy využívané pro chov ryb

J. Regenda, V. Kučera





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

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

Různé produkční akvakulturní systémy využívané pro chov ryb

J. Regenda, V. Kučera

Vodňany, 2024

Obsahová část publikace byla zpracována za finanční podpory následujících projektů:

*NAZV projekt QK22020144 Druhová a technologická diverzifikace
produkčního rybářství v ČR s cílem podpořit jeho efektivitu
a konkurenceschopnost – 80 %*

*OP VVV Biodiverzita CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_025/0007370 Reprodukční
a genetické postupy pro uchování biodiverzity ryb a akvakulturu –20 %*



č. 209

ISBN 978-80-7514-214-6

1.	CÍL METODIKY	7
2.	VLASTNÍ POPIS METODIKY	7
2.1.	Rybníky	7
2.2.	Klecové chovy	12
2.3.	Průtočné systémy	19
2.3.1.	S využitím povrchové vody	19
2.3.2.	S využitím podzemní vody	23
2.3.3.	S využitím odpadní oteplené vody	23
2.4.	Recirkulační systémy – RAS (vnitřní/venkovní, vertikální/horizontální)	31
2.5.	Semirecirkulační systémy	39
2.6.	Rybník v rybníku (IPRS)	47
3.	SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“	53
4.	POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY	53
5.	EKONOMICKÉ ASPEKTY	54
6.	SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	54
7.	SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	57

1. CÍL METODIKY

Tato metodika přináší přehled a produkční porovnání efektivity různých akvakulturních systémů využívaných pro produkci ryb, které jsou vhodné pro klimatické podmínky střední a východní Evropy. Akvakulturou se rozumí pěstování nebo chov vodních organismů za použití postupů určených ke zvýšení produkce těchto organismů nad přirozenou kapacitu životního prostředí; organismy zůstávají po dobu pěstování nebo chovu majetkem fyzické nebo právnické osoby až do doby svého sběru (Nařízení rady ES č. 1198/2006). Metodika představuje a podrobněji popisuje následující technologie chovu ryb: rybníky, klecové chovy, průtočné systémy, recirkulační systémy – RAS (vnitřní/venkovní, vertikální/horizontální), semirecirkulační systémy a rybník v rybníku (IPRS). Cílem metodiky je popsat základní charakteristiku jednotlivých technologií a ukázat jejich výhody a nevýhody. Jednotlivé technologie jsou popisovány na konkrétních typizovaných objektech, které jsou nyní funkční v ČR a okolních zemích. To umožní zájemcům o akvakulturní chov ryb najít na jednom místě všechny potřebné informace nutné jednak pro pochopení jednotlivých technologií a také k přijetí správného rozhodnutí při výstavbě nových rybochovných objektů. To je důležité zejména s ohledem na ekonomickou stránku chovu ryb, a to jak z investičního hlediska, tak i následných provozních nákladů.

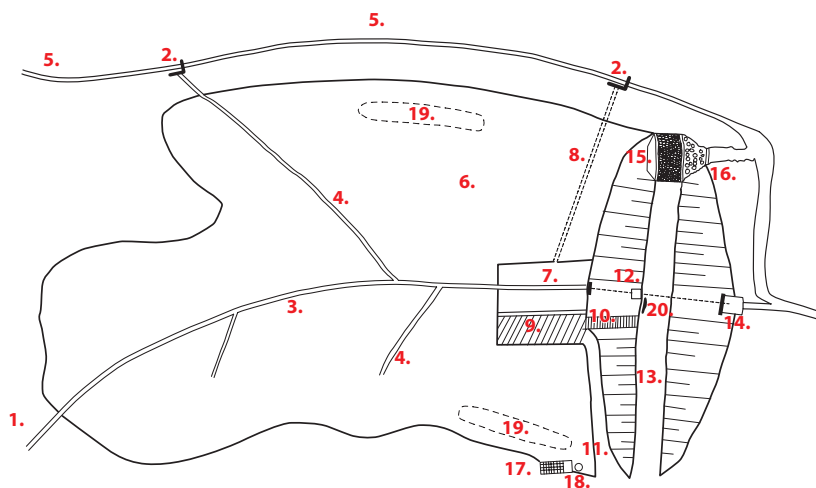
2. VLASTNÍ POPIS METODIKY

2.1. Rybníky

Popis technologie

Chov ryb v rybnících patří mezi jedny z nejstarších používaných akvakulturních technik v Evropě (Balon, 1995; Andreska, 1997). Jeho podstatou je cílená výstavba speciálních malých vodních nádrží – rybníků. Rybníční akvakultura je tedy závislá na výstavbě rybníků – vodních nádrží, které jsou technicky uzpůsobeny pro chov ryb. Rybník jako stavba (obr. 1.) tedy vyžaduje určitá technická specifika, která je nutné naplnit z důvodu efektivního a bezpečného chovu ryb (Regenda a Vachta, 2019). Rybníky je možné efektivně stavět jen tam, kde se přirozeně vyskytuje nepropustné podloží. Vzduť vodní hladiny a vytvoření vodní plochy – rybníků se děje pomocí hráze. Některé, zejména menší rybníky (sádky), však mohou být vybudovány vykopáním do rostlého terénu. Nicméně i tak je musí být možné gravitačně vypustit. V současnosti se díky novým materiálům a technologiím mohou budovat malé rybníky kdekoli, neboť jejich dno

a hráze se dají utěsnit např. pomocí folií. S ohledem na ekonomické náklady se používají k produkci raných stadií ryb nebo k venkovnímu intenzivnímu chovu ryb (zejména subtropy a tropy). Produkčně jsou výhodnější boční – neprůtočné rybníky, které jsou vybaveny obtokovou stokou nebo jsou napouštěny vodou z náhonů. Rybníční dno musí být vyspádováno směrem k vypustnému zařízení (podélně i příčně) a vybaveno funkční sítí stok k jejímu odvodnění. Před vlastní výpustí je loviště, do kterého se přirozeně stahují a shromažďují ryby při vypouštění a výlovu. Objem (kapacita) loviště musí být adekvátní k množství ryb vyprodukovanému, resp. lovenému v daném rybníce (neopomenout svaz obsádek komorového rybníka). Minimální objem loviště rybníků pro 1 000 kg lovených ryb je 6,5 m³, resp. optimum je 10 až 30 m³. Bezpečnost a welfare ryb při vícedenních výloveh velkých rybníků je zabezpečena prostřednictvím bočního stříku (vody) na loviště. Pro efektivní a bezpečný výlov ryb je důležité kádiště přístupné z koruny hráze pomocí schodů a se sjezdem pro automobily. Pohon mechanizace při výlovu, případně aerátorů ke zlepšení kyslíkového režimu (komorování, léto) je umožněn pomocí elektrické přípojky. Z hlediska chovu ryb jsou důležité sklady a rampy, jakož i celoročně dobrý dopravní přístup k rybníku (Regenda a Vachta, 2019).



Obr. 1. Technické a stavební prvky ideálního rybníku: 1. přítoková stoka, 2. rozdělovací objekt (nápustný), 3. hlavní stoka, 4. vedlejší stoky, 5. obtoková (obvodová) stoka, 6. dno rybníka, 7. loviště, 8. boční střík do loviště, 9. kádiště, 10. schody na kádiště, 11. sjezd na kádiště, 12. vypouštěcí objekt, 13. hráz, 14. vývařiště, 15. bezpečnostní přepad, 16. odtok z bezpečnostního přelivu, 17. příruční sklad, 18. silo na krmivo, 19. krmné místo – prubiště, 20. elektrická přípojka. (Kresba: J. Regenda).

Princip fungování

V rybníku dochází díky akumulaci vody k jejímu prohřátí a následně rychlejší transformaci anorganických a organických živin až na různé druhy živých organismů. Ty navzájem vytvářejí potravní řetězec. V rybníční vodě se tak namnoží fytoplankton, který patří společně s vodními makrofity k tzv. primárním producentům. Tyto autotrofní organismy vytvářejí organickou hmotu ze základních živin, jež je následně využívána ve vyšších patrech potravní pyramidy k sekundární produkci (různí bezobratlí, ryby, ptáci, savci). Primární producenti jsou rovněž hlavním zdrojem kyslíku ve vodě (z fotosyntézy), který je nezbytný pro život – dýchání a metabolismus většiny vodních organismů. V rybníkářství jsou využívány tyto přirozeně vznikající potravní zdroje rovněž k výživě a růstu ryb. Rybami jsou využívány především dvě hlavní skupiny bezobratlých živočichů: zooplankton (vířníci, klanonožci a perloočky) a zoobentos (larvy hmyzu, maloštětinatci, ploštěnky, měkkýši apod.). Omezeně je potravně zužitkován rovněž náletový hmyz. K zvýšení produkce ryb v rybnících se používají různá meliorační opatření. Pomocí nich dochází k zvýšení primární a následně i sekundární produkce rybníčního ekosystému (především zooplanktonu). Meliorační opatření můžeme rozdělit do tří skupin:

- a) směřující k vylepšení vodního režimu rybníka (údržba stok – přítoková, odtoková, obtoková);
- b) péče o rybníční dno (plošná úprava dna, stokování, zimování a letnění, mechanické zpracování, drenážování, vysekávání makrofyt, vyhrnování okrajů, odbahňování);
- c) voda – životní prostředí ryb (vápnění a hnojení – organické/anorganické).

K neefektivnějším intenzifikačním opatřením však patří přikrmování, resp. krmení ryb. V podmínkách rybníkářství střední a východní Evropy je hlavním chovaným druhem v rybnících kapr obecný (*Cyprinus carpio*). Ten je přikrmován především obilovinami, které jsou zdrojem energie (metabolismus a pohyb). Proteiny nutné pro růst pak pocházejí z přirozené potravy, která je bohatá na bílkoviny (zooplankton a zoobentos). Díky přísunu energie z glycidových krmiv rostlinného původu není nutné energeticky využívat „drahý“ protein z přirozené potravy. To vede ke zvýšení celkové produkce všežravých druhů ryb, zejména kapra. Z hlediska intenzity chovu ryb v rybnících rozlišujeme: extenzivní, polointenzifikační, intenzifikační a průmyslový chov (viz Příloha 1). Dalším nástrojem k efektivnějšímu využívání rybníčního ekosystému jsou polykulturní, tedy vícedruhové obsádky. Různé druhy ryb využívají rozličné potravní zdroje na různých místech rybníka a v různém čase. Býložravé ryby: amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*), tolstolobik bílý (*Hypophthalmichthys molitrix*), tolstolobec pestrý (*Hypophthalmichthys nobilis*), konzumují z části

fytoplankton a makrofyta, lín obecný (*Tinca tinca*) preferuje mělké zarostlé části litorálu, síhové (*Coregonus*, sp.) využijí zimní zooplankton, dravé druhy ryb omezují výskyt drobných planktonofágních druhů ryb (tzv. „plevelné ryby“) a fungují rovněž jako „zdravotní policie“. Doplnkové druhy ryb díky své obvyklé vyšší hodnotě zlepšují rovněž ekonomiku chovu ryb v rybnících. Rybníční ekosystém je tak zdrojem minimálně části potravy ryb a plně udržuje kvalitu vody na požadované úrovni (Hartman a Regenda, 2016).

Výhody produkčního systému

- Možnost chovat více druhů ryb společně.
- Obvykle vysoká kvalita produkovaných ryb.
- Nízké produkční náklady a malá spotřeba energie.
- Při vhodném rybářském managementu výskyt cenných mokřadních ekosystémů a vzácných druhů rostlin a živočichů.
- Celospolečensky žádané ekosystémové služby (akumulace vody v krajině, retence vody, mikroklima, vodní režim, biodiverzita, energetika apod.).

Nevýhody produkčního systému

- V podmínkách střední a východní Evropy je růst ryb možný především v průběhu vegetačního období.
- Dlouhý produkční cyklus tří až čtyřletý.
- Častá sezónní dodávka tržních ryb o různé hmotnosti (jarní a podzimní výlovy, částečně léto) a v omezeném druhovém sortimentu.
- Nízká biomasa ryb na plochu, resp. objem vody a vysoké investiční náklady.
- Velký zábor území, které může být jinak cenné pro životní prostředí.
- Větší vzdálenost mezi místem produkce a spotřeby.
- Nutnost správného fungování rybníčního ekosystému (zejména kyslíkový režim). Šíření nemocí ryb a plevelných ryb z důvodu napojení rybníční soustavy na vodoteče.
- Výskyt rybožravých predátorů a nákladná, časem málo účinná ochrana proti nim.

Optimální podmínky pro efektivní fungování systému

Růst ryb (kapra) v podmínkách střední a východní Evropy je od cca 15 °C, tedy březen–říjen. Letní teplota vody by neměla přesahovat 30 °C. Nutný je dobrý kyslíkový režim, zejména v letním období (srpen–září), kdy díky růstu ryb dochází k nárůstu biomasy a vyžíracího tlaku obsádky. To vede k snížení průhlednosti vody pod 20–30 cm a zvýšení zákalu vody (bioturbace). Tato skutečnost následně omezuje fotosyntézu a může docházet ke kyslíkovým deficitům zejména v ranních hodinách při vyšší teplotě vody a v období prodlužujících se nocí. Rybníky se nemají přesazovat, aby byl zabezpečen dostatek přirozené potravy po většinu vegetačního období. Zmírnění nebo úplnou eliminaci těchto problémů lze zajistit také letními odlovy ryb „na plné vodě“ ve výši několika desítek procent z aktuální biomasy ryb (alespoň 20–30 %). Je to ekonomické a kvalita takto vyprodukovaných ryb je vyšší (nižší obsah tuku).

Vhodné druhy ryb

Kapr obecný, amur bílý, tolstolobik bílý, tolstolobec pestrý, lín obecný, štika obecná (*Esox lucius*), candát obecný (*Sander lucioperca*), sumec velký (*Silurus glanis*), jako potravní ryba plotice obecná (*Rutilus rutilus*), perlín ostrobříchý (*Scardinius erythrophthalmus*), slunka obecná (*Leucaspis delineatus*).

Zdroj potravy a kyslíku

V extenzivním a polointenzifikačním chovu ryb hraje hlavní roli přirozená potrava (zooplankton a zoobentos), která je zdrojem proteinů. Energie je dodávána z glycidových krmiv ve formě příkrmování. Žádoucí je docílit relativního krmného koeficientu (RKK) při příkrmování kapra obilovinami na úrovni nepřesahující 2. To zajišťuje vyrovnanou bilanci fosforu a minimalizuje nadměrný vnos živin do rybníčního ekosystému (Hartman a Regenda, 2016). Při vyšším stupni intenzifikace roste význam předkládaných krmiv, které mohou mít nižší obsah proteinu (do 35 % NL) (Příloha 1). Hlavním zdrojem kyslíku je fotosyntéza, doplňkové aerace a přítok vody.

Investiční a provozní náklady

Náklady na výstavbu rybníků jsou s ohledem na podmínky zakládání různé a pohybují se v řádu nižších jednotek miliónů korun na hektar vodní plochy. Při roční produkci ryb 500–1 500 kg.ha⁻¹ představuje budování nových rybníků

ekonomicky málo efektivní investici. V současnosti se proto staví spíše malé rybníky do 2 ha, které mají především význam pro ochranu přírody.

Provozní náklady na rybník jsou dle velikosti hospodářské jednotky (ojedinělý rybník, rybářská firma) a typ uživatele (spolek, fyzická osoba, právnická osoba) na úrovni 20–30 (50) tis. Kč.ha⁻¹. Hlavní položky jsou nájem (odpisy), práce, krmivo, mzdy a doprava (Regenda a Hanzlík, 2024).

