

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD**

**PRODUKCE A ADAPTACE INTENZIVNĚ ODCHOVANÝCH NÁŠAD
CANDÁTA OBECNÉHO (*SANDER LUCIOPERCA*) PRO VYSAZENÍ DO VOLNÝCH
VOD**

O. Malinovskyi, V. Kučera, T. Pěnka, T. Polícar

č. 215

Vodňany

ISBN 978-80-7514-236-8

Publikace byla zpracována za finanční podpory Národní agentury pro zemědělský výzkum:
QK23020002 Produkce násad candáta obecného, jejich adaptibilita a optimalizace jejich
vysazování do volných vod – 100%.

OBSAH

1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY	4
2. CÍL	6
3. MÍSTO OVĚŘENÍ TECHNOLOGIE	7
4. POPIS TECHNOLOGIE	7
4.1. CHARAKTERISTIKA VÝTĚROVÉ EFEKTIVITY GENERAČNÍCH RYB	7
4.2. FYZIOLOGICKÉ ZMĚNY V NÁVAZNOSTI NA KONZUMACI ŽIVÉ POTRAVY.....	16
4.3. VLIV PŮVODU NA POHYBOVOU CHARAKTERISTIKU JUVENILŮ	22
5. EKONOMICKÝ PŘÍNOS TECHNOLOGIE	25
6. UPLATNĚNÍ TECHNOLOGIE V PRAXI	26
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	26

1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Candát obecný (*Sander lucioperca*) je významným druhem v evropské sladkovodní akvakultuře, a to jak z hlediska své hospodářské hodnoty, tak ekologické role ve vodních ekosystémech (Polícar a kol., 2019b). Jeho maso je vysoce ceněno, a v mnoha zemích se proto stal cílem intenzivních chovů, především v recirkulačních akvakulturních systémech (RAS).

Zatímco produkce candáta obecného v kontrolovaných podmínkách doznala významného technologického pokroku (Polícar a kol., 2019c), vysoká mortalita násad po jejich vysazení do volných vod nadále představuje zásadní problém (Jůza a kol., 2024a). Nejčastějšími příčinami vysoké mortality po vysazení do volných vod jsou skutečnosti, že ryby odchované v RAS postrádají dostatečně rozvinuté přirozené reflexy, mají omezenou schopnost aktivně vyhledávat potravu a slabě reagují na predátory (Kučera a kol., 2025). Tyto nedostatky jsou spojovány s prostředím, které má odlišný selekční tlak, řízené krmení, homogenní prostor a chybí v něm mezidruhové interakce. Ačkoli je tento fenomén u ryb pocházejících z akvakultury obecně dobře znám a opakovaně popisován (Naslund, 2021), specificky u candáta obecného (*Sander lucioperca*) dosud nebyl systematicky ověřen ani jednoznačně popsán, a proto zůstává předmětem spekulací a sporů mezi zastánci různých přístupů k jeho chovu.

Je důležité si uvědomit, že otázka přežití candáta po vysazení do volných vod je mnohem komplexnější, než by se mohlo zdát. Nezávisí pouze na tělesné kondici, ale zahrnuje celou řadu fyziologických aspektů – od hormonálního nastavení a imunitní odpovědi až po rozvoj reflexů. Tyto aspekty jsou zásadní pro schopnost ryby přežít, úspěšně se zařadit do potravního řetězce, bránit se predátorům a v ideálním případě i reprodukovat.

Na rybářském trhu jsou dostupné násady o různé kvalitě, které se liší svým původem, způsobem odchovu a biologickou kvalitou. Tyto rozdíly zásadně ovlivňují jejich vhodnost pro vysazení do volných vod. Násady lze rozdělit podle typu chovu na ryby rybníčního původu, ryby odchované v recirkulačních systémech (RAS) a ryby s kombinovanou odchovnou historií.

Rybníční násady pocházejí zpravidla z přirozeného výtěru generačních ryb v rybníce s připravenými hnízdišti a jsou dále odchovávány v podmínkách s přirozenou potravou a prostředím. Tento způsob produkce dává rybám možnost rozvíjet reflexy, naučit se vyhledávat potravu a také reagovat na predaci, například vyhledáváním úkrytů. Rybníční ryby jsou zpravidla zvyklé na komplexní prostředí, kde dochází k mezidruhovým interakcím. V důsledku toho vykazují po vysazení do volných vod velmi dobré výsledky z hlediska přežití i začlenění do ekosystému. Při jarním vysazování do nádrže Hubenov ryby rybníčního původu dosáhly přežití přibližně 6,5 % (Jůza a kol., 2024a). Mezi nevýhody této produkce patří sezónní omezenost a obvykle poměrně nízká kusová hmotnost ryb.

Naproti tomu ryby z intenzivního odchovu v RAS jsou produkovány v řízených podmínkách, kde nedochází k přirozené selekci, možnosti využívat přirozené úkryty ani k interakcím s jinými druhy ryb. Tento způsob odchovu tak má razantně odlišnou selekční strategii, která upřednostňuje růst a fyziologickou odolnost před reflexy. Ryby jsou zvyklé na kompletní krmiva a jejich chování je přizpůsobeno uzavřenému prostředí. Naopak, ve srovnání s rybníčními rybami, je výhodou tohoto typu produkce celoroční dostupnost, větší hmotnost a kontrola nad výživou, zdravotním stavem i šlechtěním. Zásadním limitem je však nedostatečný rozvoj reflexů, který se negativně projevuje při vysazení do přírody. Data z vysazení do nádrže Hubenov (Holubová a kol. 2025) ukazují, že ryby z RAS dosahují přežití pouze kolem 0,5 %, oproti rybníčním candátům s přežitím kolem 2,6 %, tedy téměř 5krát nižšího než jejich rybníční protějšky, a to i přesto, že byly ryby z RAS při vysazení výrazně větší.

Reprodukční chování candáta obecného je dalším klíčovým faktorem ovlivňujícím úspěšnost jeho přirozeného výtěru i efektivitu rozmnožování. Candát patří mezi druhy s vysoce rozvinutou otcovskou péčí, přičemž dominantní roli v reprodukci hrají právě samci (Drașovean and Blidariu, 2013). Ti si vybírají vhodné hnízdní místo (kořeny, šterky, vegetace) a aktivně jej čistí od sedimentu. Následně lákají samice k vytření a po výtěru samotném zajišťují ochranu a provzdušňování jiker až do vykulení. Z pohledu produkce násad pro vysazení do volných vod je tedy zásadní, aby byla brána v úvahu nejen kvalita a zdravotní stav ryb, ale i projev přirozeného chování, zejména schopnost přípravy hnízda samcem a schopnost samice rozpoznat vhodného partnera (Malinovskiy a kol., 2018). Ať se jedná o vysazení menších ryb nebo dospělců, tyto faktory jsou zcela rozhodující pro úspěšné rozmnožování v přírodním prostředí i v podmínkách polokontrolovaného chovu (obr. 1).



Obr. 1. Uměle výtěrové hnízdo běžně používané pro candáta (*Sander lucioperca*; Foto: O. Malinovskiy).

Poloumělý výtěr bez hormonálních zásahů znamená zachování přirozeného hormonálního profilu ryb. Na rozdíl od hormonálně stimulovaných výtěrů, kde dochází ke zvýšení hladin stresu, poloumělá metoda reprodukce nevede k nadměrnému stresu (Zarski a kol., 2020). Hormonální indukce u candáta opakovaně zvyšuje hladiny stresových markerů, i když nemění celkovou imunitní odpověď. Tato aktivace stressových mechanismů může mít vedlejší efekty, jako je oslabení přirozené odolnosti vůči patogenům a následná povýtěrová mortalita (Policar a kol., 2019a). Poloumělý výtěr přitom zachovává rovnováhu mezi reprodukční výkonností, stresem a fyziologickou stabilitou, čímž podporuje biologickou integritu a přirozené fungování jedinců, což má zásadní význam zejména u násad určených pro zarybňování volných vod.

Poloumělá reprodukce candáta, založená na přirozeném výběru partnera a spontánním výtěru na připravených hnízdech bez použití hormonálních stimulací, představuje významný krok směrem ke zlepšení welfare a zdravotního stavu ryb a podpoře klíčových reflexů nezbytných pro přežití v přírodních podmínkách (Malinovskiy a kol., 2018). Vzhledem k tomu, že ryby využívané pro vysazování do volných vod, musí být schopny reprodukce bez lidského zásahu, je důležité, aby již během jejich odchovu nebyly tyto schopnosti potlačeny. Tento způsob kontrolované reprodukce zachovává evolučně vyvinuté reflexy a chování, které jsou

nezbytné pro úspěšnost ve volné přírodě. Intenzivní chovy také mohou produkovat ryby s omezenou reprodukční schopností, což ohrožuje populace po vysazení (Khendek a kol., 2018).

Jedním z možných vysvětlení nižšího přežívání candátů pocházejících z RAS může být odlišný způsob prostorové orientace a využívání prostředí, který si ryby během odchovu osvojují (Molnár a kol., 2018). V RAS jsou ryby dlouhodobě vystaveny homogennímu prostředí bez vertikálních gradientů teploty či kyslíku a bez výraznější struktury dna. V takových podmínkách candáti často vyhledávají úkryt přímo na dně nádrže, což se stává jejich naučenou strategií pro bezpečí a klid (Kučera a kol., 2025). Po vypuštění do přirozených podmínek se ale toto chování může stát pro ryby nevýhodným. Například ve vodní nádrži Hubenov, kde byla část candátů z RAS vysazena v rámci stávajícího projektu, se vytváří teplotní a kyslíková stratifikace s termoklinou přibližně ve čtyřmetrové hloubce a s výrazným deficitem kyslíku v 8 metrech. V této hloubce nepřesahují hodnoty rozpuštěného kyslíku 1 mg.L^{-1} , což je pod fyziologickou tolerancí druhu (Jůza a kol., 2024a). Ryby, které instinktivně vyhledávají dno, se mohou po čase dostat do hypoxických zón, kde dochází k akutnímu stresu a následnému úhynu. A to i přesto, že jsou ryby vysazovány do litorálních partií přehrady.

Tím se otevírá zásadní otázka, zda jsou technologie intenzivního chovu skutečně schopné zvýšit stavy candáta ve volné přírodě, nebo poskytují výhody pouze v kontrolovaných podmínkách a po vysazení ryb do volných vod rychle převažují jejich nevýhody. Odpověď spočívá v kombinaci intenzivní produkce s efektivní adaptační fází. Zachování a podpora přirozených reflexů jsou nezbytné nejen pro přežití, ale i pro reprodukci a ekologickou integraci candáta obecného do potravní sítě, kde může plnit svou biomanipulační funkci. Detailní charakteristika a popis těchto reflexů a jejich změn v kontextu kontrolovaného odchovu candáta však dosud chybí.

Cílem se tak stává najít řešení, které umožní produkci kvalitních, fyziologicky připravených a behaviorálně adaptovaných násad candáta, jež budou schopny nejen přežít ve volné přírodě, ale také se aktivně podílet na reprodukci a ekologické stabilitě vodního prostředí. Navrhovaný přístup reaguje na potřeby rybářského managementu v posilování populací candáta pomocí vysazování násad tam, kde přirozená obnova selhává nebo kde je cílem stabilizace predančního tlaku na nežádoucí druhy ryb.

2. CÍL

Cílem této ověřené technologie je vyvinout a ověřit komplexní postup pro posouzení připravenosti intenzivně odchovaných násad candáta k vysazení do volných vod, se zaměřením na vliv původu ryb, jejich fyziologický stav a schopnost adaptace na podmínky přirozeného prostředí. Dílčím cílem technologie je stanovit vztahy mezi původem násad (rybníční vs. RAS), jejich fyziologickými ukazateli kvality a identifikovat klíčové faktory ovlivňující úspěšnost přechodu z intenzivního chovu do volné vody. Dalším cílem je definovat, jak podmínky chovu ovlivňují reprodukční chování generačních ryb, včetně hormonálních a behaviorálních složek, a posoudit dopady na reprodukční úspěšnost. Výsledným cílem ověřené technologie je poskytnout uživatelsky aplikovatelné podklady pro kvalifikované rozhodování o produkci a vysazování, které povedou ke zvýšení biologické efektivity a ekonomické návratnosti zarybňovacích opatření.

3. MÍSTO OVĚŘENÍ TECHNOLOGIE

Technologie byla ověřena v podmínkách Experimentálního rybochovného pokusnictví na pracovištích Fakulty rybářství a ochrany vod Jihočeské univerzity ve Vodňanech. Toto pracoviště disponuje komplexním technologickým zázemím umožňujícím sledování celého životního cyklu candáta obecného (*Sander lucioperca*), od produkce jiker až po odchov tržních ryb. Ověření schopnosti reprodukce a eliminace predace probíhalo v podmínkách jak intenzivního chovu v recirkulačních akvakulturních systémech (RAS), tak i v extenzivním rybničním prostředí, přičemž kombinace těchto technologií umožnila detailně posoudit vliv původu ryb na jejich fyziologii, chování, schopnost přirozené reprodukce a přežití po vysazení do volné vody. Tento postup a použitá infrastruktura poskytla podmínky pro srovnání biologických a ekonomických parametrů produkce a vysazení candáta obecného v různém období roku a použití ryb odlišného původu. Tyto kombinace faktorů tak umožňují testování specifických scénářů, které jsou nejčastěji reálné pro rybářské podniky.

4. POPIS TECHNOLOGIE

4.1. CHARAKTERISTIKA VÝTĚROVÉ EFEKTIVITY GENERAČNÍCH RYB

4.1.1. Úvod

Candát obecný (*Sander lucioperca*) je druh, který při rozmnožování vytváří páry, přičemž samec aktivně vybírá a čistí hnízdo, na které samice klade jikry. Následně samec zajišťuje ochranu a provzdušňování hnízda až do vylíhnutí larev (Lappalainen a kol., 2003; Drašovean and Blidariu, 2013). Toto specifické chování je klíčové nejen pro přirozenou reprodukci v přírodě, ale také pro návrh umělých výtěrových podmínek a řízení reprodukce v chovu. Porozumění mechanismům výběru partnera, čistící aktivity samců a prostorové distribuce jiker na hnízdě poskytuje cenné poznatky pro tvorbu reprodukčních protokolů, které umožňují efektivní využití generačních ryb, zvyšují úspěšnost přirozeného výtěru v chovu a přispívají k produkci kvalitních násad určených pro vysazování do volných vod. Cílem této části ověřené technologie je charakterizovat výtěrové chování candáta obecného v kontrolovaných podmínkách, včetně popisu výběru hnízda, interakcí mezi pohlavími a následné péče o jikry. Tyto poznatky tvoří základ pro formulaci doporučení k optimalizaci podmínek při produkci násad určených k adaptaci a následnému vypouštění do přirozeného prostředí. Tato část technologie zahrnuje dva experimenty. První se zaměřuje na popis a charakteristiku výtěrového chování candáta obecného, druhý pak na hodnocení vlivu odchovného prostředí na schopnost generačních ryb projevovat přirozené reprodukční chování. Získaná data byla následně statisticky vyhodnocena a interpretována v kontextu jejich praktického významu pro chovatelskou praxi.