2.2. Klecové chovy

Popis technologie

Klecové chovy patří rovněž mezi velmi staré způsoby chovu ryb, a to především v Asii. V podmínkách střední a východní Evropy se však začaly výrazněji uplatňovat spíše až ve druhé polovině 20. století. Klece pro chov ryb, resp. jejich nosné konstrukce, bývají vyrobeny z různých materiálů. Ty historické jsou ze dřeva, případně bambusu. V současnosti jsou spíše z kvalitních plastů a kovu. Po technické stránce je systém tvořen rámem/kostrou, který vymezuje tvar a velikost klece. Ten bývá velmi často integrován společně se systémem plováků, dříve kovových válců, dnes nejčastěji plastových trubek. Klece mívají různý tvar (hranaté, kruhové, víceboké) i velikost (od 36 m³ do 141 000 m³ – mořské). Klec fakticky vymezuje životní prostor chovaným rybám v otevřeném vnějším prostředí (řeka, kanál, rybník, jezero, přehrada, mořské pobřeží). V současnosti bývá sakovina vyrobena z odolných umělých vláken (např. polyamid – PA, polyester – PET, polyetylén – PE), v minulosti pak z přírodních vláknitých materiálů, případně i bambusu s pevnými stěnami. Velikost ok sítí je volena se zřetelem na velikost vysazených ryb, přičemž je snaha mít oka sítě co největší s ohledem na vyšší plynulost výměny vody v kleci na straně jedné, ale dostatečně malé, aby z nich chované ryby neunikaly. Hloubka klecí je volena dle lokality tak, aby byla jejich spodní část min. 2 m nade dnem (Příhoda, 2023). Malé klece (obr. 2.) mohou být spojovány do větších celků – baterií, zatímco velké, kruhové klece (obr. 3. a 4.) jsou zpravidla samostatné jednotky. Klece jsou kotveny ke břehu (jednodušší a levnější varianta), případně ke dnu (drahé a těžké kotvy) pomocí různých technologií. V síti umístěné ryby jsou přikrmovány, resp. krmeny umělými krmivy (suché tvarované kompletní krmné směsi), přičemž alespoň z části mají přístup k přirozené potravě nacházející se ve vnějším prostředí. Zdrojem kyslíku jsou okolní vodní masy, které volně procházejí klecí a zároveň odnášejí produkty metabolismu ryb. Z horní strany mohou být klece kryty sítěmi proti vnikání rybožravých predátorů. Klecová farma může být chráněna před vnikáním rybožravých predátorů z vody (ryby, savci) pomocí soustavy vnějších svislých sítí, jež omezí jejich přístup k vlastním klecím

s rybou. Klece mohou být rovněž vybaveny dalšími technologiemi, které posilují bezpečnost chovu ryb a snižují negativní dopady na životní prostředí. Jedná se například o automatické krmení ryb, kontinuální monitoring hydrochemických parametrů kvality vody, skenery růstu ryb a zejména různé lapače exkrementů. K provozu větší klecové farmy je však zapotřebí rovněž technické zázemí na břehu v podobě: dopravní dostupnosti, el. přípojky, přístaviště, speciálních lodí (lidé, krmivo, ryby), sociálního zázemí obsluhy, skladu krmiv apod.

V Československu byly plovoucí klece na přehradách využívány k odchovu pstruha duhového od roku 1970 na VN Lipno (Pokorný, 1990). Typizované klece měly rozměry 4 x 3 m a hloubku 4 m (ve vodě jen 3 m). Objem odchovného prostoru každé klece tak byl 36 m³. Velikost ok sakoviny byla: 6, 8, 10 a 15 mm. Klece se sestavovaly do baterií po 10 kusech (20 x 8,1 m). Výška konstrukce byla 2 m a umožňovala proplutí lodí při servisní činnosti (obr. 2.). K dispozici byla rovněž menší baterie (9,8 x 10 m), osazena jen 6 klecemi a vybavena pochozí lávkou. V současnosti se v ČR s ohledem na kvalitu vody a vnos živin do povodí klecový chov na vodních nádržích neprovádí. Provoz poslední klecové farmy na VD Nechanice na řece Ohři zanikl kolem r. 2013. Nejbližší klecové chovy jsou na Slovensku, konkrétně na VN Liptovská Mara, kde se nachází dvě farmy (obr. 2. až 4.).



Obr. 2. Konstrukce plovoucích klecí vyvinutá Státním rybářstvím, o.p. v 70. letech 20. st. v Československu, baterie o 10 klecích s rozměrem 4 x 3 x 4 m, Liptovská Mara, objekt SRZ Rada, o.z. (Foto: J. Regenda).



Obr. 3. Moderní velkoobjemové klece s chovem lososovitých ryb na Liptovskej Mare, objekt SRZ Rada, o.z. (Foto: J. Regenda).



Obr. 4. Montáž nových moderních klecí na chov lososovitých ryb na břehu Liptovskej Mary, včetně jedné ze dvou kotev o hmotnosti 450 kg, Slovrbyb, a.s. (Foto: J. Regenda).

Princip fungování

Klecové chovy realizují odchov ryb v otevřených vodních masách, ve kterých vymezují určitý dílčí prostor (jednotky až tisíce m³), ve kterém jsou drženy ryby v zajetí. Kvalita životního prostředí ryb je dána kvalitou vody v okolí. Klece se instalují obvykle na hlubších místech, aby exkrementy ryb a nezkonzumované zbytky krmiva nezpůsobovaly zhoršení kvality vody – zejména kyslíkového režimu. Výhodou je rovněž místo s určitým přirozeným prouděním vody, která tím snadněji prochází klecemi (obr. 5.). Využití odpadních oteplených vod z chlazení uhelných elektráren protékajícími kanály vytváří možnosti pro prakticky celoroční růst ryb. Na druhé straně je určitou nevýhodou riziko nestálého teplotního režimu (kolísání výkonu elektrárny, porucha, odstávka), které zejména v zimních měsících může přinášet náhlé ochlazení vody, se všemi fyziologickými komplikacemi pro ryby. Druhým rizikem jsou kyslíkové deficity, zejména pak při vyšších teplotách vody. Nicméně klecové chovy se umísťují především na hlubší stojaté vody (údolní nádrže, jezera, mořské pobřeží), které představují stabilnější prostředí s určitou rezistencí vůči náhlým výkyvům klíčových parametrů kvality vody (O₂, pH, teplota).



Obr. 5. Plovoucí klece (4 x 3,5 x 3 m) na kanálu s odpadní oteplenou vodou z chlazení uhelné elektrárny Goslawice v Polsku využívané k odchovu násad jeseterů. Teplota vody v kanálu je o 5 °C vyšší ve srovnání s její přirozenou úrovní a v létě nepřesahuje 30 °C – environmentální limit pro fungování elektrárny (Foto: J. Regenda).

Ryby chované v klecích mohou z části přijímat kromě předkládané „umělé“ potravy (různě nutričně kvalitní pelety) také přirozenou potravu vyskytující se v okolí klecí. Její význam je dán především hustotou chovaných ryb a dostupností/velikostí potravních zdrojů. Využití přirozené potravy – zooplanktonu v klecích je běžné např. při odchovu plůdku síhů (Pokorný a kol., 1998). Zooplankton je do klecí lákán v noci za pomoci světla (obr. 6.). Postupně se pak přechází na přikrmování suchými peletami. Nicméně hlavním zdrojem potravy jsou předkládané pelety (kompletní krmné směsi) s nutričním složením odpovídajícím danému druhu a věkové kategorii chovaných ryb. Kvalita vody v odchovném prostoru je udržována velkým objemem okolních vodních mas a víceméně odpovídá jeho úrovni. V podmínkách střední a východní Evropy, kde se klece používají především k odchovu lososovitých ryb, se jako kritický faktor jeví vysoká teplota vody (nad 24 °C) v letních měsících. Takto prohřátá voda nemá dostatek kyslíku pro efektivní metabolismus chovaných ryb a příjem krmiva. K ochlazení chovného prostoru a zabezpečení lepšího kyslíkového režimu je možné použít čerpadla, pomocí kterých je ode dna nádrže nasávána chladnější voda s potencionálně vyšším obsahem rozpuštěného kyslíku.



Obr. 6. Klece umístěné v jezeru na farmě Swaderki (Polsko) pro odchov raných stadií síhů, do kterých je lákán zooplankton pomocí světla umístěného nad vodou (bezpečné napětí 24 V) (Foto: J. Regenda).

Výhody produkčního systému

Relativně rychlá a jednoduchá výstavba rybí farmy na nové lokalitě, jednoduchá technologie, minimální zábor pozemků na pevnině, nízké investiční a provozní náklady, malá energetická náročnost, vyšší kvalita masa ryb z důvodu přístupu k přirozené potravě.

Nevýhody produkčního systému

Kvalita vody (teplota, O_2) je ovlivněna okolním prostředím a může být často mimo kontrolu chovatele. Výskyt period, kdy není možné krmit (teplota, O_2). Zvýšené kusové ztráty z důvodu působení rybožravých predátorů, únik ryb do volných vod a riziko šíření nemocí. Omezená možnost provádět preventivní a terapeutická opatření. Obvykle sezónní provoz. Riziko poškození technologie bouří a ledovou tříští. Silná kompetice o prostor na pobřeží, zejména u moře, s turismem. Omezené technické možnosti pro efektivní zachytávání exkrementů zvyšuje eutrofizaci vod.

Optimální podmínky pro efektivní fungování systému

Optimální podmínky pro fungování klecového chovu jsou dány především druhem chované ryby a umístěním technologie. Pro pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) chovaného v klecích je žádoucí teplotní optimum 10–16 °C, resp. přijatelná teplota 2–18 °C. Koncentrace kyslíku by se měla pohybovat na úrovni 80–100 % (9–10 mg.l⁻¹), resp. neklesat pod 65–70 % (7 mg.l⁻¹).

Vhodné druhy ryb

V chladných vnitrozemských vodách jsou chovány lososovité druhy ryb: pstruh duhový, okrajově siven americký (*Salvelinus fontinalis*) a pstruh obecný (*Salmo trutta*, domestikovaná forma). V omezené míře v Polsku a Pobaltí plůdky různých druhů síhů. Teplejší vnitrozemské vody dávají možnosti pro alespoň sezónní odchov násady kapra a kaprovitých ryb obecně, případně jeseterů (Acipenseridae). Na chladném mořském pobřeží to je především chov lososa atlantského (*Salmo salar*). V teplých středomořských vodách je rozšířen především chov mořčáka evropského (*Dicentrarchus labrax*) a mořana zlatého (*Sparus aurata*).

Zdroj potravy a kyslíku

Hlavním zdrojem potravy jsou předkládaná umělá krmiva – komplexní krmné směsi. Z části je využívána rovněž přirozená potrava. Hlavním zdrojem kyslíku pro život ryb je okolní vodní masa.

Investiční a provozní náklady

Klecové chov patří obecně mezi investičně a provozně nejlevnější technologie. Při výstavě klecové farmy je však potřebné docílit určitého minimálního rozsahu produkce, aby byly doprovodné investice rentabilní. Jedná se především o dopravní a technickou obslužnost zázemí na pobřeží, přístaviště, plovoucí manipulační platforma, lodě, nakladače, třídičky, sociální zázemí obsluhy, elektrická přípojka apod. Hodnota těchto investic může dosahovat dle lokality a požadované úrovně zajištění řádově vyšší statisíce až jednotky miliónů korun. Cena nosné plovákové konstrukce moderních kruhových klecí o průměru 12m se sítí o hloubce 6m se pohybuje v řádu 250–300 tis. Kč (bez kotvení). Mnohem efektivnější je stavět několik klecí najednou, neboť se díky tomu optimalizují náklady na výstavbu a instalaci (nakladače, lodě, speciální technika). V takovémto případě se mohou náklady na 4 kruhové klece o průměru 12 m a hloubkou sítě 8m vyšplhat na 1,9 mil. Kč (cca 470 tis. Kč/klec), včetně kotvení na vodě. Kotvení klecí na hluboké vodě je velmi nákladné. Výhodnější je kotvit klecové chovy lany na břeh. Návratnost takovéto investice je možné očekávat dle lokality a úrovně zootechniky za 2–3 roky. Komplexní automatizace krmení a svozu tržních ryb jedné farmy může stát 5 až 6,3 mil. Kč. Na druhé straně však může ušetřit až 80 % mzdových nákladů, což představuje roční úsporu až 1 mil. Kč. Klecové chovy bez automatizace vyžadují trvalou přítomnost obsluhy (24 h/7 d). Naskladnění a vyskladnění ryb vyžaduje vyšší počet pracovníků. Při špatném počasí dochází často k výpadku pracovníků z důvodu nemoci. V našich podmínkách není bezpečné realizovat klecové chovy lososovitých ryb celoročně s ohledem na nízkou teplotu vody v zimních měsících a zamrzání vodní hladiny. Tato skutečnost má dopady i na využití zaměstnanců. Z provozních nákladů dominuje krmivo, mzdy a odpisy. V menší míře jsou potřeba energie a PHM. Návratnost investice do klecového chovu je vysoká, ale je vyvážena vysokým chovatelským rizikem.

2.3. Průtočné systémy

Popis technologie

2.3.1. S využitím povrchové vody

Tyto objekty byly budovány především v blízkosti větších a vodnatých řek. Voda je do objektu přiváděná obvykle náhonem od jezu umístěným v řece nad farmou. Průtok vody objektem je gravitační a využívá rozdílu výšek mezi odběrem a odtokem vody z farmy.

První typy průtočných odchovných systémů pro chov lososovitých druhů ryb vycházely vzorově z malých rybníků pro chov kapra. K jejich zavádění došlo až po roce 1850 nejprve v Dánsku, poté se rozšířily po celé Evropě. To souviselo především se zvládnutím umělého výtěru lososovitých ryb. Jedná se o malé zemní nádrže 100–500 m² s přirozenými břehy a písčitým (lehce zabahněným) dnem o hloubce 1–2 m. Nádrže mívají nejčastěji obdélníkový tvar s poměrem stran 1 : 4–10 a hlavní stokou cca 20 cm pod úroveň dna přes celou nádrž až do loviště. Tyto malé obdélníkové rybníčky o ploše řádově stovek m² jsou stavěny v soustavách desítek až stovek nádrží. Pro tento systém pstružích farem se obecně vžilo označení „dánský systém“ (obr. 7.). Zprvu, až do 60. let 20. st., byla výživa ryb řešena zkrmováním mletých jatečných odpadů (včetně starých koní, Cios, osobní sdělení). Tato praxe se stala postupně z hygienického hlediska zcela neúnosnou. Dnes jsou zkrmovány prakticky výhradně suché tvarované komplexní krmné směsi. Zdroj vody by měl zabezpečit obměnu vody v celé nádrži (100–1 000 m³) za 1 až 2 hodiny. Její teplota by měla po co největší část roku dosahovat optimální úrovně 14 až 16 °C, při koncentraci kyslíku 9–12 mg.l⁻¹ na přítoku, resp. do 6 mg.l⁻¹ na odtoku z nádrže (Pokorný a kol., 1998; Příhoda, 2023).



Obr. 7. Průtočné malé zemní rybníčky „dánského typu“ na farmě Bečov nad Teplou (Foto: J. Regenda).