4.1.2. Experimentální uspořádání

Na konci října byli dospělí jedinci candáta obecného (*Sander lucioperca*) odloveni z produkčních rybníků společnosti Rybářství Nové Hradky s. r. o. (Česká republika) a převezeni do menšího rybníku o rozloze 0,1 ha k přezimování v areálu Fakulty rybářství a ochrany vod Jihočeské univerzity. Během zimního období byli generační jedinci krmeny střevličkou východní (*Pseudorasbora parva*) – jakožto přirozenou potravou. Na začátku dubna, kdy průměrná denní teplota vody dosáhla 10 °C, bylo u ryb stanoveno pohlaví pomocí katetrizace a samci i samice byli odděleni (Zarski a kol., 2011). Od tohoto okamžiku byly samice v týdenních intervalech hodnoceny podle stadia zrání oocytů. Pro pokus byly vybrány samice ve stádiu V (průměrná hmotnost = 920 ± 69 g) a samci dvou velikostních kategorií: velcí (prům.

hm. = 1388 ± 163 g) a malí (prům. hm. = $566,7 \pm 66,9$ g), přičemž samci spontánně uvolňovali mlíčí. Po ukončení tření byli generační jedinci přeneseni do vnitřního recirkulačního systému (RAS) za účelem odběru krve. Tyto ryby byly následně podrobeny antifungální koupeli ($5 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ NaCl) po dobu 6 dnů (Policar a kol., 2019a). Voda pro třecí nádrže byla odebírána z místního umělého kanálu řeky Blanice ve Vodňanech (Česká republika). Teplota vody byla zaznamenávána v hodinových intervalech pomocí digitálního teploměru Minikin Tie (Environmental Measuring System s.r.o., Česká republika), umístěného na přítoku. Průhlednost vody v třecí nádrži a výška vodního sloupce umožňovaly vizuální pozorování chování ryb z hladiny, nicméně podvodní kamerové záznamy nebyly technicky možné kvůli zákalu vody.

4.1.2.1. Experiment 1 - Výtěrové chování candáta obecného

Soubor ryb tvořený jednou samicí a dvěma samci různé velikosti byl přenesen do venkovní průtočné třecí komory (délka 2,8 m; šířka 1,5 m; výška 0,8 m; celkový objem $5,6 \text{ m}^3$). V každé komoře byla umístěna dvě umělá třecí hnízda (průměr 90 cm) vytvořená z kartáče s 150 mm dlouhými vlasci (obr.1) typicky používanými jako medium pro biologický filtr v zahradních jezírkách (Filtrační kartáč pro C-80, 65 x 15 cm, černý; Jezírka Banat, s.r.o., Česká republika). Celkem bylo využíváno pět identických třecích nádrží v kontinuálním provozu. Po každém vytření byla komora vyčištěna a obsazena novým souborem ryb. Pro snížení stresu po manipulaci byla během prvních šesti hodin po nasazení generačního souboru nádrží rozdělena na tři části pomocí rámu se syntetickou sítí s oky o velikosti 4 cm. Větší a menší samec byli umístěni odděleně do bočních částí s hnízdy, zatímco samice byla nasazena do střední části. Po šesti hodinách byla přepážka odstraněna, čímž byla umožněna interakce mezi samci a samicí. Po odstranění přepážky byla obě hnízda kontrolována ve 12hodinových intervalech, dokud se samice nespárovala s jedním ze samců. Po vytření zůstalo hnízdo následujících 24 hodin nedotčeno, aby se zabránilo narušení čerstvě přichycených jiker. Následně byla všechna hnízda ($n = 24$), včetně těch, která si samice nevybraly, vyfotografována a snímky byly zpracovány pomocí softwaru QuickPHOTO MICRO 3.0. U prázdných hnízd bylo stanoveno procento očištěné plochy hnízda vzhledem k celkové ploše (%). U hnízd s jikrami byla dále hodnocena plocha rozložení jiker vzhledem k celkové ploše (%), a plocha shluknutých jiker vzhledem k celkové ploše (%). Po vyhodnocení byla hnízda s jikrami přemístěna do recirkulačního systému (RAS) pro inkubaci v kontrolovaných podmínkách.

4.1.2.2. Experiment 2 – Vliv původu generačních ryb na přirozené reprodukční chování

Experiment byl realizován ve venkovní průtočné třecí nádrži o objemu $5,6 \text{ m}^3$, která byla vybavena stejnými umělými hnízdy o průměru 90 cm. Konstrukce a základní technické uspořádání nádrže odpovídalo popisu uvedenému v experimentu 1. V každé nádrži byl současně umístěn pár generačních ryb candáta obecného. Byly testovány čtyři kombinace generačních ryb podle jejich původu:

$P\sigma \times P\varphi$ – samci i samice pocházející z rybničního chovu,

$P\sigma \times I\varphi$ – samci z rybničního a samice z intenzivního chovu,

$I\sigma \times P\varphi$ – samci z intenzivního a samice z rybničního chovu,

$I\sigma \times I\varphi$ – samci i samice pocházející z intenzivního chovu.

Po každém potvrzeném výtěru byl pár candátu nahrazen novými rybami odpovídajícího pohlaví a původu.

Hnízda byla kontrolována ve 12hodinových intervalech. Aktivní samci byli identifikováni podle přítomnosti na hnízdě a teritoriálního chování, samice po vytření byly rozpoznány podle zjevného úbytku objemu břišní části těla. Experiment probíhal formou kontinuálního sledování až do doby, kdy teplota vody a aktivita ryb umožňovaly přirozený výtěr.

Pro každou kombinaci byly sledovány následující parametry: čistící aktivita samců (očistěná plocha, % z celkové plochy hnízdě), rozložení jiker na hnízdě (plocha pokrytá jikrami, %), biochemické ukazatele stresu (hladina kortizolu a glukózy v krevní plazmě). Odběr a analýza krevních vzorků byly provedeny v souladu s metodikou Kolářové a Velíška, (2012), zahrnující odběr z *vena caudalis*, centrifugaci, uchování plazmy při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a následné laboratorní stanovení biochemických parametrů. Po každém vytření bylo hnízdo vyfotografováno a snímky byly analyzovány v softwaru QuickPHOTO MICRO 3.0.

4.1.3. Stanovení pohlavních steroidních hormonů

Do jedné hodiny po každém zaznamenaném výtěru ($n = 12$) byly odebrány vzorky krve od všech ryb v dané třecí nádrži (dva samci a jedna samice; $n = 36$). Krev byla odebrána z *vena caudalis* pomocí heparinizované 1ml injekční stříkačky pro stanovení testosteronu a 11-ketotestosteronu (11-KT) u samců a estradiolu u samic. Bezprostředně po odběru byla krev převedena do mikrozkušavek vypláchnutých roztokem sodné soli heparinu (Heparin Léčiva inj. sol., Zentiva, Česká republika) v koncentraci $40\text{ IU}\cdot\text{mL}^{-1}$ krve, aby se zabránilo srážení. Vzorky byly okamžitě centrifugovány při $1500 \times g$ po 10 minut (MPW 55, MPW Instruments, Polsko). Oddělená plazma byla uchována na ledu a následně zmrazena při $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ do doby analýzy. Hladiny testosteronu a estradiolu v plazmě byly stanoveny imunochemickou metodou ECLIA (Cobas 6000, Roche, Německo). Koncentrace 11-KT byla kvantifikována pomocí ELISA sady (11-KT EIA kit, Cayman Chemical, MI, USA). Každý standard a vzorek plazmy byl měřen ve dvojím provedení podle pokynů výrobce. Absorbance byla odečtena při vlnové délce 420 nm na mikrodestičkovém spektrofotometru.

4.1.4. Inkubace a líhnutí

Dvacet čtyři hodin po vytření bylo vybrané hnízdo přemístěno do RAS pro inkubaci v oddělené nádrži o objemu 350 l. Teplota vody byla udržována na $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ a parametry kvality vody (pH 6,8-7,2, dusitany a amoniak pod hladinou detekce) byly konstantní a optimální pro inkubaci jiker candáta (Malinovskyi a kol., 2018). Po objevení prvních larev ve vodním sloupci byl přítok vody zastaven a bylo zajištěno dodatečné provzdušňování tak, aby koncentrace rozpuštěného kyslíku zůstala v rozmezí 90–95 %. Po 72 hodinách bylo líhnutí dokončeno a hnízdo bylo vyjmuto z nádrže, vyčištěno, dezinfikováno a připraveno pro opakované použití. Po zaznamenání pigmentace očí byly larvy spočítány objemovou metodou, spočívající v odhadu počtu na základě počtu larev v dílčích vzorcích odebraných z promíchané suspenze o známém objemu.

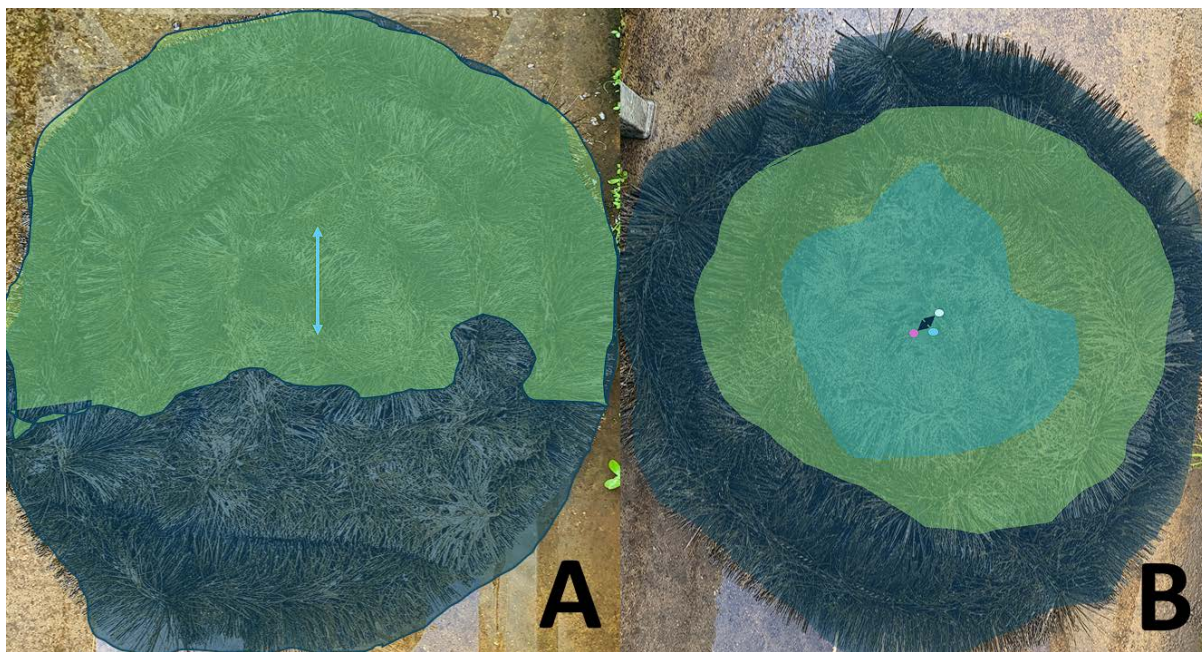
4.1.5. Statistické zpracování dat

Veškerá získaná data byla zpracována a vyhodnocena s využitím programu Statistica v. 13 (StatSoft, Inc., USA) Microsoft Excel 365. Základní statistické zpracování zahrnovalo výpočet průměru a směrodatné odchylky (SD). Před samotnou analýzou byly všechny soubory dat podrobeny kontrole normality rozložení pomocí Shapiro–Wilkova testu a homogenity rozptylů pomocí Leveneho testu. V případech, kdy nebyly splněny předpoklady parametrických testů, byla data logaritmičsky transformována nebo byly použity neparametrické testy (Kruskal–

Wallis, Mann–Whitney). Pro porovnání rozdílů mezi skupinami (např. mezi velikostními kategoriemi samců, původem generačních ryb, variantami teplot či typy hnízd) byla použita jednofaktorová nebo vícefaktorová analýza rozptylu (ANOVA). V případě zjištění významných rozdílů byl následně použit post-hoc test Tukey HSD pro identifikaci konkrétních skupinových rozdílů. V případech, kdy bylo nutné posoudit vzájemné vztahy mezi více proměnnými (např. teplota vody, hormonální profil, čisticí aktivita samců, distribuce jiker, produkce larev), byly aplikovány obecné lineární modely (GLM). Modely byly postupně redukovány na základě významnosti jednotlivých parametrů, přičemž za statisticky významné byly považovány hodnoty $P < 0,05$. Všechna data jsou v textu prezentována jako průměr $\pm$ SD.

4.1.6. Výsledky a diskuse

Experiment 1 probíhal po dobu 24 dnů, během nichž bylo zaznamenáno 12 úspěšných výtěrů. Teplota vody se pohybovala v rozmezí 11,0–17,5 °C. Po dosažení průměrné denní teploty 17,5 °C aktivita ryb ustala a tření již nebylo pozorováno. Všichni velcí samci projevili aktivitu při čištění hnízda, přičemž 77 % z nich bylo samicemi vybráno k reprodukci. Mezi malými samci se čisticí aktivita objevila pouze u poloviny jedinců a samice si vybraly 33 % z nich. Podíl očištěné plochy hnízda byl u velkých samců výrazně vyšší ($50,8 \pm 23,9$ %) než u malých ($13,5 \pm 19,7$ %). Největší rozdíl byl patrný u nepreferovaných samců – velcí samci čistili v průměru 48,9 % plochy hnízda, zatímco malí pouze 3,5 %. Zjištěné výsledky ukazují, že čisticí aktivita a prostorová orientace samců při přípravě hnízda hraje klíčovou roli při výběru partnera samicí. Větší samci vykazovali konzistentnější a efektivnější chování při přípravě hnízda. Samice projevovaly jasnou preferenci vůči samcům s lépe očištěnými hnízdy, bez ohledu na samotnou velikost jedince (obrázek 2).



Obr. 2. Typické příklady čištění výtěrových hnízd samci candáta obecného (*Sander lucioperca*): A – hnízdo samce, kterého samice nevybrala; typickým znakem je neúplné vyčištění a částečně nevyužitá plocha hnízda. B – hnízdo preferovaného, i když menšího samce, který dokázal hnízdo lépe vyčistit a následně byl vybrán samicí, jež se zde vytřela. Ilustrace zobrazuje efektivitu čištění (žlutá barva) a intenzitu rozložení jiker na hnízdě (světle-modrá barva; Foto: O. Malinovskyi).

Toto chování odpovídá i jiným druhům ryb s otcovskou péčí, kde samci po vytření hlídají a provzdušňují jikry až do vylíhnutí (Gillooly a Baylis, 1999; Cooke, 2003). Výsledky tak potvrzují, že candát obecný vykazuje složitý systém výtěrového chování, ve kterém samice aktivně reagují na kvalitu hnízda připraveného samcem.

Experiment 2 potvrdil, že původ generačních ryb zásadně ovlivňuje projevy přirozeného výtěrového chování candáta obecného. Tření probíhalo při teplotách vody v rozmezí 8,7–15,8 °C. Aktivita tření začala po dosažení 14 °C, kulminovala mezi 13,5–15 °C a při teplotách nad 15,5 °C postupně ustávala. Průměrná čistící aktivita samců vyjádřená jako podíl očištěné plochy hnízda, se mezi skupinami významně lišila (Tabulka 1). Nejvyšší hodnoty byly zaznamenány u ryb rybníčního původu ($59,8 \pm 18 \%$), následovaly smíšené kombinace ($45,6 \pm 20 \%$) a nejnižší aktivitu vykazovaly ryby pocházející z intenzivního chovu v RAS ($23,6 \pm 15 \%$). Podobný trend byl zaznamenán také u parametru rozložení jiker na hnízdě. Rybníční skupina dosáhla průměrné hodnoty $28,6 \pm 9,4 \%$, smíšená skupina $23,4 \pm 11 \%$ a skupina ryb z intenzivního chovu pouze $13,4 \pm 9,4 \%$.