Ve druhé polovině 20. st. začala, po zvládnutí výživy lososovitých ryb formou použitelných suchých tvarovaných krmných směsí, výstavba nového typu farem s dlouhými betonovými kanály – tzv. „italského typu“. Typickým reprezentantem této technologie je pstruhárna Annín na řece Otavě (obr. 8.) nebo Biely Potok (Slovensko) na řece Revúca (obr. 9.). Po technické stránce se jedná o dlouhé (20–200 m), ale úzké (2–4 m) betonové kanály s hloubkou 1 až 2 m. Objem vody v jednom kanálu bývá 100–1 000 m³ a je s ohledem na svoji délku rozdělen mřížemi na 2 až 4 samostatná oddělení (Annín – 200 m = 4x50 m oddělení, obr. 8.), případně jsou samostatné kratší kanály navzájem napojené kaskádově s přepadem vody – intenzivním provzdušením (Biely Potok – 120 m = 2x60 m kanál rozdělen na dvě 30 m oddělení, obr. 9.). Spád dna kanálu je příhodný kolem 0,5 %. V protilehlých stěnách kanálu je vhodné mít umístěné „U“ profily ve vzdálenosti 7 až 10 m k umístění mříží, které mohou odchovný prostor operativně zmenšit (dle potřeby chovu). Voda mezi jednotlivými odděleními může být silně provzdušňována z důvodu odstranění plynů a alespoň částečné dosycení O₂, eventuálně doplněna o krátkou klidovou zónu bez ryb pro sedimentaci exkrementů (např. odkalovací kužele). Optimální výměna vody v oddělení je 2 až 4krát za hodinu. Koncentrace O₂ na přítoku do objektu by měla být na úrovni 9–12 mg.l⁻¹, resp. nim. 7 mg.l⁻¹ na odtoku z něj. Betonové kanály umožňují dobrou výměnu vody v jejich celém profilu a mají také dobrou zoohygieny (dezinfekce, terapie) (Pokorný a kol., 1998; Příhoda, 2023).



Obr. 8. Pohled na odchovné betonové kanály „italského typu“ rozdělené na tři oddělení na farmě Annín postavené v roce 1970 (Klatovské rybářství, a.s.) (Foto: J. Regenda).



Obr. 9. Celkový pohled na odchovnou část s betonovými kanály využívanými k produkci tržních ryb na farmě Biely Potok postavené v roce 1989 (Slovryb, a.s., Slovensko) (Foto: J. Regenda).

Pro chov lososovitých druhů ryb na průtočné technologii jsou rovněž vhodné kruhové nádrže („rybníčky“) (obr. 10.). Vyznačují se totiž dobrou hydraulikou i při nižším průtoku vody. Díky krouživému pohybu vody a jejímu odtoku středem konického dna dochází v nádrži k sedimentaci exkrementů. To umožňuje udržovat lepší kvalitu vody v nádrži pomocí pravidelného odkalování, případně kontinuálně při řešení výpusti formou „trubka v trubce“ (vnější trubka je u dna perforovaná a vnitřní určuje výšku vodní hladiny přepadem). Díky tomu je možné zvýšit obsádku těchto nádrží (s ohledem na dostupný přítok vody) až o 30 % ve srovnání se žlaby (kanály). Kruhové nádrže jsou kvůli omezení promrzání stěn úplně nebo alespoň z části zapuštěné do země (s ohledem na spádové poměry). Tyto nádrže byly v minulosti budovány z betonu, nyní se spíše uplatňují antikorozně upravené plechy a sklolaminát spojované ze zakřivených desek nýty (levnější a rychlejší výstavba, hladší povrch). Průměr venkovních kruhových rybníčků bývá 3 až 12 m, přičemž hloubka může dosahovat od 40 do 120 cm, dle celkové velikosti nádrže. Do středu nádrže je nad hladinou vedena obslužná lávka. Přítok vody je u stěny nádrže a může být veden v několika úrovních s možností nastavení úhlu výtoku vody. Díky tomu je možné měnit směr i rychlost proudění vody. K výměně vody v nádrži by mělo docházet jednou za 1 až 2 hodiny. Výlov ryb je možné zabezpečit vypuštěním vody do centrální srovnávací jímky společné pro více nádrží (Pokorný a kol., 1998; Příhoda, 2023). Tato technologie se využívá nejčastěji k odchovu plůdku (ročka), případně k držení generačních a remontních ryb.



Obr. 10. Průtočné kruhové nádrže k odchovu lososovitých ryb na farmě Lindbergmühle, Německo (Foto: J. Regenda).

2.3.2. S využitím podzemní vody

Malé rybochovné objekty s průtokem vody jsou stavěny rovněž na vydatných pramenech podzemních vod. Ty jsou s ohledem na celoročně stálou teplotu vody i vydatnost využívány především jako rybí líhně, případně k odchovu plůdku lososovitých druhů ryb (obr. 11.). Jejich technické řešení a uspořádání je podmíněno především vydatností pramene a kvalitou vody. Častá je potřeba předřadit jednotku na oxidaci Fe^{2+} na Fe^{3+} , aby nedošlo k jeho vysrážení na povrchu rybího těla, tedy především žaber, což by mohlo vést k pozdějšímu k úhynu plůdku nebo inkubovaných jiker. Podzemní voda mívá vysokou koncentraci rozpuštěných plynů a nedostatek kyslíku, proto je potřebné její odplynění a okysličení (alespoň vzduchováním, případně i oxygenací).



Obr. 11. Průtočná pstruží líheň s odchovnou plůdku napájená vodou z pramene (teplota vody 8,4 °C; vydatnost 35 l.s⁻¹), Rybárstvo Krpelany (Slovensko) (Foto: J. Regenda).

2.3.3. S využitím odpadní oteplené vody

První zkušenosti s využitím odpadní oteplené vody k chovu ryb byly činěny v NDR od 70. let 20. st. V zimních měsících byl prováděn odchov K_1 v betonových kanálech napájených chladicí vodou z uhelných elektráren. Motivací bylo především zkrácení chovného cyklu a z toho plynoucí úspory,

resp. navýšení produkce kaprů. Nestabilní kvalita vody, jakož i technická nedokonalost dostupných technologií, ve spojení s nekvalitní výživou nevedly zprvu ke kýženým výsledkům (ztráty přes zimu 30–40 %). Postupně však došlo ke zlepšení kvality krmných směsí, úpravě technologie (typ a tvar nádrží, oxygenace místo aerace), což snížilo kusové ztráty na úroveň do 10 %. Vzrostla rovněž kusová hmotnost K_{1-2} na konci odchovu z 200–250 g.ks⁻¹ na 350 g.ks⁻¹ při konečné biomase až 180 kg.m³. Na konci 20. století byla postavena v hnědouhelné elektrárně Jänschwalde (Braniborsko, NSR) nová průtočná farma s kruhovými nádržemi z pogumované tkaniny napojenými přímo na chladicí okruh elektrárny (obr. 12.). Voda již byla plně sycena kyslíkem a v roce 2004 se zde kromě jiných druhů ryb vyprodukovalo 150 t násady kapra. V průměru bylo dosahováno těchto výsledků: konečná kusová hmotnost cca 400 g; ztráty 5 až 10 %; FCR (z angl. *food conversion ratio* = krmný koeficient – absolutní) – 1,3 až 1,7; konečná biomasa cca 120 kg.m³. Nicméně stabilita a bezpečnost produkce v těchto systémech je trvale ohrožována rizikem výpadku dodávky oteplené vody (porucha, odstávka zdroje) (Rümmeler a kol., 2006). V roce 2007 byla na základě předchozích zkušeností vybudována nová farma u elektrárny Schwarze Pumpe (Braniborsko, NSR) (obr. 13.). Odpadní oteplená voda je poskytována elektrárnou zdarma jako environmentální bonus za využívání neobnovitelných přírodních zdrojů. Farma se skládá ze čtyř kruhových nádrží, každá o objemu 175 m³. Konstrukce nadzemních nádrží je velmi lehká – ocelový rám vyplněn pogumovanou tkaninou zpevněnou zvenčí plastovou sítí. Přes regulační ventil je na farmu přiváděna přítoková voda v množství 400–500 m³.h⁻¹. Voda je následně sycena tekutým kyslíkem pod tlakem v reaktoru na 75 mg.l⁻¹ pro každou nádrž samostatně. V nádrži s rybami je obsah kyslíku nad 35 mg.l⁻¹. Teplota vody se pohybuje na úrovni 22–24 °C a k její výměně dochází přibližně jednou za 2 hodiny. Krmení ryb je prováděno automatickým krmítkem v hodinovém intervalu 12x za den. Pelety jsou skladovány v silu společném pro dva protilehlé kruhové bazény. Voda odchází z nádrží s rybami do vodoteče přes bubnový filtr, který zachycuje nerozpuštěné látky a odvádí je do sedimentační vícekomorové jímky. Pro případ poruchy nebo odstávky zdroje teplé vody je za bubnovým filtrem umístěno výkonné čerpadlo, které umožní recyklaci vody v objektu. V takovém případě se automaticky zastavuje krmení a dochází k pozvolnému ochlazení vody v objektu. Tuto mimořádnou situaci dokáže kapr na rozdíl od teplomilných ryb fyziologicky zvládnout (přežít). Celá farma je plně automatizovaná, dálkově kontrolovaná a řízená počítačovým systémem. Obsluha celého objektu je realizována jedním pracovníkem na 0,5 úvazku a představuje především servisní a kontrolní činnost technologií. Zařízení není vybaveno biofiltrem.



Obr. 12. Odchovné nádrže využívající odpadní oteplenou vodu jsou umístěny přímo v areálu elektrárny Jänschwalde a slouží především k odchovu násady kapra, Teichgut Peitz, GmbH; Německo (Foto: J. Regenda).



Obr. 13. Rybochovný objekt Schwarze Pumpe, KREBA-Fisch, GmbH slouží k zimní produkci násady kapra a je umístěn v průmyslovém komplexu navázaném na stejnojmennou nejmodernější uhelnou elektrárnu v Německu (Foto: J. Regenda).

Možnost úpravy kvality vody na přítoku průtočných objektů se obvykle zaměřuje na zvyšování pH aplikací sody (NaHCO_3) a vápna (CaO), případně srážení – oxidaci iontu Fe^{2+} na Fe^{3+} pomocí vzduchování a krátkého zdržení přítokové vody v přednádři.

U všech výše popsanych typů farem je žádoucí na odtoku vody z objektu zřizovat jednotky pro dočišťování vody odcházející zpět do vodoteče. Mohou to být kapacitní sedimentační rybníky/laguny, které se dle potřeby vyvážejí. Tyto „dočišťovací“ nádrže je možné rovněž sekundárně využívat k „rybolovu“, tedy přesněji řečeno prodeji ryb koncovému zákazníkovi prostřednictvím lovu na udici. Moderní farmy jsou však nyní vybaveny spíše kapacitními mechanickými filtry (obvykle bubnovými), které separují nerozpouštěné látky a výrazným způsobem omezují množství živin unikajících z farmy do životního prostředí. Oplachová voda z mechanických filtrů je vedena do sedimentačních bazénů, odkud putuje na kalová pole k odvodnění a mineralizaci (kompostování).

Princip fungování

Průtočné zemní rybníčky „dánského typu“ jsou nasazovány na jaře velikostně vyrovnaným $\text{Pd}_{1/2}$ až Pd_1 (cca 50 g.ks^{-1}) v množství do 35 ks.m^3 . Po pěti až sedmi měsících odchovu je při FCR 0,9–1,2 vyprodukováno 5 až 10 kg.m^3 tržních ryb. Po výlovu je z rybníku odstraněn kal, provedena dezinfekce dna a v mimovegetačním období je vhodné provádět zimování za účelem zlepšení zoohygieny. Lepších zoohygienických podmínek je možné docílit vystláním dna rybníčku silnou fólií.

Betonové kanály „italského typu“ jsou nasazovány průběžně $\text{Pd}_{1/2}$ až Pd_1 (cca 50 g.ks^{-1}) v množství $100\text{--}200 \text{ ks.m}^3$ (prvé oddělení). Obsádka druhého oddělení se snižuje o 25–30 % a u třetího oddělení o 50–60 % ve srovnání s prvním oddělením. Výši obsádky v nižších odděleních totiž limituje kvalita vody, především množství kyslíku. S ohledem na dostatek vody a její kvalitu (vhodná teplota a O_2) trvá produkce tržních ryb 4 až 7 měsíců při FCR 0,9–1,2 a přírůstků 25 až 60 kg.m^3 .

Kruhové nádrže se využívají především k odchovu plůdku a ročků lososovitých druhů ryb. Na severní polokouli je proud vody v nádrži nastaven ve směru hodinových ručiček doprava, neboť to je pro ryby přirozený pohyb (na jižní polokouli proudění vody doleva, dáno rotací země – Coriolisovy síly). Množství nasazovaných ryb je dáno především kvalitou a kvantitou vody a jejich věkovou kategorií. Technologie chovu je obdobná jako u žlabů a malých kanálů.

Odpadní oteplená voda v průtočných systémech je využívána především k odchovu násad kapra v zimním období. Na konci září je nasazován silný plůdek kapra K_1 – $20\text{--}50 \text{ g.ks}^{-1}$ v počtu $170\text{--}280 \text{ ks.m}^3$ a počáteční biomase

8–12 kg.m³. Délka odchovu se pohybuje kolem 210 až 240 dnů a je dána především vývojem teploty vody v rybnících, do kterých je K₂ vsazována v květnu. Používá se krmivo o velikosti 2–3 mm s obsahem proteinu 35–40 % a tuku 10–15 % (BE – 18–22 MJ.kg⁻¹). Ve výživě kapra je důležitý obsah snadno stravitelných forem fosforu (monofosfát a difosfát), jinak u něj dochází k poruchám osifikace skeletu (lordózy). Nakonci odchovu je kusová hmotnost kaprů na úrovni 300–700 g.k⁻¹ při biomase 90–170 kg.m³. Ztráty se pohybují obvykle do 1 %, nicméně při technické závadě mohou dosáhnout i výrazně více. Náklady na produkci jsou relativně vysoké a dosahují prakticky hodnoty vyprodukovaných ryb (cca 2,5–3 Eur.kg⁻¹). Absence ekonomického „zisku“ je však vyvážená stabilní produkcí násad kapra pro celou firmu (KREBA Fisch, GmbH), při zkrácení produkčního cyklu o jeden rok (ze tří na dva).

Výhody produkčního systému

Dánský typ

Jedná se o relativně jednoduché a investičně méně náročné zařízení s nízkými energetickými a provozními náklady. Vhodné prostředí pro držení remontních a generačních ryb.

Italský typ

Technologie méně náročná na údržbu. Nezarůstá vegetací a má lepší výměnu vody v celém profilu než u zemních rybníčků dánského typu. Kanály mají samočisticí schopnost s možností odkalování. Jejich kompaktní uspořádání vytváří lepší podmínky pro využití mechanizace k manipulaci s rybou ve srovnání se zemními rybníčky. Menší zastavěná plocha umožňuje efektivní ochranu proti rybožravým predátorům (zasítování). Je zde určitá možnost kdykoliv provádět terapeutické zásahy.

Kruhové nádrže

Ryby jsou rovnoměrně rozprostřeny po celé nádrži a mají stejné životní podmínky. Dobrá cirkulace vody umožňuje efektivní samočisticí proces. Hladké stěny a dobrá přístupnost vytváří lepší hygienické podmínky.

Podzemní voda

Obvykle kvalitní a bezpečný (stabilní) zdroj vody o stálé teplotě umožňuje zootechnicky předvídatelnou produkci plůdku ryb (bez zohlednění možné lidské nebo technické chyby).

Odpadní oteplená voda

Stabilizuje produkci násad kapra k produkci tržních ryb. Umožňuje zkrácení produkčního cyklu kapra o jeden až dva roky. Minimální ztráty chovaných ryb.