A

B

C

Obr. 3. Typické příklady efektivity využití umělých výtěrových hnízd u párů candáta obecného (*Sander lucioperca*): A – pár tvořený samcem a samicí původem z rybníka, B – smíšené páry, v nichž jeden z jedinců pochází z RAS, C – pár, v němž oba jedinci pocházejí z RAS. Ilustrace zobrazuje efektivitu čištění (modrá barva) a rozložení jiker na hnízdě (žlutá barva; Foto: O. Malinovskyi).

Tabulka 1.- Průměrné hodnoty čistící aktivity samců a rozložení jiker na hnízdě (% , průměr $\pm$ SD) podle původu generačních ryb candáta obecného (*Sander lucioperca*). Výsledky jednofaktorové analýzy rozptylu (ANOVA) pro porovnání skupin.

Parametr	Skupina			F-statistika a p-hodnota
	Rybník	Smíšená	Venkovní RAS	
Čištění hnízda (%)	$59,8 \pm 18^a$	$45,6 \pm 20^a$	$23,6 \pm 15^b$	$F(2, 28)=6,837, p=.0038$
Rozložení jiker (%)	$28,6 \pm 9,4^a$	$23,4 \pm 11^{ab}$	$13,4 \pm 9,4^b$	$F(2, 28)=4,057, p=.0284$

Tyto výsledky ukazují, že ryby pocházející z rybničních podmínek si zachovávají výraznější projevy přirozeného třecího chování, a to zejména vyšší čisticí aktivitu samců a efektivnější ukládání jiker. Naopak ryby pocházející z intenzivního chovu (RAS) projevovaly nižší míru čisticího chování i menší úspěšnost ukládání jiker, což naznačuje oslabení etologických projevů vlivem dlouhodobého chovu v kontrolovaném prostředí. Výsledky dále naznačují, že přítomnost rybničních samců ve smíšených párech částečně zlepšuje reprodukční chování i u intenzivně chovaných samic.

4.1.7. Hormonální profil a vliv teploty

V krevní plazmě samců z experimentu č. 1 nebyly zjištěny významné rozdíly v koncentraci testosteronu mezi skupinami, avšak vyšší hodnoty byly zaznamenány u velkých samců vybraných samicemi a u malých samců, kteří nebyli preferováni. Lineární model potvrdil, že teplota vody významně ovlivňuje hladinu testosteronu, přičemž její vzestup v rozmezí 11,3–12,5 °C byl spojen s vyšší hormonální aktivitou a intenzivnějším třecím chováním.

Graf č. 1. Závislost koncentrace 11-ketotestosteronu (11-KT) v krevní plazmě samců candáta obecného (Sander lucioperca) na teplotě vody.

Celkově byla negativní korelace mezi teplotou a koncentrací 11-KT ($r = -0.32$) statisticky nevýznamná ($p > 0,05$). Trend naznačuje mírný pokles hladiny 11-KT s rostoucí teplotou, což může odpovídat přirozené termální citlivosti androgenové aktivity, avšak vzhledem k rozptylu dat a malému vzorku nelze vztah považovat za prokazatelný.

Stejný trend byl pozorován u koncentrace estradiolu v plazmě krve samic. Mezi teplotou vody a koncentrací estradiolu byla zaznamenána slabá negativní korelace, která však není statisticky významná ($p > 0,05$).

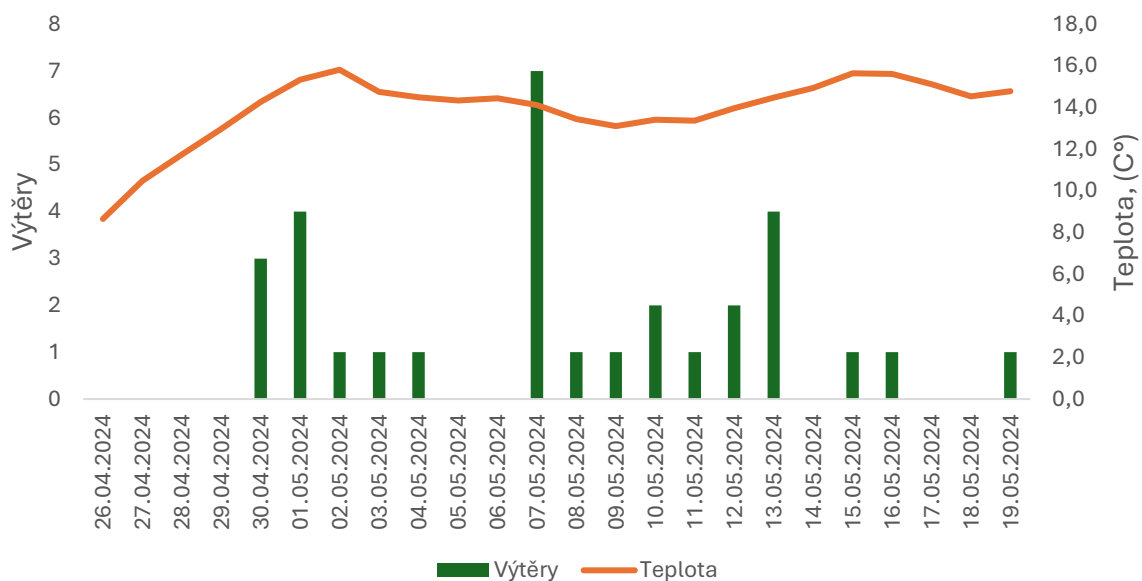
*Graf č. 3. Závislost koncentrace estradiolu (E_2) v krevní plazmě samic candáta obecného (*Sander lucioperca*) na teplotě vody. Červená linie – lineární regrese pro všechna data; oranžová přerušovaná linie – regrese po vyloučení extrémní hodnoty ($E_2 > 3 \text{ ng.ml}^{-1}$).*

Po odstranění extrémní hodnoty (4.95 ng.ml^{-1}) se trend pouze mírně zlepšil, což naznačuje, že teplota pravděpodobně není hlavním faktorem ovlivňujícím hladinu estradiolu v této fázi vývoje gonád.

Výsledky ukazují, že u candáta existuje souvislost mezi hormonálním profilem samců a jejich výtěrovým chováním, přičemž teplota vody hraje významnou roli v aktivaci výtěrové aktivity. Tento poznatek je v souladu s dřívějšími studiemi (Hermelink a kol., 2011; Ljubobratović a kol., 2022) a potvrzuje, že optimální teplota pro přirozené tření se pohybuje kolem 12°C .

4.1.8. Vztah teploty a původu generačních ryb

Rozložení výtěrů mezi skupinami v experimentu č. 2 ukázalo, že rybniční páry zahajovaly tření při nižších teplotách ($13,0\text{--}13,5^\circ\text{C}$) a dosahovaly vrcholu aktivity kolem $14,0\text{--}14,5^\circ\text{C}$. Naopak intenzivně chované páry reagovaly opožděně – první výtěry se objevily až při teplotách nad $14,5^\circ\text{C}$ a jejich celková aktivita byla nízká i v optimálním teplotním rozmezí. Smíšené páry měly širší teplotní rozsah výtěrů, přičemž aktivita kulminovala mezi $14,3\text{--}15,0^\circ\text{C}$, tedy o $0,5\text{--}1^\circ\text{C}$ výše než u rybničních párů. Tento posun může odrážet rozdílnou míru adaptace mezi pohlavími a původními chovnými podmínkami.



Graf 2. Denní průběh teploty vody a výtěrové aktivity candáta obecného.

4.1.9. Faktory ovlivňující čistící aktivitu samců

Analýza multifaktorového lineárního modelu v experimentu č. 1 ukázala, že velikost samce, významně ovlivňují parametry čištění hnízda – tedy podíl očištěné plochy a přesnost jejího umístění ve středu hnízda (Tabulka 2). Vyšší hladiny testosteronu byly spojeny s větší očištěnou plochou a přesnějším vymezením středu hnízda. Nižší teploty (11–12 °C) byly spojeny s vyšší čistící aktivitou. Žádný z těchto faktorů neovlivnil rozložení jiker na hnízdě ani počet vylíhlých larev, avšak hnízda velkých samců vykazovala tendenci k vyšší produkci larev, ačkoli rozdíly nebyly statisticky významné vzhledem k vysoké variabilitě výsledků.

Tabulka 2. Interpretace závislosti mezi hmotností ryb a charakteristikami tření pomocí korelační analýzy (Pearsonův koeficient).

Vztah	Korelace, <i>r</i>	Interpretace
Hmotnost samců × čistící aktivita	0,41	středně silná pozitivní závislost – těžší samci čistí větší plochu hnízda
Hmotnost samců × rozložení jiker	0,36	mírná pozitivní závislost – větší samci mívají rovnoměrnější rozložení jiker
Hmotnost samic × čistící aktivita	0,18	slabá, nevýznamná závislost
Hmotnost samic × rozložení jiker	0,12	slabá, nevýznamná závislost

4.1.10. Inkubace a líhnutí

Počet vylíhlých larev se pohyboval mezi 14–186 tisíci kusy na jedno hnízdo, přičemž variabilita byla ovlivněna zejména výskytem plísňových infekcí jiker – častým problémem při přirozeném výtěru candáta (Kottelat and Freyhof, 2007). Přemístění hnízd do recirkulačního systému (RAS) po 24 hodinách od vytření snížilo riziko infekce, avšak zcela ho neodstranilo. Použití umělých hnízd ve venkovních třecích nádržích se ukázalo jako vhodný kompromis mezi indukci

přirozeného chování ryb a výtěrem v kontrolovaném prostředí. Tato metoda umožňuje minimalizovat stres generačních ryb, snížit potřebu hormonálních stimulací a současně zajistit vysoký výtěr a dobrou kvalitu larev.

4.1.11. Závěr a doporučení

Poznatky získané z experimentu potvrzují, že větší samci candáta obecného vykazují konzistentnější a efektivnější třecí chování, které se řídí teplotou vody a hormonální aktivitou. Tyto poznatky lze prakticky využít při výběru vhodných ryb pro přirozený výtěr. Například pro optimalizaci teplotního režimu, při návrhu konstrukce a umístění umělých hnízd v chovných systémech, a při zvyšování úspěšnosti adaptace ve volných vodách. Výsledky potvrzují, že kvalita přípravy hnízda je hlavním faktorem ovlivňujícím úspěšnost tření a následnou produkci jiker a larev. Z praktického hlediska lze konstatovat, že nejvhodnější pro přirozený výtěr bez hormonální stimulace jsou páry tvořené rybami rybníčního původu, případně kombinace s rybníčními samci a samicemi z intenzivního chovu. Zjištěné výsledky potvrzují, že původ a chovná historie generačních ryb významně ovlivňují jejich reprodukční chování a úspěšnost přirozeného výtěru. Tento poznatek má přímý aplikační význam pro řízení reprodukce candáta obecného – především pro programy zaměřené na produkci násad určených k vysazování do volných vod.

4.2 FYZIOLOGICKÉ ZMĚNY V NÁVAZNOSTI NA KONZUMACI ŽIVÉ POTRAVY

4.2.1 Úvod

Přechod candáta obecného z podmínek intenzivního chovu, zejména z RAS, do přírodního prostředí představuje pro ryby významnou fyziologickou i behaviorální výzvu. Rychlá změna prostředí, přítomnost predátorů a nutnost aktivního vyhledávání živé kořisti vyžadují odpovídající adaptaci smyslových, trávicích i metabolických mechanismů. Jednou z osvědčených strategií, jak zvýšit připravenost ryb na tyto podmínky, je zařazení přirozené potravy do krmného režimu v období před vysazením do volných vod (Zhai a kol., 2025). Za účelem ověření efektivity této strategie byly realizovány dva samostatné experimenty, které se zaměřily na různé aspekty výživové přípravy juvenilních jedinců candáta obecného:

1. První experiment hodnotil, jak různé teplotní podmínky ovlivňují intenzitu konzumace živé potravy a její relativní příjem.
2. Druhý experiment se zaměřil na porovnání efektu krmení živou potravou a peletovaným krmivem na růst, fyziologii a biochemický profil krevní plazmy ryb v období před potenciálním vysazením.

Oba experimenty byly realizovány v kontrolovaných podmínkách RAS a sdílely stejnou metodiku z hlediska chovného prostředí, sledování a hodnocení konzumace krmných ryb.

4.2.2 Materiál a metodika

4.2.2.1 Experimentální podmínky

Oba experimenty byly realizovány na juvenilních jedincích candáta obecného chovaných RAS na Fakultě rybářství a ochrany vod Jihočeské univerzity ve Vodňanech. Ryby pocházely z vlastního odchovu a před zahájením experimentu prošly standardní adaptací na experimentální podmínky. Ryby byly nejprve odchovány v rybníku do stáří 50 DPH (dnů po vylíhnutí), následně byly převedeny do RAS, kde proběhl převod na granulovanou potravu a další výkrm do požadované velikosti.

Průměrná počáteční hmotnost ryb použitých v jednotlivých experimentech byla následující: Experiment 1 (vliv teploty na konzumaci živé potravy): 16 °C – 26,6 ± 1,8 g 20 °C – 30,7 ± 2,64 g 24 °C – 34,1 ± 3,5 g. Experiment 2 (porovnání krmení živou potravou a granulemi): přibližně 30,7 ± 3,16 g u všech skupin na začátku experimentu. RAS systém byl vybaven mechanickou a biologickou filtrací, kyslíkovým reaktorem a umožňoval řízenou regulaci teploty a fotoperiody. Veškeré experimentální nádrže měly objem 380 litrů. Voda byla průběžně monitorována: rozpuštěný kyslík (93 ± 2 %), teplota 22,1 ± 0,2 ° pro experiment č. 2, pH (6,8 ± 0,1), amoniak ($\text{NH}_4^+ < 0,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) a dusitany ($\text{NO}_2^- < 0,1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$). Intenzita osvětlení byla udržována na 50 lux u hladiny vody. Po celou dobu experimentu byl udržován stabilní světelný režim 12 hodin světla a 12 hodin tmy (12L:12D).

4.2.2.2 Odběr krve a biochemická analýza

Na konci experimentu č. 2 byly všechny ryby humánně usmrceny ve vodní lázni předávkováním MS-222 Tricain methanesulfonát, 200 mg·l⁻¹. Těsně před usmrcením byl odebrán vzorek krve z *vena caudalis* pomocí heparinizované injekční stříkačky. Vzorky byly centrifugovány při 4 °C a 6000 ot.min⁻¹ po dobu 10 minut pro oddělení krevní plazmy. Plazma byla následně skladována při -80 °C do doby analýzy. Biochemické parametry byly stanoveny pomocí automatického analyzátoru IDEXX Catalyst One (IDEXX Laboratories, USA). Hodnoceny byly následující ukazatele: celkové bílkoviny (TP), glukóza (GLU), cholesterol (CHOL), triglyceridy (TG), albumin (ALB), amoniak (NH_3), amyláza (AMY), lipáza (LIPA), alaninaminotransferáza

(ALT) a aspartátaminotransferáza (AST). Analýzy byly provedeny dle standardních protokolů doporučených výrobcem zařízení.