Nevýhody produkčního systému

Dánský typ

Produkční kapacita této technologie je pro pstruha duhového poněkud limitována (10–12 kg.m³). Velká citlivost na nedostatek přitékající vody a její kvalitu, která zejména v letních měsících může podvazovat optimální využití objektu. Obvykle omezená možnost produkce ryb v zimním období s ohledem na teplotu vody a promrzání rozvodů vody. Přenos nemocí z vodotečí.

Italský typ

Ryby mají tendenci vytahovat k přítoku, odtoková část oddělení je rybou prostorově málo využita. Při výpadku přítoku vody do kanálu hrozí riziko totálního úhynu ryb, neboť přidušené ryby nedokážou vzdorovat proudu vody a dochází k jejich namačkání na odtokovou mříž. To je problém zejména pro další oddělení.

Kruhové nádrže

Méně vhodné na produkci tržních ryb.

Podzemní voda

Obvykle malá kapacita pramene neumožňuje chov tržních ryb. Přirozeně nižší obsah kyslíku.

Odpadní oteplená voda

Vysoké produkční náklady. Riziko výpadku zdroje teplé vody (porucha, odstávka) omezuje kontinuální růst ryby.

Optimální podmínky pro efektivní fungování systému

Chov ryb v průtočných systémech je závislý na dostatku kvalitní vody z vodního toku (nebo zdroje odpadní oteplené vody). Teplota vody je dána ve většině případů (přírodními) podmínkami lokality. Kvalita vody, tedy především její teplota, pak určuje chovaný druh ryby. Při správné organizaci chovu je možné v letním a zimním období chovat různé druhy ryb dle jejich teplotních požadavků.

Vhodné druhy ryb

Chov ryb na „studenovodných“ průtočných systémech je používán především u odchovu a produkce lososovitých druhů ryb – pstruha duhového a sivena amerického. Vhodný je rovněž pro produkci méně častých druhů, jako je siven arktický (*Salvelinus alpinus*), pstruh obecný, hlavatka podunajská (*Hucho hucho*) a případně i síhů. Teplovodní průtočné systémy využívající odpadní oteplenou vodu je možné využít především k odchovu kapra, případně amura v zimním období. Celoročně pak především jeseterovitých ryb.

Zdroj potravy a kyslíku

Krmení a růst ryb je u všech typů průtočných systémů zabezpečeno pomocí kvalitních tvarovaných kompletních krmných směsí. Jejich složení je definováno nutričními požadavky druhu a věkovou kategorií.

Požadovaná kvalita vody v nádržích dánského typu je udržována pomocí její relativně časté obměny (1x za 1–2 hodiny). Část exkrementů neodchází s vodou, ale sedimentuje v nádrži a je mechanicky odstraněna po výlovu ryb. Kyslíkový režim je možné zlepšovat alespoň aerací.

U italského typu farem požadovaný kyslíkový režim zabezpečuje rovněž přítok vody, resp. aerace, nicméně některé moderní provozy instalují do náhonů rovněž dodatečné oxygenační jednotky, kterými nadlepšují kyslíkový režim při sníženém průtoku vody nebo vyšší biomase chovaných ryb (obr. 14. a 15.). Řada průtočných farem je vybavena možností nouzové recyklace vody procházející objektem. V takém případě se jedná o energeticky nákladné překonávání nouzových situací, při kterých je výrazně omezeno, až zastaveno krmení ryb z důvodu nemožnosti adekvátního mechanického a biologického čištění vody. Motivací je zajištění prostého přežití chovaných ryb.



Obr. 14. Oxygenační zařízení k dodatkovému zlepšení kyslíkového režimu v nádrži. Kyslík je zde rozpouštěn mícháním vody lopatkami v O_2 atmosféře vytvořené ve „zvonu“ (Foto: J. Regenda).



Obr. 15. Oxygenační zařízení ke zlepšení kyslíkového režimu OxyFox (Foto: J. Regenda).

Investiční a provozní náklady

Náklady na výstavu průtočných technologií jsou relativně vysoké, ale mají poměrně dlouhou životnost a jejich výše záleží na použitých materiálech. S ohledem na klimatickou změnu a nedostatek vhodných lokalit se stabilním zdrojem kvalitní vody je možnost výstavby nových průtočných farem ve střední a východní Evropě značně omezena. Provozní náklady rovněž ovlivňuje velikost objektu a jeho technický stav.

2.4. Recirkulační systémy – RAS (vnitřní/venkovní, vertikální/horizontální)

Popis technologie

Recirkulační akvakulturní systémy (RAS) jsou v akvakultuře používány již několik desítek let a jejich význam ve světové produkci ryb postupně roste (Helfrich a Libey, 1991; Martins a kol., 2010). K rozvoji RAS přispěly technologické inovace, jejichž výsledkem bylo především zvýšení efektivity a optimalizace provozu. Omezený počet zdrojů kvalitní přítokové vody společně s výskytem rybích nemocí a nárůstem počtu rybožravých predátorů významnou měrou přispěl k omezení možností rybochovu u tradičních, výše popsaných technologií. Zároveň došlo i k omezení lovu ryb z volných vod z důvodů zavedení politik udržitelného rybolovu. Nízká produkce a odlov ryb a vysoká poptávka po jeseterovitých, dravých a teplomilných rybách, stejně jako po koryšících, řasách a dalších vodních organismech nastartovala proces intenzivního rozvoje akvakultury (Buřič a Kouřil, 2012). S rozvojem akvakultury se však také zvýšil tlak na vodní prostředí, a to zejména využíváním průtočných a klecových systémů. Tento environmentální dopad intenzivního chovu vedl k vývoji technologií, které snižují znečištění vod. RAS se tak staly důležitou alternativou k intenzivnímu chovu ryb v průtočných, klecových a rybníčních systémech (Martins a kol., 2010). Recirkulační akvakulturní systémy umožňují intenzivní chov a produkci ryb v kontrolovaném prostředí. Přesunutí části rybí produkce do těchto bezpečnějších a lépe kontrolovatelných podmínek může výrazně zvýšit produkci ryb v ČR. RAS nabízí potenciál pro rozšíření druhové nabídky i flexibilitu produkce, což v oblasti akvakultury přispívá k výraznému zvýšení konkurenceschopnosti (Polícar a kol., 2019). Současné technologie RAS umožňují chov ryb v optimálních podmínkách, které podporují maximální růst ryb. Díky správné teplotě, chemickému složení vody a vyvážené kompletní krmné směsi lze zkrátit dobu potřebnou k dosažení tržní hmotnosti ryb nebo požadované velikosti násadových ryb. Širšímu využití RAS pro produkci

hospodářsky významných druhů ryb v České republice však brání především vysoké investiční náklady a nedostatek informací a zkušeností v této oblasti v ČR (Stejskal a kol., 2020) a v neposlední řadě i neochota rybářských podniků chov v RAS realizovat (Kouřil, 2016). Neochota rybářských podniků či soukromých chovatelů investovat finanční prostředky do RAS chovů však postupně ustupuje a některé podniky již k tomuto kroku přistoupily (např. Blatenská ryba, s.r.o.). V současné době jsou provozované RAS děleny dle úrovní čerpání vody na horizontální (např. systém dánského typu v Pravíkově – firma Biofish, s.r.o.) a vertikální systémy (např. RAS farmy Tilapia, s.r.o., v Hrobech). Dále mohou být recirkulační systémy rozděleny na venkovní a vnitřní. Venkovní systémy jsou stavěny především v oblastech se stabilním klimatem, jako je například Dánsko (obr. 16.). Naproti tomu vnitřní systémy mohou být postaveny i v oblastech, které by jinak chov ryb neumožňovaly, např. aridní oblasti Maďarska (obr. 17), nebo dokonce v pouštních podmínkách Abu Dhábí (jeseteří farma na produkci kaviáru). Systém RAS je možné provozovat v různých teplotních režimech, a to dle druhu chované ryby (obr. 18.).



Obr. 16. Venkovní horizontální RAS dánského typu v Pravíkově, BioFish, s.r.o. (Foto: J. Regenda).



Obr. 17. In-door RAS systém s chovem tlamouna nilského (*Oreochromis niloticus*) a keříčkovce červenolemého (*Clarias gariepinus*) na akvaponické farmě Blün GmbH, Vídeň, Rakousko. V levé části laminátové nádrže s rybami, uprostřed v popředí sedimentační nádrže pro mechanické předčištění vody; uprostřed v pozadí skrápěný biofiltr (Foto: J. Regenda).



Obr. 18. Experimentální RAS vertikální konstrukce o celkovém objemu 30 m³ na Fakultě rybářství a ochrany vod JU ve Vodňanech. RAS je zaměřen na odchov násadového materiálu okounovitých ryb pro další chov v RAS (Foto: V. Kučera).

Základním principem RAS je opakované využívání stejné vody k chovu ryb. Ryby jsou chovány v tzv. odchovných nádržích, které se svojí velikostí, materiálem, tvarem, barvou, intenzitou proudění a rychlostí výměny vody liší podle chovaných druhů ryb a jejich věkové kategorie (Stejskal a kol., 2020). V prostoru odchovných nádrží dochází k aplikaci umělého peletovaného krmiva a v návaznosti na to také vylučování odpadních látek, tj. amoniaku (NH_3) a oxidu uhličitýho (CO_2). Dále zde dochází k vylučování exkrementů a případné depozici kalu a nespotřebovaného krmiva. Odtoková voda z odchovných nádrží je tak nejvíce zatížena po stránce jak rozpuštěných (CO_2 a NH_4^+), tak i nerozpuštěných látek (exkrementy, kalu, tvořeného mimo jiné i uvolněnými nárosty bakterií z biologických filtrů a nespotřebovaného krmiva). Aby bylo možné vodu využít znovu k intenzivnímu chovu ryb, následuje série procesů upravujících její kvalitu (Aich a kol., 2020).

Prvním stupněm úpravy odtékající vody je mechanické čištění vody. To je realizováno ve většině moderních chovů pomocí bubnového mikrosítového filtru. Ten funguje na principu průtoku vody jemnou síťovinou nebo tahokovem o velikosti ok 60–500 μm . V případě zanesení filtrační plochy dojde ke změně vodní hladiny v bubnu, sepnutí hydrostatického čidla a následnému oplachu síťoviny pomocí vodních trysek. Oplachová voda odchází mimo RAS, kde může být upravena, tedy zbavena nerozpuštěných látek (např. flokulací a kalolysem) a po případné denitrifikaci opět využita. Tím dochází k omezení ztráty vody a tepla z RAS. K mechanické filtraci jsou dále využívány i porézní filtrační materiály, jako jsou biomolitany apod. Poměrně efektivní je také zachytávání nerozpuštěných látek před vlastním mechanickým filtrem pomocí sedimentačních jednotek různé konstrukce s pravidelným odkalováním. Čerpání vody v systému musí probíhat až za mechanickou filtrací, aby nedocházelo k zbytečnému rozbíjení nerozpuštěných látek na malé části a bylo je tak možné relativně snadno zachytit a odstranit.

Po mechanickém vyčištění následuje biologické čištění. Biologická filtrace je základem úspěšného fungování recirkulačního systému. Dochází při ní k odbourávání nerozluštěných látek toxických pro ryby (NH_3). V biologickém filtru dochází k procesu nitrifikace, tj. procesu při němž bakteriální kultury přeměňují amoniak na pro ryby toxické dusitany (NO_2^-) – nitritace a následně velmi málo toxické dusičnany (NO_3^-) – nitratace, a to za současné spotřeby kyslíku (O_2) a poklesu alkality vody (resp. pH). Minimální obsah kyslíku v biofiltru pro správné fungování nitrifikace je u bakterií rodu *Nitrosomonas* 4 mg.l^{-1} (nitritace) a pro *Nitrobacter* 2 mg.l^{-1} (nitratace). Optimální teplota vody je pak 10–27 °C. Při teplotách pod 5 °C a nad 35 °C, jakož i pH pod 5 nitrifikace neprobíhá (Štěch,

2007). Během tohoto procesu jsou mimo jiné uvolňovány i vodíkové protony (H^+), jejichž koncentrace determinuje pH vodního prostředí. S jejich přibýváním tak v důsledku intenzivního procesu nitrifikace dochází k okyselení vody v recirkulačním systému. Aby nitrifikace probíhala v co nejvyšší možné míře, je nutné zajistit dostatečné množství nitrifikačních bakterií a pro ně ideální životní podmínky. Proto jsou do biofiltračních jednotek přidávána tzv. biologická média. Jedná se o plastové výlisky disponující velkým povrchem (až $800 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$). Média jsou následně kolonizována žádanými nitrifikačními bakteriemi. Při teplotě vody 20°C je na odstranění $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ TAN (celkový amoniakální dusík) za 24 hodin potřeba 1 m^2 plochy biofiltru. Při poklesu teploty vody o 5°C klesá účinnost nitrifikace o 25–30 %. Tedy tím úměrně roste potřeba plochy biofiltru (Lekang, 2007). Podle konstrukce pak rozlišujeme deskové biofiltry, skrápěné biofiltry a biofiltry s pohyblivým ložem (Stejskal a kol., 2020). Během fungování procesu nitrifikace dochází k hromadění NO_3^- v recirkulačním systému. Tento problém je v praxi řešen dvěma způsoby. Jedním je pravidelná výměna části objemu vody v RAS a naředení koncentrace dusičnanů v systému. Tato metoda je vhodnější pro malé RAS s nižší zátěží systému. Velké systémy nebo systémy s vysokým zatížením pak využívají také tzv. denitrifikační jednotku, což je jednotka schopná za podpory specifické bakteriální kultury, přidavku organického substrátu např. melasy, a navození anaerobních podmínek přeměnit dusičnany přes dusitany a amoniak až na plynný dusík (N_2), který následně volně uniká do atmosféry (Stejskal a kol., 2020). Přes denitrifikační smyčku prochází jen část objemu vody v RAS. Při procesu denitrifikace dochází ke zvyšování hodnoty pH vody, díky čemuž klesá potřeba její pufrace.

Po biologickém vyčištění následuje série procesů upravujících kvalitu vody tak, aby byla opět vhodná k chovu ryb. Jedná se především o úpravu teploty vody tedy, ohřev, případně chlazení a zejména pak nasycení vody kyslíkem. K tomuto procesu je možné využít celou řadu technologických procesů, jako jsou aerace (intenzivní provzdušňování vody vzduchem – max. 100% nasycení O_2) nebo oxygenace (sycení vody čistým plynným kyslíkem – saturace 120–350 %). Oxygenace je prováděna za pomoci tlakového směšovače, kyslíkové injektáže nebo přímo pomocí probublávání kyslíku z kyslíkových difuzorů. Dalším důležitým parametrem kvality vody je pH. Jak již bylo zmíněno, pH klesá v RAS vlivem procesu nitrifikace a uvolňování vodíkových protonů (H^+) do vodního prostředí. To nepřímou ukazuje na správné fungování biofiltru. Z důvodu udržování stabilního pH je do vody dávkována soda (Na_2CO_3) nebo vápenec (CaCO_3), pomocí něhož je pH zvýšeno na požadovanou hodnotu (6,5–7,5).

Nedílnou součástí fungování RAS je i kontrola množství nežádoucích bakterií a rybích parazitů. Pro tento účel jsou součástí RAS i dezinfekční

zařízení. Mezi nejčastěji používaná technická řešení patří UV záření a ozón (O_3). Obě řešení zajišťují likvidaci nežádoucích bakterií a parazitů v systému. Ozón navíc jakožto silné oxidační činidlo napomáhá zvyšovat průhlednosti vody díky koagulaci a vysrážení organických látek ve vodě. Následně dochází v některých RAS k úpravě teploty vody, a to za pomoci různých technologických možností – plynový kotel, elektrický kotel, teplo z bioplynových stanic atd. Po úpravě kvality vody z hlediska fyzikálního i biologického dochází k rozvodu vody zpět do odchovných nádrží k rybám. V systému RAS dochází s ohledem na účinnost procesu čištění k denní obměně vody na úrovni 3–10 %.