4.2.2.3 Statistické zpracování

Data získaná z obou experimentů byla zpracována pomocí programu Microsoft Excel 365 (Microsoft inc., Spojené Státy Americké) a Statistica 14 (TIBCO software inc., Spojené Státy Americké). V případě experimentu zaměřeného na vliv teploty byly analyzovány denní hodnoty absolutní a relativní konzumace potravy, a to v přepočtu na jednotlivce. Pro každý teplotní režim byly spočítány základní deskriptivní statistiky (průměr, směrodatná odchylka, minimum, maximum) a vývoj v čase byl hodnocen pomocí lineární regrese, jejíž významnost byla posouzena pomocí p-hodnoty. Pro druhý experiment porovnávající krmení živou potravou a peletami byly výsledky somatických indexů (procentuální zastoupení hmotnosti jednotlivých orgánů vůči hmotnosti těla) a biochemických parametrů krve analyzovány pomocí analýzy rozptylu (ANOVA). V případě zjištěného rozdílu mezi skupinami byla provedena post-hoc analýza (Tukey HSD) pro zjištění konkrétně rozdílných dvojic. Všechny testy byly prováděny při hladině významnosti $p < 0,05$. Normalita rozdělení dat byla ověřena pomocí Shapiro–Wilkova testu, homogenita variance pomocí Leveneho testu. Všechna data jsou ve výsledkové části prezentována jako průměr $\pm$ směrodatná odchylka (SD).

4.2.3 Experimentální uspořádání

4.2.3.1 Experiment č. 1 - vliv teploty na konzumaci živé potravy.

Experiment byl zaměřen na vyhodnocení vlivu teploty vody na *ad libitum* konzumaci živé potravy s následným porovnáním biochemických parametrů a somatických indexů za účelem zhodnocení fyziologických změn. Ryby byly krmeny živou potravou (*Pseudorasbora parva*, 0,5 g.kus⁻¹) v přebytku – každý den byla nabídnuta taková dávka kořisti, aby byl zajištěn *ad libitum* režim (30 až 60 ks ryb.nádrž⁻¹). Experiment probíhal po dobu čtyř týdnů; každé teplotní úrovni odpovídal jeden týden, přičemž před zahájením pokusu a mezi jednotlivými teplotními fázemi byla zařazena třídní adaptační perioda.

4.2.3.1.1 Vyhodnocení konzumace

Denní příjem potravy byl kvantifikován neinvazivně – jako rozdíl mezi počtem nabídnutých a přeživších krmených ryb. Všechna kořist byla denně kompletně vyměněna za novou, aby se eliminoval vliv zvyku a adaptace k blízké přítomnosti predátorů. Počet zkonzumovaných ryb byl zaznamenán pro každou chovnou nádrž zvlášť. Spotřeba byla následně přepočtena na počet predátorů (5 ks) jejich počáteční hmotnost a celkovou hmotnost zkonzumované potravy na rybu a den. Výpočet konverze krmiva (FCR) byl určen na základě měřeného příjmu a hmotnostních přírůstků a stanovil $FCR = 5,5\text{--}6,0$.

4.2.3.1.2 Výsledky a diskuze

Cílem experimentu bylo vyhodnotit vliv krmení živou potravou v *ad libitum* režimu na růst, metabolickou odezvu a fyziologický stav juvenilního candáta obecného pocházejícího z RAS před jeho vysazením do volných vod. Experiment probíhal při třech teplotách (16 °C, 20 °C a 24 °C), které reflektují relevantní podmínky v přirozeném prostředí během jarního a letního období. Denní příjem potravy byl původně zaznamenáván jako součet konzumace pěti ryb umístěných v jedné nádrži. Pro přesnější hodnocení byl celkový denní příjem přepočítán na jednu rybu a následně vztážen k její počáteční tělesné hmotnosti. Výsledky ukázaly jednoznačný vliv teploty na intenzitu příjmu potravy. Při teplotě 24 °C konzumovala jedna ryba

průměrně 2,81 g živé kořisti denně, což odpovídá 8,3 % její tělesné hmotnosti (Tabulka 3). Při 20 °C to bylo 1,60 g za den (tj. 5,2 % hmotnosti) a při 16 °C pouze 1,10 g za den, což odpovídá 4,1 % hmotnosti.

Tabulka 3. Přepočet denní spotřeby potravy na jednoho jedince candáta a její relativní příjem v závislosti na teplotě.

Teplota (°C)	Počáteční hmotnost (g)	Spotřeba na 1 rybu (g.den ⁻¹)	Relativní spotřeba (g.g ⁻¹)
16	26,6	1,10	0,041
20	30,7	1,60	0,052
24	34,1	2,81	0,083

Tato data potvrzují, že s rostoucí teplotou dochází ke zvyšování metabolické aktivity candáta obecného, a tím i k vyšším nárokům na příjem potravy. Výrazný rozdíl mezi 16 °C a 24 °C (více než dvojnásobný relativní příjem) může mít zásadní dopad na růstový potenciál, krmné strategie i plánování provozu v intenzivních chovech. Zjištěné hodnoty rovněž slouží jako základ pro modelaci energetických potřeb a návrh krmných dávek na základě biomasy a teplotního režimu.

4.2.3.2 Experiment č. 2 - porovnání krmení živou potravou a granulemi.

Tento experiment byl navržen s cílem posoudit fyziologické změny u juvenilních candátů obecných pocházejících z intenzivního chovu v RAS, a to v souvislosti s reintrodukcí přirozené potravy do krmného režimu. Zvláštní pozornost byla věnována tomu, jaký vliv má přechod z paletovaného krmiva zpět na živou potravu na funkční stav zažívacího traktu, metabolismus a celkovou kondici ryb. Tento přístup reflektuje praktické situace, kdy jsou ryby odchované v RAS připravovány k vysazování do volných vod nebo k adaptaci na přirozené podmínky.

Ryby byly náhodně rozděleny do dvou krmných skupin: Skupina P (pelety) – nadále krmena extrudovaným krmivem pro dravé ryby (Skretting Europa R-2) Skupina L (živá potrava, *Pseudorasbora parva*) – převedena na výhradní konzumaci drobných živých ryb (0,5–1 g.ks⁻¹; *ad libitum*). Obě skupiny byly zastoupeny minimálně 50 rybami. Experiment probíhal po dobu 6 týdnů při stabilní teplotě 22,1 ± 0,2 °C, s udržovanou fotoperiodou 12L:12D. Všechny ryby byly chovány v identických podmínkách v rámci jednoho RAS systému, s kontinuálním monitoringem kvality vody. Na konci experimentu byly u každé ryby hodnoceny:

- Růstové ukazatele: celková délka (TL), hmotnost (BW), specifická růstová rychlost (SGR).
- Somatické indexy: HSI – hepatosomatický index, VSI – viscerosomatický index, GSI – gastrostomický index, RGL – relativní délka střeva.
- Biochemické parametry krevní plazmy: TP, ALB, GLOB (bílkoviny) GLU (glukóza) TCHO, TG (lipidový metabolismus) NH₃ (dusíkatý metabolismus) ALT, AST (jaterní enzymy) AMY, LIPA (trávicí enzymy).

4.2.3.2.1 Výsledky a diskuze

Na konci osmitýdenního pokusu byl zaznamenán výrazný růstový rozdíl mezi skupinami. Výsledky prokázaly, že zařazení živé potravy do krmného režimu juvenilů chovaných v RAS nevedlo ke zhoršení růstové výkonnosti ve srovnání s komerčním krmivem. Ryby krmené granulemi dosáhly průměrné hmotnosti 54,9 ± 7,03 g, zatímco jedinci krmení živou potravou

57,2 ± 6,42 g, přičemž obě skupiny významně přerostly vstupní hmotnost (30,7 ± 2,64 g; Tabulka 4). I přes mírně vyšší konečnou hmotnost u skupiny s živou potravou nebyl mezi oběma krmenými variantami zaznamenán statisticky významný rozdíl.