Výhody produkčního systému

Technologie RAS přináší mnoho výhod pro chov ryb, ale i dalších vodních organismů. Jednou z hlavních předností je efektivní využívání vody (Blancheton a kol., 2002), což snižuje celkovou spotřebu a minimalizuje množství odpadní vody. RAS také umožňuje chov v městských oblastech nebo na místech s omezeným zdrojem vody, což přispívá k udržitelnosti potravinového systému. Díky filtračním procesům a kontrolovaným podmínkám je možné udržovat dlouhodobě stabilní a optimální podmínky pro chov ryb a snížit výskyt nemocí a parazitů, což dále zvyšuje produkční efektivitu a snižuje spotřebu léčiv. Největší výhodou je pak vysoký výnos na jednotkovou plochu a malý zábor pozemků. Vzhledem k nízké spotřebě přítokové vody je možné využití kvalitních zdrojů vody, jako je voda podpovrchová, dešťová nebo pitná. Tím dochází k minimalizaci rizika přenosu patogenů s přítokovou vodou. RAS rovněž poskytuje i možnost každodenní kontroly zdravotního stavu ryb, zvýšenou konverzi a využití krmiv a možnost aplikace profylaktických nebo léčebných koupelí.

Nevýhody produkčního systému

Jednou z nevýhod chovu ryb v recirkulačním akvakulturním systému je vysoká spotřeba energie přímo spojená s provozem čerpadel, dmychadel, kontrolních systémů a dalších komponentů. Další nevýhodou je nutnost zaměstnání vysoce kvalifikované a spolehlivé obsluhy. RAS je navíc náchylný na spolehlivé fungování zařízení a případné výpadky dodávek energie a elektřiny. Problematické může být i nakládání s koncentrovanými odpady z chovu ryb. Jejich vypouštění si může žádat zapojení dalších technologických prvků, jako jsou kalolis nebo sedimentační nádrže, což zvyšuje náklady a požadavky na obsluhu a zastavěnou plochu. V RAS je vzhledem k vysoká chovné hustotě ryb i vysoké riziko propuknutí nemocí (Yanong, 2012).

Optimální podmínky pro efektivní fungování systému

Optimální podmínky chovu jsou dány především druhem chované ryby. Jsou dány především teplotou vody, charakterem nádrží (barva, velikost, tvar) (Stejskal a kol., 2020) a intenzitou osvětlení chovných prostor. Obecným předpokladem je pak čistota systému a přítomnost co nejnižšího množství bakterií ve vodě. To je zajišťováno především činností obsluhy (čištění nádrží, odkalování nádrží a filtrů) a činností sterilizačních zařízení (provoz generátoru ozónu a UV světla). Dalším předpokladem efektivního chovu je optimální nasazení chovných systémů rybami a zajištění správného dávkování krmiva. To zajistí maximalizaci využití krmiv a systému jako celku, což zvyšuje rentabilitu chovu. Jako zásadní se jeví i pravidelné třídění obsádky ryb v nádrži tak, aby se u dravých druhů chovaných ryb předešlo nadměrnému kanibalismu a případnému úhynu i jen pokousaných ryb.

Vhodné druhy ryb

Vzhledem k celkové finanční náročnosti (investiční a provozní náklady) je nutné chovat v RAS ekonomicky hodnotné druhy ryb schopné svou cenou kompenzovat vysoké produkční náklady. Mezi vhodné druhy chované v ČR patří ryby okounovité, jako je candát obecný (Pěnka a kol., 2023), okoun říční (*Perca fluviatilis*) (Haku, 2024) nebo okounek pstruhový (*Micropterus salmoides*). Z kaprovitých ryb jsou vhodné parma obecná (*Barbus barbus*) (Polícar a kol., 2011), ostroretka stěhovavá (*Chondrostoma nasus*), podoustev říční (*Vimba vimba*) produkované jako násady k zarybňování volných vod. Dále pak okrasné ryby, jako jsou například kapři KOI. Z lososovitých ryb je možné velmi úspěšně chovat pstruha duhového (Dalsgaard a kol., 2013) a sivena amerického. Z ryb sumcovitých je chov v RAS vhodný pro sumce velkého a keříčkovce červenolemého (*Clarias gariepinus*) (Mareš a kol., 2004; Kouřil a kol., 2013). Mezi další druhy vhodné pro chov v RAS patří např. tlamoun nilský (*Oreochromis niloticus*) nebo mník jednovousý (*Lota lota*). U většiny druhů je možné chovat všechny věkové kategorie, nicméně hlavním kritériem pro úspěšný a smysluplný chov je v konečném důsledku jeho ekonomika. V technologii RAS proto není smysluplné chovat „levné“ druhy ryb s ohledem na vysoké produkční náklady.

Zdroj potravy a kyslíku

V kontrolovaných podmínkách RAS je možné chovat i plůdek ryb. Zde je v některých případech (candát obecný, okoun říční, parma obecná) nutné využití alespoň krátkodobě živých potravních organismů, jako jsou vířníci, artémie,

nálevníci nebo zooplankton (z bezpečných zdrojů). Jak ryby rostou velikost potravních částic se zvětšuje a přechází se na mražená krmiva (patentky, zooplankton, koretry, nitěnky atd.). Při odchovu raných stadií ryb jsou pak hojně využívána tzv. startérová krmiva. Obecně lze říci, že pro chov v RAS jsou v dnešní době s ohledem na požadavky druhu využívána především suchá peletovaná krmiva o různé kvalitě, velikosti a nutričním složení. V prostředí RAS je ideální, pokud to druh chované ryby umožňuje, využívat plovoucí krmiva (Polícar a kol., 2018). Obsluha RAS má tak snadnější přehled o příjmu a spotřebě krmiva obsádkou. Případné nechutenství ryb dává obsluze informaci o zhoršeném zdravotním stavu ryb nebo nadměrné krmné dávce. Nespoteřovaná krmiva jsou snadno odstraněna z hladiny a nedochází ke zhoršování kvality vody. Problémy s příjmem plovoucího krmiva je však možné očekávat u ryb žijících u dna, jako je mník jednovousý a štika obecná. V případě finálního dokrmování tržních ryb pak mohou být využita krmiva s vyšším obsahem betakarotenů a karotenů (např. astaxantin), které zajistí žádané zbarvení svaloviny ryb. Tento proces je realizován zejména u lososovitých ryb.

Základem pro doplňování kyslíku v rámci horizontálních RAS dánského typu je vzduchování. V těchto systémech se využívají dva typy airliftů. Hluboký (3–4 m) k rozpohybování vody v celém systému a mělký (1–2 m), který slouží k cirkulaci vody v nádrži. V obou případech dochází vzduchováním k syčení vody kyslíkem a odstraňování nežádoucích plynů (jen do 100% saturace). Nicméně vzduchování, zejména to v hlubokém airliftu, je energeticky náročné a někdy dochází k přesycení vody dalšími plyny (např. N_2) za vzniku krevní embolie u ryb (angl. *bubble disease*). Při vyšších biomasách ryb je možné fakultativně zvyšovat množství O_2 pomocí oxigenátorů (např. obr. 14.). U horizontálních RAS dochází k syčení vody kyslíkem v různých druzích směšovačů (Stejskal a kol., 2020). V případě potřeby je možné přidat oxigenační difuzory (hadice) s jemnou bublinou i přímo do nádrže s rybami.

Investiční a provozní náklady

RAS je ze všech chovných systémů nejvíce zatížen na vstupní investici. Ta se může v závislosti na velikosti zamýšleného systému a jeho technologické vyspělosti vyšplhat řádově do několika desítek až stovek milionů korun. S ohledem na druh materiálu a typ RAS je možné očekávat pořizovací náklady technologie chovu (bez budovy) na 1 m³ odchovného prostoru pro ryby na úrovni 40–60 tis. Kč. Přičemž v průměru budou investiční náklady mít tento podíl: nádrže na ryby 30 %; biofiltr 26 %; mechanický filtr 10 %; dezinfekce vody 7 %; rozvody vody 6 %; kyslíkové hospodářství 5,5 %; záložní el. generátor 3,5 %; elektroinstalace a ostraha systémů 3 %; vzduchování 3 %;

čerpadla 2 %, manipulační a sanitární technika 2 %, krmný systém 2 %. Provozní náklady na chod RAS jsou také řádově vyšší než u ostatních systémů. Jedná se zde především o osobní náklady a odpisy, elektrickou energii, krmivo, kyslík, chemikálie a další drobnější náklady. Jejich struktura se liší v závislosti na chované věkové kategorii ryb a typu RAS. Regenda (2023) vyčíslil provozní náklady vertikálního RAS s ohřevem vody (± 20 °C) bez krmiva na 40–50 Kč.m³ (odchovné nádrže) na den. V průměru dosahovaly náklady na obsluhu 42 %; odpisy 14,2 %; elektřina 10,5 %; režie 9,3 %; plyn 6 % (0,22–9,4 %); kyslík 5,5 %; spotřební materiál 5,5 %; voda 3,5 %; léčiva a úprava pH 1,8 % a ostatní položky 1,7 %. Náklady na krmivo jsou dány především poměrem ceny krmiva a FCR. Při zimním odchovu násady kapra v RAS se pohybovaly dle fáze odchovu a druhu krmiva od 21,68 Kč.kg⁻¹ do 80,26 Kč.kg⁻¹ (Regenda, 2023). V případě odchovu larev a juvenilních jedinců jsou majoritní položkou provozních nákladů především osobní náklady na zaměstnance a energie. Při výkrmu ryb do tržní velikosti je pak zásadní i položka krmivo a násadový materiál. Bližší informace o ekonomice a návratnosti investic do RAS přináší práce Vachty (2015).

2.5. Semirecirkulační systémy

Popis technologie

Po technologickém zvládnutí RAS na konci 20. st. a jejich větším rozšíření byly stále hledány cesty ke snížení investičních a zejména provozních nákladů při intenzivním chovu ryb. Především u horizontálních systémů RAS je problematické to, že musí neustále běžet v plné kapacitě a provozní náklady na chod systému nelze snižovat při nižším nasazení systému rybou. Na lokalitách, kde je k dispozici větší objem vody, je proto možné použít semirecirkulační akvakulturní systémy. Tyto systémy se konstrukčně velmi podobají horizontálnímu RAS „dánského typu“, neboť je u nich pohyb vody rybochovným objektem realizován pomocí airliftů. Na rozdíl od RAS je u semirecirkulačních systémů kapacita biofiltru výrazně nižší, případně zcela chybí. Díky tomu se poměrně výrazně snižují investiční a provozní náklady (aerace biofiltru, hloubkový airlift). Potřebná kvalita vody je v systému udržována na požadované úrovni pomocí zvýšené výměny vody (min. 30 %.den⁻¹).

Systém jako takový je konstruován z betonu a je z větší části zapuštěn do země z důvodu stability teplotního režimu a gravitačního průtoku většího objemu vody z vodotečí (obr. 19.). Každý semirecirkulační systém (okruh) je zcela samostatný. Obvykle je tvořen obdélníkovým betonovým bazénem o délce 7 až 20 m a šířce 4,5–6 m (poměr 1 : 2–4). Hloubka vody je dle velikosti objektu cca 1–1,5 m. Tento chovný blok je rozdělen tenkou přepážkou na dvě

poloviny, které jsou na kratší straně otevřené. Pohyb vody je docílen pomocí mělkých airliftů umístěných protiběžně v každé polovině nádrže. Menší část nádrže, řádově 10–15 % plochy (u horizontálního RAS dánského typu tvoří biofiltr až 38–40 % plochy), je oddělena od prostoru s rybou mřížemi (sítě) a slouží k čištění vody. V klidové části jsou nerozpuštěné látky sedimentovány a pravidelně odstraňovány ze systému odkalováním. Poté voda pokračuje do malého ponořeného biofiltru (plastové bioelementy s vysokou plochou) se silnou aerací, ve kterém jsou odstraňovány plyny (CO_2) a částečně rovněž NH_4^+ . Kapacita farmy jako takové je dána především počtem samostatných bazénů. Podobnou technologii k odchovu remontních jeseterů využívá v Čechách Genetické rybářské centrum Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického FROV JU ve Vodňanech a firma BioFish, s.r.o., v Pravíkově (obr. 20.).



Obr. 19. Semirecirkulační systém s chovem lososovitých ryb a jeseterů na farmě Gresfeld, Fischzucht Rhönforelle, GmbH. & Co. KG, Německo (Foto: J. Regenda).



Obr. 20. Dva samostatné semirecirkulační systémy s chovem lososovitých ryb na farmě v Pravíkově, BioFish, s.r.o. (Foto: J. Regenda).

V případě, že stávající průtočné rybochovné objekty trpí nedostatkem vody, zejména v letních měsících, je možné udržet jejich produkci pomocí nových technických vylepšení. Základním přístupem je snížení spotřeby povrchové vody z vodotečí a její rozpohybování (cirkulace v nádrži) pomocí airliftů. Na některých provozech se proto „intenzifikují“ již existující sádky a rybníky využívané především k chovu lososovitých druhů ryb. Instalací dvojice protiběžných airliftů a rozdělení nádrže tenkou přepážkou rozpohybovali vodu v nádrži (obr. 21. a 22.). Nerozpuštěné kaly mají tendenci sedimentovat v klidovém místě (obvykle pod airliftem) a je možné je pravidelně odstraňovat pomocí kalového čerpadla, případě bazénového vysavače.



Obr. 21. Historický betonový rybník intenzifikovaný vložím dvojice airliftů a přepážky na farmě Příbovce – Slovryb, a.s., Slovensko (Foto: J. Regenda).



Obr. 22. Betonová sádka využita k efektivnějšímu chovu pstruha duhového pomocí rozpohybování vody airliftem, Pravíkov – BioFish, s.r.o. (Foto: J. Regenda).

Nicméně v zahraničí, např. v Polsku, jsou stavěny poměrně velké objekty s produkcí až 500 t pstruha duhového za rok konstruované jako semirecirkulační (obr. 23.). Objekt je napájen vodou z potoka (odběr cca 300 l.s⁻¹), která je před vstupem na farmu zbavena plaveného materiálu

a sedimentu. Farma je zrcadlově rozdělena na dvě poloviny. Každá polovina má samostatných 12 betonových nádrží (25 x 4 m) s hloubkou vody cca 2 m. Na čelní straně je přítokový a odtokový kanál krytý pochozími rošty (obr. 24.). Přibližně třetina přítokové vody je čerpadlem zvednuta a vedena do oxigenační „U“ trubice hluboké 24 m. Díky tomu je možné vodu nasýtit kyslíkem až na 300 % a rozvést do jednotlivých nádrží u dna. Větší část vody – až 200 l.s⁻¹ je posílána gravitačně do systému. Dále je voda po průchodu nádrží s rybou vedena odtokovým kanálem k dvojici kapacitních bubnových filtrů, které z ní odstraňují nerozpuštěné látky. Poté voda pokračuje do částí se silnou aerací (bez bioelementů), ve které dochází pomocí velkých bublin k odstranění rozpuštěných plynů (CO₂). Následně voda pokračuje přítokovým kanálem zpět do nádrže s rybou. Jelikož v tomto systému není biologická filtrace, je kladen velký důraz na čištění vody odcházející z farmy. Oplach biofiltru a voda z odkalování je zachytávána ve speciální jímce, odkud je čerpána do kalových polí (10 x 40 m), které jsou podélně rozčleněny na dvě poloviny. Každé pole je rozděleno na 4 bazény (5 x 10 m o hloubce cca 1 m). V kalových polích dochází k sedimentaci nerozpuštěných látek a dle potřeby jsou vyvážena na odvodnění a mineralizaci do kompostárny nacházející se v areálu. Z kalových polí odtéká přebytečná voda do vrbového mokřadu o ploše 2 500 m². Teprve poté se vrací voda zpět do původní vodoteče. Přebytečná voda ze systému odtéká přelivem do sedimentační laguny dlouhé cca 200 metrů a široké 10 až 12 m, která ústí zpět do vodoteče. Kvalita vody odcházející z farmy je obvykle vyšší než kvalita vody na přítoku do rybochovného objektu.



Obr. 23. Celkový pohled na polovinu semirecirkulační farmy Gospodarstwo Rybackie Trzy Pstrągi, Niemica, Polsko (Foto: J. Regenda).

Princip fungování

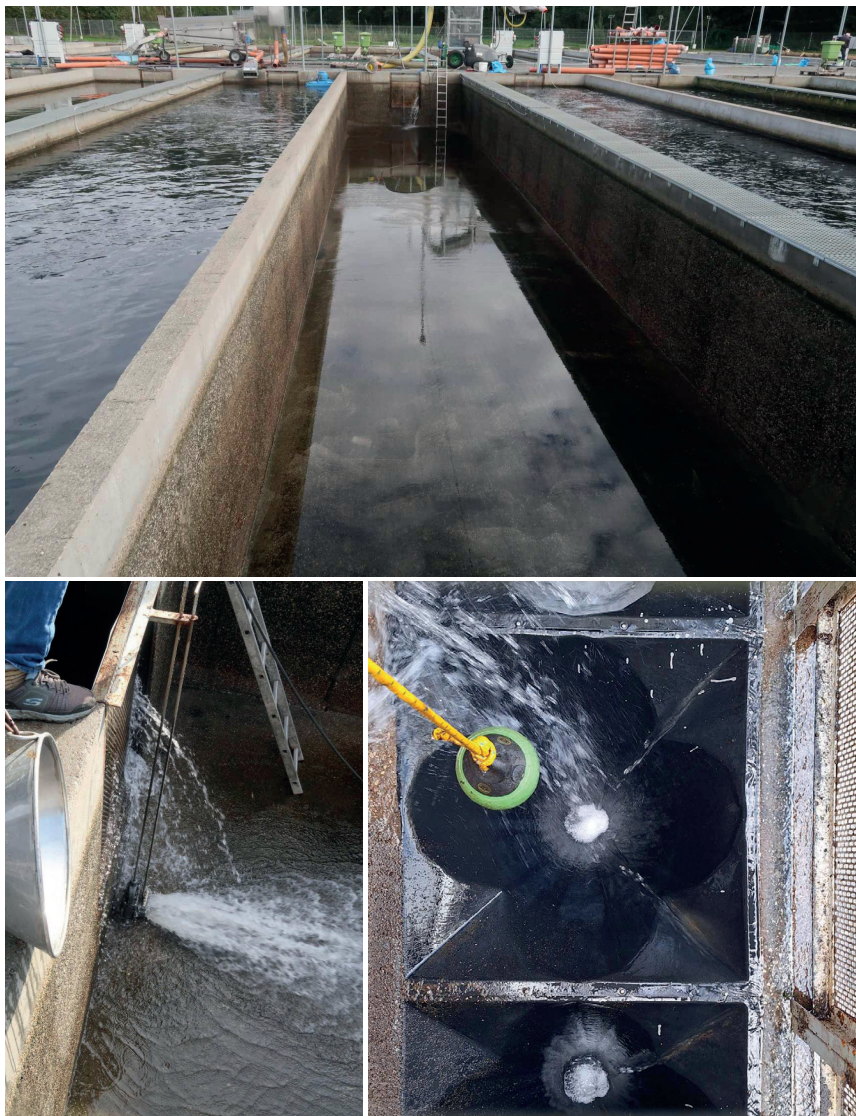
Semirecirkulační systémy, ať jsou jakékoli konstrukce, fungují podobně jako horizontální RAS dánského typu. Hlavní rozdíl ve fungování je absence kapacitního biofiltru k odbourávání rozpuštěných znečišťujících látek, který je investičně a provozně velmi nákladný. V systému je věnována především péče na zachytávání nerozpuštěných látek a odstranění škodlivých plynů. Rozpuštěné látky jsou odstraňovány díky zvýšené obměně vody. Tyto venkovní systémy jsou vhodné především k chovu lososovitých ryb. Jejich celoroční provoz je možný v klimaticky příznivých regionech v blízkosti moře. V budoucnu je možné očekávat zavedení menších (řádově stovky litrů) samostatně stojících semirecirkulačních nádrží vyrobených z umělé hmoty. Díky nižším provozním nákladům ve srovnání s RAS a dobré hydraulice zachytávající nerozpuštěné látky budou využívány k odchovu raných stadií různých druhů ryb při malé spotřebě vody.

Výhody produkčního systému

Z produkčního hlediska umožňují tyto systémy produkci ryb na úrovni RAS, ale vyžadují výrazně nižší investiční a provozní náklady. Díky možnosti kontroly kvality vody na vstupu a výstupu mají malý vliv na životní prostředí. Jejich kompaktní velikost vyžaduje malou plochu a technické řešení umožňuje vysokou produkci ryb i při menším množství dostupné vody. Objekt je možné poměrně snadno ochránit proti pronikání rybožravých predátorů. V případě vyskladnění ryb je možné jednotlivé segmenty odstavit, a tím přirozeně škálovat kapacitu farmy. Toto řešení umožňuje šetřit spotřebu energií potřebné k recirkulaci vody, což obvykle není u horizontální RAS dánského typu možné.

Nevýhody produkčního systému

Hlavní nevýhodou těchto systémů je stálý vliv klimatu na teplotu vody. V létě hrozí přehřívání systému, zatímco v zimě naopak jeho ochlazení. Tato skutečnost je umocněna relativně velkým objemem vzduchu, který je dodáván do vody za účelem jejího rozpohybování. Jelikož je objekt napojen na otevřené vodoteče, hrozí zde neustále riziko zanesení nemocí zvenčí. Chovné podmínky v těchto systémech úplně nevyhovují menším rybám (pod 100 g), takže je tato technologie vhodná spíše na koncový výkrm větších tržních ryb (i nad 1 kg). Provoz takovéto farmy tedy vyžaduje návaznost na rybí líhně a odchovny plůdku.



Obr. 24. Pohled na uspořádání odchovných nádrží farmy Gospodarstwo Rybackie Trzy Pstręgi, Niemica, Polsko. Nahoře – prázdný kanál, dole vlevo – přívod prokysličené vody (O_2 až 300 %) u dna nádrže, vpravo dole – sedimentační kužele na odtoku z nádrže (4 ks na nádrž) (Foto: J. Regenda).

Optimální podmínky pro efektivní fungování systému

Správné fungování systému je dáno především teplotou vody a klimatickými podmínkami lokality. Pro chov lososovitých ryb je vhodné severské přímořské klima (Severní moře, Balt), které se ve srovnání s kontinentální částí Evropy (vnitrozemí) vyznačuje teplými zimami a chladnějším létem. Teplota vody by v létě neměla výrazně překračovat 20 °C a v zimě klesat pod 5 °C. Teplotní výkyvy je možné tlumit u menších jednotek překrytím objektu termoizolační plachtou (zima), resp. stínit plachtami (léto). Pro optimální ekonomické fungování je potřebné mít zabezpečený stabilní zdroj silnější násady ryb (např. Pd 100–200 g.ks⁻¹).

Vhodné druhy ryb

V podmínkách střední a východní Evropy je možné semirecirkulační technologie doporučit k produkci především lososovitých druhů ryb o větší kusové hmotnosti. Jelikož mají nižší provozní náklady ve srovnání s RAS jsou rovněž vhodné k přechovávání pohlavně později dozrávajících druhů jeseterovitých druhů ryb. Při nižší biomase (cca 50 kg.m³) a přirozené dynamice teploty vody dané klimatem je růst a dozrávání remontních ryb optimální.

Zdroj potravy a kyslíku

V semirecirkulačních systémech je výživa ryb zabezpečována suchými komplexními krmnými směsmi. S ohledem na vysokou biomasu ryb nehraje přirozená potrava vnikuvší do nádrží jakoukoli roli. Kyslíkový režim je zabezpečován primárně přítokovou vodou a vzduchováním pomocí airliftů. Při vyšší intenzitě chovu je možné část přítokové vody sytit tekutým kyslíkem.

Investiční a provozní náklady

Investiční a provozní náklady jsou nižší ve srovnání s RAS, neboť plocha/objem čisticí jednotky je takřka třetinová a samotný bubnový filtr v RAS má hodnotu přibližně 10 % z celé technologie. Odpadají rovněž náklady na pořízení biofiltru (až 26 % investice) a jeho následný provoz, který vyžaduje intenzivní vzduchování. Zmodernizování stávajících průtočných nádrží na semirecirkulační systém pomocí instalace protiběžných airliftů stojí dle velikosti a výkonu řádově nižší statisíce korun.

2.6. Rybník v rybníku (IPRS)

Popis technologie

Koncept technologie rybník v rybníku neboli IPRS (z angl. *In-Pond Raceway System*) byl poprvé vytvořen jako alternativa klecových chovů. Základní myšlenkou bylo zlepšení kvality chovu v klecích pomocí kontrolovaného průtoku vody. Klece na stojatých vodách se zdály být problematické kvůli výskytu nemocí, nízké kvalitě vody a pomalému růstu ryb. Tyto problémy se jevily být spojené se špatnou cirkulací vody skrze klec (Masser a Woods, 2008). Průtočné systémy mají tendenci mít méně problémů s kvalitou vody než většina ostatních produkčních systémů. Neustálá výměna vody odstraňuje metabolity z odchovného prostoru a ve srovnání s klecemi a rybníky umožňuje zvýšení hustoty chovu a vyšší výnos z jednotkové plochy (objemu). Průtočné systémy však musí být umístěny na pramenech nebo potocích s dostatečným sklonem a stabilním průtokem i v letních měsících. Optimální zdroje tekoucí vody jsou ale v současnosti velmi omezené z hlediska lokace a chov ryb na nich dlouhodobě způsobuje zatížení recipientu. Celá technologie je tak postavená na základě průtoku rybníční vody skrz odchovný prostor. Na počátku 90. let 20. století byl na univerzitě Auburn zkonstruován první moderní In-Pond Raceway System. Původní návrh pracuje se vzduchovými dmychadly, která ve spolupráci s technologií airliftu nebo lopatkového kola zajišťují průtok vody obdélníkovými nádržemi (Masser, 2012). Dmychadla jsou umístěna na jednom konci nádrží IPRS na jejich čelní straně, kde je do systémů čerpána voda. Voda je vypouštěna ze systémů na opačném konci nádrže, než jsou umístěna dmychadla. Samotná konstrukce IPRS je velmi jednoduchá (obr. 25.). Jedná se nejčastěji o nádrž obdélníkového tvaru vyrobenou z plastu. Na přítokové a odtokové (čelní) části je osazena vodicími lištami pro vkládání mříží, airliftu a přepážek k usměrnění toku vody (obr. 26.). V minulosti byla využívána plachtovina napnutá na dřevěných rámech a v místech, kde docházelo k výměně vody, bylo hojně využíváno pletivo. Většinou jsou nádrže IPRS podélného tvaru o čtvercovém nebo obdélníkovém průřezu tak, aby byla maximalizována efektivita airliftu a proudění vody. Tento systém umožňuje chov ve zhuštěnější obsádce a zároveň využívá stávající rybníční infrastrukturu, a podporuje tak její intenzifikaci a diverzifikaci. V některých případech mohou být nádrže s rybami umístěny i na břehu rybníka, přičemž je voda do nich čerpána čerpadly (obr. 27.). V tropických oblastech, kde je intenzita chovu ryb vysoká s ohledem na vysokou cenu půdy a malou výměru rybníků, jsou přímo v rybnících budovány oddělené betonové nádrže, přes které prochází voda rozpohybovaná airliftem (obr. 28.). V rybnících probíhá chov kaprů a amurů, kteří jsou krmeni granulemi,

zatímco v betonových nádržích je realizován intenzivní chov cennějšího tlamouna nilského, krmeného rovněž peletami. V IPRS systému tak může být chováno velmi široké spektrum druhů ryb od teplomilných sumecků a tilápií až po studenomilné lososovité ryby, a to především v závislosti na geografickém stanovišti.

Princip fungování

Jak již bylo uvedeno výše, pohyb vody přes IPRS zajišťuje airlift. Ten je tvořen buďto perforovanými trubkami nebo speciálními aeračními elementy (např. vzduchovací válce nebo destičky), do nichž je pod tlakem vháněn vzduch z dmychadel. Aerační elementy pak pracují ve spojení s návodnými systémy, jako jsou trubky nebo plastové desky a usměrňují proud vody dovnitř do chovných nádrží. Tímto systémem je většinou čerpána povrchová voda rybníka, popř. voda z hloubky cca 50–80 cm. Na druhé straně nádrže pak dochází k odtoku vody ven, a to podél dna tak, aby se odchovný prostor zbavoval výkalů, kalu a případných nečistot pocházejících z rybníka (obr. 29.). Dno nádrže je spádované směrem k odtoku, a zlepšuje tak samočisticí funkci. Ta je zajištěna jednak prouděním vody a v neposlední řadě také pohybem chovaných ryb v nádržích. Ryby jsou v nádržích krmeny peletovaným krmivem buďto ručně nebo pomocí krmítek (pásová i automatická). Vzhledem k tvaru nádrže a jejich velikosti je slovení ryb realizováno pomocí speciálních rámců potažených sakovinou. Tyto síťové rámy se se stejným účelem hojně využívají na průtočných nebo kanálových chovech.



Obr. 25. Umístění laminátových nádrží IPRS v malém rybníku, Königswartha, Německo (Foto: J. Regenda).



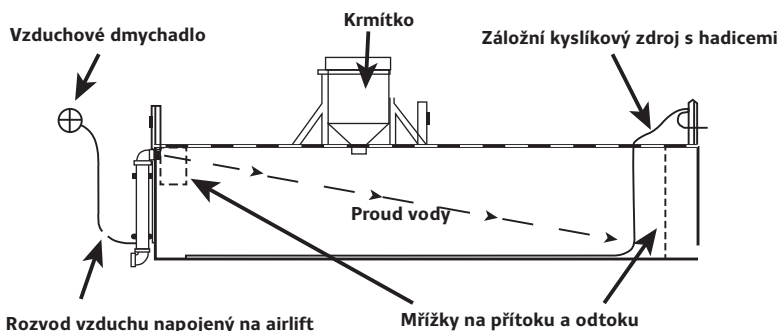
Obr. 26. Instalace baterie 9 ks experimentálních IPRS v malém rybníku, Model FROV JU Vodňany (Foto: V. Kučera)



Obr. 27. V některých případech mohou být nádrže s rybami umístěny na břehu s nutností čerpání vody čerpadly. Přilehlý rybník je zdrojem vody a zároveň funguje jako čističí jednotka, IRS Golysz, Polsko (Foto: J. Regenda).



Obr. 28. Technologická adaptace IPRS ve Vietnamu nazývaná „river pond“ v malém rybníku s chovem kapra a amura (krmeno peletami) je oddělena menší část v podobě několika betonových náhonů, ve kterých je cirkulace vody zajištěna airliftem. V betonových bazénech se chová intenzivním způsobem tlamoun nilský (*Oreochromis niloticus*) (Foto: J. Regenda).



Obr. 29. Schéma jednoduchého IPRS (upraveno podle Masser, 2012).

Výhody produkčního systému

Nespornou výhodou systému IPRS je využití již postavené infrastruktury, tj. rybníků. Technologie je velmi jednoduchá, a proto nevyžaduje, na rozdíl od RAS, přítomnost vysoce kvalifikované obsluhy. Současně využívá výrazně méně

energie než již zmíněný RAS, neboť zde odpadá zajištění činnosti mechanického a biologického čištění vody. Veškerá energie je zde spotřebována pouze na provoz dmychadel a na další případné doplňkové činnosti. To poskytuje tomuto systému zásadní výhodu při hodnocení rentability. Další výhodou je možnost využívání peletovaného krmiva, které zaručuje vysokou konverzi krmiva a rychlejší růst ryb. Ve srovnání s rybničním chovem umožňuje IPRS každodenní kontrolu zdravotního stavu ryb pouhým pohledem. Obsluha je denně v kontaktu s rybou, a má tak přehled o příjmu krmiva, chování a stavu ryb v systému. Moderní jednotky IPRS poskytují i možnost aplikace profylaktických nebo léčebných koupelí. Navíc je možné jednotky IPRS přesouvat mezi vodními plochami. Systémy zásadně neomezují chov ryb ve využívaném vodním tělese, i když by měl být spíše extenzivnějšího charakteru z důvodu zajištění dobré kvality vody. Oproti rybničnímu chovu pak nádrže IPRS poskytují ochranu chovaných ryb proti rybožravým predátorům.

Nevýhody produkčního systému

Systém IPRS je vázaný na fungování dmychadel a vyžaduje el. přípojku. Při zvýšené obsádce v nádrži může vést selhání dmychadla k úhynu obsádky. Proto je nutné zajistit záložní zdroj vzduchování. Oproti systému RAS je v IPRS možné udržovat nižší biomasu ryb a efektivita léčebných koupelí je rovněž nižší (organicky víc zatížená voda). Zásadní nevýhodou IPRS je ale především závislost na kvalitě vody ve vodním tělese, v němž je IPRS umístěno. Kvalita vody je spojena především s rozdílnou teplotou vody v průběhu roku. To omezuje volbu chovaných druhů a délku jejich odchovu. Potenciálně může vysoká intenzita chovu v IPRS zatěžovat rybniční prostředí živinami (riziko eutrofizace). Zařízení je vhodné provozovat především v uzavřených objektech, mimo otevřenou krajinu. Z ekonomického hlediska provoz dmychadel zvyšuje produkční náklady a nutí chovatele a provozovatele IPRS k chovu cennějších druhů ryb.

Optimální podmínky pro efektivní fungování systému

Optimální podmínky pro fungování jsou zde dány požadavky chovaného druhu ryb. Těmi jsou především teplota vody a obsah rozpuštěného kyslíku. Pro zdárný chov ryb v IPRS je zásadní především fungování fotosyntézy v rybničním prostředí. Vzhledem k vnosu vysokého množství na fosfor a dusík bohatých umělých krmiv je vhodné umístit IPRS systém na větší vodní tělesa, tj. rybníky s vyšší výměrou, alespoň 0,5 ha, resp. víc (podle zamýšlené produkce a množství spotřebovaného krmiva). Dalším zásadním faktorem je vhodné umístění těles

airliftu tak, aby bylo dosaženo pravidelné výměny vody v nádržích alespoň 2x za hodinu. Airlift musí být navíc umístěn tak, aby docházelo k samočištění nádrže, a tím i odplavování zbytků krmiv a výkalů ven z odchovného prostoru.

Vhodné druhy ryb

Chov ryb v IPRS může být realizován v průběhu vegetačního období, tj. v době, kdy je teplota vody v závislosti na geografické poloze vyšší. Pak je možné přistoupit k chovu teplomilných druhů ryb, jako je velmi oblíbený sumeček tečkovaný (*Ictalurus punctatus*) a jeho hybridi (Brown a kol., 2014) nebo tlamoun nilský. V Evropě byla realizována produkce candáta obecného (Nagy a kol., 2022) a okouna říčního. V podmínkách zajišťujících nižší teplotu vody (vyšší zeměpisné šířky, popř. sezónní výkyvy) je pak velmi vhodným druhem pstruh duhový nebo siven americký. V zimním období za snížené teploty vody pak velké nádrže IPRS poskytují prostor pro komorování cenných druhů ryb v kontrolovaných podmínkách. Teoreticky je možné využít IPRS také k teplotní stimulaci generačních ryb z RAS, nicméně zde hrozí riziko zavlečení nemocí z venkovního systému do RAS.

Zdroj potravy a kyslíku

Zdrojem potravy pro ryby chované v IPRS jsou v závislosti na chovaném druhu ryby primárně peletované krmné směsi o různé velikosti, nutričním složení a kvalitě. Doplňkově je možné ryby v IPRS kondičně dokrmovat krmnými organismy (ryby, hmyz). Tento systém přikrmování může být aplikován především pro generační ryby. Zdrojem kyslíku pro ryby je především fotosyntetická činnost primárních producentů v rybníční vodě. Sekundárním zdrojem je pak technologie airliftu dodávající kyslík v období kyslíkových deficitů. Jako rezervní systém jsou v nádržích IPRS instalovány mikroporézní destičky nebo kyslíkové hadice spojené s elektricky ovládaným solenoidovým ventilem. Ten v případě výpadku proudu otevře přívod kyslíku z tlakové láhve do oxygenačních elementů v nádržích.

Investiční a provozní náklady

Investiční náklady spojené s instalací systémů na vodní těleso se odvíjí od kvality nádrží, použitého materiálu a velikosti nádrží (plast vs. dřevo, nerez vs. pozink). Náklady na stavbu jedné nádrže se pak mohou pohybovat od 20 do 500 tisíc korun (cca 30–40 tis. Kč.m³ odchovného prostoru). Další nezanedbatelnou investiční položkou je i pořízení vzduchových dmychadel. Ta

se mohou v závislosti na intenzitě provzdušňování a velikosti nádrží pohybovat v cenové hladině od 60 do 150 tisíc korun. Struktura investiční nákladů pak představuje přibližně 90 % nádrže, 5 % zdroj a rozvod vzduchu a 5 % obslužné vybavení (přístupová rampa/molo, loď, kotvení apod.). Při instalaci IPRS technologie je potřeba myslet rovněž na dopravu a umístění nádrží na lokalitě (autojeřáb). Provozní náklady pak sestávají především z osobních nákladů (48–50 %), odpisů (35–39 %), elektrické energie na provoz dmychadel (9–10 %), léčiva a dezinfekce 1,5–2 %, spotřební materiál 1,5–2 %. V případě zapojení rezervního oxygenačního systému pak i jeho provoz, kontrola a výměna tlakových lahví s kyslíkem. Investiční náklady na IPRS jsou v obecné rovině ve srovnání s RAS takřka poloviční a provozní náklady na třetinové až čtvrtinové úrovni.

3. SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“

Metodika přináší ucelený přehled různých technologií chovu ryb použitelných pro akvakulturu v klimatických podmínkách střední a východní Evropy. Tento přehled moderních technologií používaných na konkrétních farmách oceňuje především začínající chovatelé ryb a studenti rybářství. Jednotlivé technologie jsou podrobně popsány po technické stránce i principu podstaty fungování. Jsou rovněž jednoznačně definovány jejich výhody a nevýhody. Pro začínající chovatele ryb, resp. investory může být také prospěšné srovnání ekonomických aspektů výstavby a provozování jednotlivých technologií. I když se konkrétní ceny mohou měnit v čase, potřeba lidské práce nebo množství spotřebované energie a vody v jednotlivých typech farem bude vždy podobné. Zájemce o výstavbu nové farmy tak má možnost si předem promyslet a vybrat optimální druh technologie chovu ryb s ohledem na jeho zájem, možnosti a lokalitu. V textu je však možné najít také inspiraci pro inovování stávajících produkčních jednotek. Díky tomu bude možné udržet, nebo dokonce zvýšit produkci ryb navzdory výzvam, které přináší klimatická změna do naší krajiny.

4. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Tato certifikovaná metodika najde uplatnění především u začínajících chovatelů ryb, ve státní správě a u studentů, kterým na jednom místě přináší informace o fungování různých technologií chovu ryb, přičemž některé z nich jsou poměrně nové a málo známé (semirecirkulační systémy, IPRS). Své využití najde zajiště také u zkušených chovatelů, kteří hledají nové informace umožňující udržení nebo dokonce zvýšení jejich stávající produkce ryb s ohledem na nastávající klimatickou změnu. Nedostatek vody v krajině

totiž omezuje řadu po desetiletí stabilních chovů. Vysoké náklady na lidskou práci, jakož i rozšiřování rybožravých predátorů a nemocí ryb motivuje mnoho chovatelů investovat do intenzivnějších typů akvakultury realizovaných na menší ploše, kterou je možné lépe zabezpečit. Očekávaný a toliko potřebný rozvoj spotřeby ryb u nás povede ke zvýšení poptávky po doplňkových druzích ryb. Chovatelé tak budou hledat nové efektivní způsoby chovu ekonomicky atraktivních ryb, které mají vyhlídky dobrého uplatnění na trhu. Tato metodika má tak ambici být prvním odborným pramenem, ze kterého se čtenář dozví základní informace o možnostech a limitech jednotlivých technologií.

5. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Přestože chov ryb má v ČR takřka tisíciletou tradici a přes 90 % ryb produkováných v akvakultuře pochází nyní z rybníků, je možné budoucnost našeho rybářství spatřovat především v intenzivních formách akvakultury. Rybníkářství zůstane našim dědictvím, jehož hlavní rolí budou spíše ekosystémové služby. Řada stávajících rybníkářů bude do budoucna vystavena výzvám, které již dnes přináší klimatická změna. Nedostatek vody v krajině, extrémní výkyvy počasí a rybožraví predátoři budou ohrožovat stabilitu produkce plůdků a násad prakticky všech druhů ryb. Plnění podnikových plánů ve výlovu tržních ryb bude vyžadovat odchov plůdku a násad v kontrolovaných podmínkách. Je proto důvodné očekávat, že v budoucnu budou i v rybníkářských firmách vznikat nové rybochovné objekty zaměřené na produkci násadového materiálu v rámci některého z typů intenzivní akvakultury. Rozvoj domácí spotřeby ryb přinese zvýšení poptávky po doplňkových druzích ryb. Již dnes v prostoru střední a východní Evropy chybí na trhu cca 1 000 t lososovitých druhů ryb. Investiční příprava výstavby nových farem vyžaduje důkladnou analýzu a optimální volbu technologie. Tato metodika může pomoci se správným výběrem nejvhodnější technologie chovu ryb investorovi. Díky tomu je možné ušetřit 5 až 15 % investičních nákladů a odhadem 10–20 % provozních nákladů. Celkový dopad metodiky v absolutních číslech záleží především na počtu realizací nových rybochovných objektů. U některých chovatelů ryb může metodika udržet jejich současnou produkci a zamezit jejímu propadu až do úrovně 20 %.

6. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

- Aich, N., Nama, S., Biswal, A., Paul, T., 2020. A Review on recirculating aquaculture systems: Challenges and opportunities for sustainable aquaculture. *InnoFarm 5*: 17–24. www.innovativefarming.in.
- Andreska, J., 1997. Lesk a sláva českého rybářství, NUGA, 166 s.

- Balon, K.E., 1995. Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from Roman gourmets to the swimming flowers. *Aquaculture* 129: 3–48.
- Blancheton, J.P., Eding, E.H., Husson, B., 2002. Recent developments in recirculation systems. In: Basurco, B., Sargolia, M. (Eds), *Seafarming today and tomorrow*. EAS, Spec. publ. No. 32, pp. 3–9.
- Brown, T.W., Hanson, T.R., Chappell, J.A., Boyd, C.E., Wilson, D.S., 2014. Economic feasibility of an in-pond raceway system for commercial catfish production in West Alabama. *North American Journal of Aquaculture* 76: 79–89.
- Buřič, M., Kouřil, J., 2012. Technologie recirkulační líhně pro lososovité ryby. *Edice Metodik, FROV JU, Vodňany*, č. 136, 34 s.
- Pokorný, J., 1990. Chov pstruha duhového v klecích. *Edice Metodik, VÚRH, Vodňany*, č. 36, 16 s.
- Dalsgaard, J., Lund, I., Thorarinsdottir, R., Drengstig, A., Arvonen, K., Pedersen, P.B., 2013. Farming different species in RAS in Nordic countries: Current status and future perspectives. *Aquacultural Engineering* 53: 2–13.
- Fontaine, P., Tamazouzt, L., Capdeville, B., 1995. Fitness of the common perch *Perca fluviatilis* L. In: Kestemont, P., Dabrowski, K. (Eds), *For ongrowing in floating cages and in recirculated system*. Short communications of the Workshop on the Aquaculture of Percids, Université de Lorraine, Vaasa, pp. 38–41.
- Haku, A., 2024. Optimizing Eurasian perch production: innovative aquaculture in earthen ponds using RAS and RAMPS — Economic Perspective. 2021–2027.
- Helfrich, L.A., Libey, G., 1991. Fish farming in recirculating aquaculture systems (RAS). Virginia Cooperative Extension Service, USA, 23 pp.
- Kozłowski, M., Zakęś, Z., Szczepkowski, M., Wunderlich, K., Piotrowska, I., Szczepkowska, B., 2010. Impact of light intensity on the results of rearing juvenile pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), in recirculating aquaculture systems. *Archives of Polish Fisheries* 18: 77–84.
- Kolářová, J., Velíšek, J., 2012. Stanovení a vyhodnocení biochemického profile krve ryb. *Edice Metodik, FROV JU, Vodňany*, č. 135, 54 s.
- Kouřil, J., 2016. Chov ryb v recirkulačních akvakulturních systémech v ČR, In: Mareš, J. a kol. (Ed.), *Zkušenosti s chovem ryb, optimalizací prostředí a veterinární péčí v recirkulačním systému*. Sborník příspěvků z konference. MENDELU, Brno, s. 13–17.
- Kouřil, J., Drozd, B., Prokešová, M., Stejskal, V., 2013. Intenzivní chov keříčkovce jihoafrického – sumečka afrického (*Clarias gariepinus*). *Edice Metodik, FROV JU, Vodňany*, č. 138, 64 s.
- Kouřil, J., Hamáčková, J., Stejskal, V., 2013. Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. *Edice Metodik, FROV JU, Vodňany*, č. 85 (2. vydání), 53 s.
- Lekang, O.I. (Ed.), 2007. Chapter 9. Ammonia Removal. In *Aquaculture Engineering*, Blackwell Publishing Ltd, pp. 121–130, <https://doi.org/10.1002/9780470995945.ch9>

- Luchiari, A., Freire, F., Koskela, J., Pirhonen, J., 2006. Light intensity preference of juvenile pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *Aquaculture Research* 37: 1572–1577.
- Mareš, J., Wognarová, S., Spurný, P., 2004. Konzumní hodnota sumce velkého (*Silurus glanis*, L.) z podmínek intenzivního chovu. In: Vykusová, B. (Ed.), VII. Česká ichtyologická konference, Sborník příspěvků z konference. VÚRH JU, Vodňany, s. 255–258.
- Martins, C.I.M., Eding, E.H., Verdegem, M.C.J., Heinsbroek, L.T.N., Schneider, O., Blancheton, J.P., d'Orbcastel, E.R., Verreth, J.A.J., 2010. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering* 43: 83–93.
- Masser, M.P., 2012. In-pond raceways. *Aquaculture production systems*: 387–394.
- Masser, M.P., Woods, P., 2008. Cage culture problems. Southern Regional Aquaculture Centre.
- Nagy, Z., Ardó, L., Demény, F., Gál, D., Sándor, Z.J., Ljubobratović, U., 2022. Case study on the aptness of in-pond raceways for pikeperch, *Sander lucioperca*, grow-out. *Aquaculture Reports* 27: 101356.
- Nyina-Wamwiza, L., Xu, X. L., Blanchard, G., Kestemont, P., 2005. Effect of dietary protein, lipid and carbohydrate ratio on growth, feed efficiency and body composition of pikeperch *Sander lucioperca* fingerlings. *Aquaculture Research* 36: 486–492.
- Pěnka, T., Malinovskyi, O., Křišťan, J., Imentai, A., Policar, T., 2021. Effect of density and mixed culture of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) and pikeperch (*Sander lucioperca*) on growth, survival and feed conversion rate in intensive culture. *Czech Journal of Animal Science* 66: 428–440.
- Pěnka, T., Malinovskyi, O., Imentai, A., Kolářová, J., Kučera, V., Policar, T., 2023. Evaluation of different feeding frequencies in RAS-based juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) aquaculture. *Aquaculture* 562: 738815.
- Pokorný, J., Adámek, Z., Dvořák, J., Šrámek, V., 1998. Pstruhařství, Informatorium Praha, 243 s.
- Policar, T., Podhorec, P., Stejskal, V., Kozák, P., Švinger, V., Hadi Alavi, S.M., 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., Blecha, M., Křišťan, J., Mráz, J., Velíšek, J., Stará, A., Stejskal, V., Malinovskyi, O., Svačina, P., Samarin, A. M., 2016. Comparison of production efficiency and quality of differently cultured pikeperch (*Sander lucioperca* L.) juveniles as a valuable product for ongrowing culture. *Aquaculture International* 24: 1607–1626.
- Policar, T., Křišťan, J., Hampl, J., Blecha, M., Kolářová, J., 2018. Provozní manuál sloužící k efektivnímu provozu intenzivní akvakultury využívající RAS. Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 169, 54 s.
- Policar, T., Schaefer, F. J., Panana, E., Meyer, S., Teerlinck, S., Toner, D., Żarski, D., 2019. Recent progress in European percid fish culture production technology-tackling bottlenecks. *Aquaculture International* 27: 1151–1174.

- Příhoda, J., 2023. Chov lososovitých ryb. Style (2. vydání), 224 s.
- Regenda, J., 2023. Ověření efektivnosti produkce násady kapra a amura v RAS pro chov tržních ryb v rybnících, FROV JU České Budějovice, Závěrečná zpráva projektu, OP Rybářství č. CZ.10.2.101/2.1/0.0/20_018/0001216, 105 s.
- Regenda, J., Hartman, P., 2016. Praktika v rybníkářství, FROV JU, Vodňany, 375 s.
- Regenda, J., Vachta, R., 2019. Požadavky na rybník jako stavbu z pohledu chovu ryb, aneb co rybáři potřebují a proč. In: David, V., Davidová, T. (Ed.), Sborník příspěvků z odborné konference „Rybníky 2019“. 13. a 14. 6. 2019. Praha, Česká společnost krajinných inženýrů, Praha: s. 158–172. ISBN 978-80-01-06595-2. ISSN 2570-5075
- Regenda, J. Hanzlík, P. 2024. Ekonomické aspekty extenzivního chovu ryb v rybnících – zkušenosti z projektu RAGO. In: David, V., Davidová, T. (Ed.), Sborník příspěvků z odborné konference „Rybníky 2024“. Česká společnost krajinných inženýrů, Praha, s. 27–35.
- Stejskal, V., Gebauer, R., Matoušek, J., Šebesta, R., Prokešová, M., Mráz, J., Kouřil, J., 2020. Technologie a technické prvky recirkulačních akvakulturních systémů pro chov ryb. Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 174, 106 s.
- Štěch, L., 2007. Koi – barevní japonští kapři. Alecedor, Zliv, 351 s.
- Vachta, R., 2015. Ekonomika provozu a návratnosti investic recirkulačních objektů. In: Urbánek, M. (Ed.), Sborník referátů z 3. ročníku odborné konference Rybářského sdružení ČR. 19. a 20. 2. 2015. České Budějovice, Rybářské sdružení České republiky, České Budějovice, s. 83–93.
- Yanong, R.P.E., 2012. Biosecurity in Aquaculture, Part 2 : Recirculating Aquaculture Systems. SRAC Publication, 4708, 12. <http://fisheries.tamu.edu/files/2013/09/SRAC-Publication-No.-4708-Biosecurity-in-Aquaculture-Part-2-Recirculating-Aquaculture-Systems.pdf>
- Nařízení Rady (ES) č. 1198/2006 ze dne 27. července 2006, o Evropském rybářském fondu.
- ČSN 46 6800 (466800). Rybářství – Termíny, definice a značky.

7. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- Kolářová, J., Nepejchalová, L., Policar, T., 2019. Řešení zdravotní problematiky v intenzivních chovech ryb využívající RAS (Recirkulační akvakulturní systém). Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 180, 58 s.
- Policar, T., Kříšťan, J., Hampl, J., Blecha, M., Kolářová, J., 2018. Provozní manuál sloužící k efektivnímu provozu intenzivní akvakultury využívající RAS. Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 169, 54 s.
- Policar, T., Fuka, T., Blecha, M., 2018. Nové postupy a technologické komponenty a možnosti jejich využití v akvakultuře. Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 170, 56 s.

Příloha 1. Obvyklé rozdělení a charakteristiky různé intenzivního chovu ryb v rybnících v současné rybářské praxi v České republice.

Parametr	Extenzivní	Polointenzifikační	Intenzifikační
Typ obsádky	nejčastěji polykulturní	nejčastěji polykulturní	monokulturní nebo polykulturní
Přirůstek ryb	tvorí přirozená potrava	tvorí přirozená potrava a příkrmová- ní (roslinnými krmivý)	tvorí přirozená potrava a v rozhodují- cím podílu aplikované krmivo, primár- ně kompletní krmné směsi
Rozvoj přirozené potrawy	ovlivňují především místní podmínky a přírodní faktory, resp. v odůvodněných případech cílené hospodářské zásahy a zčásti rovněž obsádka	významně ovlivňují hospodářské opatření, obsádka, místní podmínky a přírodní faktory	ovlivňují především hospodářské sahy a růst obsádky
Aplikace hnojiv	aplikace hnojiv je vyloučená; možné je pouze využívání autochtonních živin (zelené hnojení, místní komposty z makrofyt); výjimečně je možná startovací dávka chlévské mrvy do 400 kg.ha ⁻¹ (např. u plůdkových rybníků)	aplikace hnojiv slouží k optimalizaci poměru a obsahu živin pro potřeby rozvoje a zvýšení přirozené produkce rybníka; při aplikaci hnojiv musí být zachován dobrý kyslíkový režim	aplikace hnojiv slouží k podpoře ma- ximálního rozvoje přirozené produkce za účelem její účinné proměny do při- růstku ryb
Vápění	dezinfekční (dle potřeby) meliorační pro stabilizaci vody a pH (KNK _{x,5} v létě klesá pod 1 mol.l ⁻¹)	dezinfekční (dle potřeby) meliorační (dle potřeby) preventivní (u hypertrofních rybníků)	dezinfekční (dle potřeby) meliorační (dle potřeby) preventivní (u hypertrofních rybníků)
Aplikace krmiv	příkrmování ryb je vyloučeno; možné je pouze vnašení 1x měsíčně za účelem kontrolních odlovů obsádky, případně podávání medikovaných krmiv na předpis veterinárního lékaře *RKK – 0	příkrmování ryb je hlavním intenzi- fikačním faktorem, používají se pře- devším rostlinná krmiva jako zdroj energie; možné je rovněž použití medikovaných krmiv a kondičního krmení (jaro, podzim); volba typu kr- miva a intenzity příkrmování vychází z nabídky přirozené potrawy,	příkrmování ryb rostlinnými krmivý se provádí pouze na začátku vegetač- ního období jako doplněk přirozené potrawy, později se aplikují kompletní krmné směsi (obsah dusíkatých látek nad 30 %), které zajišťují požadovaný přírůstek obsádky RKK – nehodnotí se RKK (obiloviny) – cíl do 2 (připustný 2,5)

Bilance fosforu	vstup P do chovu ryb je minimální; množství vyřezaného P výlovem ryb je výrazně vyšší	vstup P do chovu ryb (krmivem, hnojiv) je maximálně do úrovně P vyřezaného výlovem ryb; celková bilance P na vstupech a výstupech je vyrovnaná, resp. kladná	dodržení vyrovnané bilance P na vstupech a výstupech není podmínkou
Aplikace léčiv	druh a množství dle potřeby a na předpis veterinárního lékaře	druh a množství dle potřeby a na předpis veterinárního lékaře	druh a množství dle potřeby a na předpis veterinárního lékaře
Poznámka**	aplikace „závadných látek“ je výlučně vedena potřebou zajištění welfare ryb a bezpečnosti chovu ryb, jejím cílem není zvyšování produkce; organické hnojení je možné využít pro podporu rozvoje zooplanktonu u plůdkových rybníků nebo u nově vybudovaných, případně rekultivovaných nádrží pro podporu rozvoje benthického společenstva; kondiční přikrmování může být uplatněno z důvodu zamezení úhynu obsádky nebo snížení výžiracího tlaku na zooplankton.		

*RKK = relativní krmný koeficient (množství spotřebovaného krmiva dělené přírůstkem ryb), **závadná látka – ve smyslu § 39, vodního zákona č 248/2001 Sb.

Příloha 2. Porovnání vybraných technologií chovu ryb vhodných pro podmínky střední a východní Evropy.

Parametr	rybníky	klece	přůtočné systémy	RAS	semipřůtočné systémy	IPRS
Produkce ryb	nízká	střední – vysoká	střední	vysoká	střední – vysoká	střední – vysoká
Investiční náklady	vysoké	nízké	vysoké	vysoké	vysoké	střední
Provozní náklady	nízké	nízké	nízké	vysoké	střední	nízké – střední
Zdroj kyslíku	fotosyntéza	fotosyntéza, voda z okolního prostředí (někdy nutnost aerace)	přítoková voda (někdy z části aerace, oxygenace)	sycení vody tekutým O ₂	aerace – airlift (někdy O ₂)	fotosyntéza z okolního prostředí + aerace – airlift
Regulace prostředí	žádné – minimální (lokálně aerace)	žádné – minimální (ochlazení čerpáním vody z hloubky)	úprava pH, aerace, nouzová recirkulace vody	komplexní: teplota, pH, O ₂	částecné: pH, O ₂	částecné: teplota, O ₂ (změnou pozice/ vody)
Zdroj potravy	přirozená potrava + obiloviny	komplexní krmné směsi – pelety + omezeně přirozená potrava	komplexní krmné směsi – pelety	komplexní krmné směsi – pelety	komplexní krmné směsi – pelety	komplexní krmné směsi – pelety + omezeně přirozená potrava
Růst ryb	vegetační období	vegetační období	vegetační období (celoročně, dle teploty)	celoročně	celoročně	celoročně (změna druhů v zimě)
Hlavní chovaná ryba	kapr a další v rybnících standardně chované druhy ryb	lososovitě	lososovitě	lososovitě, teplomilné, jeseterovitě okounovitě	lososovitě, jeseterovitě	okounovitě, (lososovitě)
Hlavní rizika (nevýhody)	nízká produkce, vysoké ztráty	málo vhodných lokalit	nedostatek vody v letním období, málo lokalit	vysoké investiční i provozní náklady	málo známá technologie, nižší produkce ve srovnání s RAS	málo známá technologie, nižší produkce ve srovnání s RAS

Příloha č. 3 České zkratky a označování jednotlivých kategorií ryb v rybářství (ČSN 46 6800, 1997)

Písmena označují druh ryby a informace v dolním indexu jejich věk, resp. věkovou kategorii. Celými čísly se označuje počet vegetačních období, které má daná ryba za sebou. Pokud je u čísla „+“, znamená to, se ryba nachází v dalším vegetačním období, které ale není ukončeno, resp. nepřekročilo alespoň jeho polovinu.

Zkratky ryb

Ab – amur bílý	Li – lipan podhorní	Si – siven americký
Ač – amur černý	Ma – síh maréna	Su – sumec velký
Bo – bolen dravý	Mn – mník jednovousý	Š – štika obecná
Ca – candát obecný	Ok – okoun říční	Tb – tolstolobik bílý
H – hlavatka podunajská	Pa – parma obecná	Tp – tolstolobec pestrý
K – kapr obecný	Pd – pstruh duhový	Ú – úhoř říční
L – lín obecný	Po – pstruh obecný	Br – brak, bílá ryba (obecně)

Označení věkových kategorií ryb

Po_j – jikry (oplozené) Po	Ca₁ – plůdek (roček) Ca	Li_{gen} – generační Li
Ca_{jo} – jikry v očních bodech Ca	Tb₁ – plůdek Tb	Si_{1/4} – čtvrtroček Si
L₀ – váčkový plůdek L	Ab₂ – násada Ab	Pd_{1/2} – půlroček Pd
Su_k – krmený (odkrmený) plůdek Su	K₃ – tříletá násada K (výměť)	Bo₁₊ – bolen ve druhém vegetačním období
Š_r – rychlený plůdek Š	K_{4/v/t} – čtyřletý/vážný/tržní K	„+“ – polovina neukončeného vegetačního období

Věkové kategorie lososovitých ryb

Po_k – krmený (odkrmený) plůdek Po do 30 dní věku od počátku příjmu potravy
Pd_{1/4} – čtvrtroček – plůdek Pd od 31 do 90 dní věku od počátku příjmu potravy
Si_{1/2} – půlroček – plůdek Si od 91 do 150 dní věku od počátku příjmu potravy
H₁ – roček H

Dedikace

Metodika je výsledkem řešení NAZV projektu QK22020144 Druhová a technologická diverzifikace produkčního rybářství v ČR s cílem podpořit jeho efektivitu a konkurenceschopnost (80 %) a OP VVV Biodiverzita CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_025/0007370 Reprodukční a genetické postupy pro uchování biodiverzity ryb a akvakulturu (20 %).

Externí odborný oponent

Ing. Miroslav Blecha, Ph.D.

Dvůr Lnáře, spol. s r.o.

Interní odborný oponent

prof. Ing. Jan Kouřil, Ph.D.

*Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské
výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Ústav akvakultury a ochrany
vod, Na Sádkách 1780, 370 05 České Budějovice, www.frov.jcu.cz*

Oponent za státní správu

Ing. Ondřej Tomášek

*Ministerstvo zemědělství, Odbor státní správy lesů, myslivosti a rybářství,
Těšnov 65/17, 110 00 Praha 1*

*Osvědčení o uplatněné certifikované metodice č. MZE-82654/2024-16232
ze dne 2. 12. 2024 vydalo Ministerstvo zemědělství, Odbor státní správy lesů,
myslivosti a rybářství, Těšnov 65/17, 110 00 Praha 1*

Adresa autorského kolektivu

Ing. Ján Regenda, Ph.D. – 70 %

Ing. Václav Kučera – 30 %

*Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské
výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Zátíší 728/II, 389 25
Vodňany, www.frov.jcu.cz*

*V edici Metodik (technologická řada) vydala Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,
Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, www.frov.jcu.cz; přidělený editor: dr. hab.
Ing. Josef Velíšek, Ph.D.; redakce: Zuzana Dvořáková; náklad: 200 ks, 1. vydání; metodika
uplatněna v roce 2024; vytištěna v roce 2025; grafický design a technická realizace:
Jesenické nakladatelství Jena Šumperk.*



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

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



ISBN 978-80-7514-214-6