Tabulka 4. Porovnání hmotnosti a celkové délky těla mezi juvenilními candáty (*Sander lucioperca*) krmenými živou potravou a granulovaným krmivem dobu 8 týdnů.

Parametry	Skupina			F-statistika a P-hodnota
	Počáteční	Krmené granulami	Krmené živou potravou	
Prům. hmotnost (g)	30,7 ± 2,64 ^b	54,9 ± 7,03 ^a	57,2 ± 6,42 ^a	F(2, 27) = 66,0, <i>p</i> < 0,05
Celková délka (mm)	164 ± 7,86 ^c	186 ± 7,84 ^b	194 ± 6,06 ^a	F(2, 27) = 47,2, <i>p</i> < 0,05

Naopak u celkové délky ryb byl pozorován významný rozdíl mezi skupinami (F(2, 27) = 47,2, *P* < 0,05). Ryby krmené živou potravou dosáhly nejvyšší průměrné délky 194 ± 6,06 mm, následovány skupinou s granulemi (186 ± 7,84 mm) a vstupní populací (164 ± 7,86 mm). Výsledky ukázaly, že candát pocházející z RAS je schopen dosáhnout srovnatelných, případně i mírně vyšších růstových přírůstků při přechodu z peletované stravy na živou potravu. I přes vyšší variabilitu hmotnosti u skupiny s přirozenou potravou nedošlo ke statisticky významnému rozdílu mezi krmenými variantami, což naznačuje, že reintrodukce živé potravy v období před vysazením nemusí růst ryb negativně ovlivnit. Delší tělesná délka pozorovaná u skupiny krmené živou potravou může být důsledkem odlišného chování při příjmu potravy, včetně zvýšené pohybové aktivity spojené s predací.

4.2.3.2.2 Organosomatické indexy

Porovnání organo-somatických indexů ukázalo výrazné rozdíly mezi skupinami krmenými oběma typy potravy (Tabulka 5). Hepatosomatický index (HSI) byl významně vyšší u ryb krmených granulemi (1,91 ± 0,76 %) ve srovnání se skupinou krmenou živou potravou (0,59 ± 0,21 %, *p* < 0,05). Tato hodnota může odrážet zvýšené ukládání glykogenu nebo lipidů v játrech v důsledku vyššího obsahu energie a sacharidů v granulovaném krmivu. Viscerosomatický index (V(F)SI), reflektující podíl tuku uloženého v břišní dutině, byl rovněž významně nižší u ryb krmených živou potravou (0,83 ± 0,24 %) oproti skupině s granulemi (3,90 ± 0,81 %, *p* < 0,05), což svědčí o nižší energetické rezervě při konzumaci přirozené kořisti. Gastrosomatický index (GaSI), vyjadřující relativní velikost trávicího traktu, byl vyšší u skupiny krmené peletami 2,56 ± 0,39 %, zatímco u ryb krmených živou potravou 1,78 ± 0,64 % (*p* < 0,05), což může souviset s rozdílnou strukturou a stravitelností obou krmiv. Relativní délka střeva (RGL) byla sice statisticky rozdílná (*p* = 0,04), ale prakticky velmi podobná – nejvyšší hodnoty vykazovala skupina krmená granulemi (0,40 ± 0,03), následovaná skupinou krmenou živou potravou (0,36 ± 0,03). Slezinosomatický index (SSI) nevykazoval mezi skupinami významné rozdíly.

Tabulka 5. Porovnání organosomatických indexů a biochemických parametrů krevní plazmy mezi juvenilními candáty (*Sander lucioperca*) krmenými živou potravou a granulovaným krmivem po dobu 8 týdnů.

Tabulka 1. Somatické indexy (SI) a jejich významnost (F-test) u kapra obecného (Cyprinus carpio L.) v závislosti na skupině (Počáteční, Krmené granulami, Krmené živou potravou).				
Parametry	Skupina			F-statistika a <i>p</i> -hodnota
	Počáteční	Krmené granulami	Krmené živou potravou	
<i>Somatické indexy</i>				
HSI	1,45 ± 0,36 ^a	1.91 ± 0.76 ^a	0.59 ± 0.21 ^b	F(2, 27) = 14.9, <i>p</i> < 0.05
SSI	0.56 ± 0.58	0.13 ± 0.01	0.14 ± 0.26	F(2, 27) = 0.85, <i>p</i> = 0.44

V(F)SI	4.15 ± 1.45 ^a	3.90 ± 0.81 ^a	0.83 ± 0.24 ^b	F(2, 27) = 36.0, <i>p</i> < 0.05
RGL	0.39 ± 0.05 ^{ab}	0.40 ± 0.03 ^a	0.36 ± 0.03 ^b	F(2, 27) = 3.81, <i>p</i> = 0.04
GaSI	0.79 ± 0.28 ^a	2.56 ± 0.39 ^a	1.78 ± 0.64 ^b	F(2, 27) = 37.1, <i>p</i> < 0.05
<i>Biochemické indexy</i>				
TP	37.3 ± 6.53 ^a	34.7 ± 2.95 ^{ab}	30.7 ± 2.31 ^b	F(2, 27) = 5.85, <i>p</i> < 0.05
LIPA	0.35 ± 0.07	0.35 ± 0.14	0.26 ± 0.11	F(2, 27) = 2.18, <i>p</i> = 0.36
AMY	16.0 ± 3.11 ^a	12.5 ± 2.17 ^b	7.45 ± 0.91 ^c	F(2, 27) = 36.4, <i>p</i> < 0.05
GLU	9.66 ± 5.10 ^a	3.42 ± 0.56 ^b	7.51 ± 2.34 ^a	F(2, 27) = 9.48, <i>p</i> < 0.05
CHOL	4.39 ± 0.82 ^a	4.31 ± 1.35 ^a	2.30 ± 0.48 ^b	F(2, 27) = 15.3, <i>p</i> < 0.05
ALB	5.00 ± 1.63 ^b	4.26 ± 0.89 ^b	6.16 ± 0.70 ^a	F(2, 27) = 7.06, <i>p</i> < 0.05
ALT	0.78 ± 0.43 ^a	0.35 ± 0.19 ^b	0.24 ± 0.09 ^b	F(2, 27) = 10.7, <i>p</i> < 0.05
AST	3.92 ± 2.24	2.13 ± 1.87	2.13 ± 1.21	F(2, 27) = 3.21, <i>p</i> = 0.06
TG	4.80 ± 3.04	6.50 ± 3.39	6.25 ± 6.27	F(2, 27) = 0.60, <i>p</i> = 0.56
NH3	632 ± 220 ^b	1241 ± 259 ^a	496 ± 142 ^b	F(2, 27) = 34.8, <i>p</i> < 0.05

HSI – Hepatosomatický index (podíl hmotnosti jater na celkové tělesné hmotnosti),

SSI – Splenosomatický index (podíl hmotnosti sleziny na celkové tělesné hmotnosti),

V(F)SI – Viscerosomatický (tukový) index (podíl hmotnosti vnitřností nebo tuku v dutině těla na celkové tělesné hmotnosti),

RGL – Relativní délka střeva (poměr délky střeva k délce těla),

GaSI – Gastrosomatický index (podíl hmotnosti zažívacího traktu na celkové tělesné hmotnosti),

TP – Celkové bílkoviny g.l⁻¹,

LIPA – Lipáza, μkat.l⁻¹,

AMY – Amyláza, μkat.l⁻¹,

GLU – Glukóza, mmol.l⁻¹,

TCHO – Celkový cholesterol, mmol.l⁻¹,

ALB – Albumin, g.l⁻¹,

GLOB – Globulin, g.l⁻¹,

TG – Triglyceridy, mmol.l⁻¹,

NH₃ – Amoniak, μmol.l⁻¹,

ALT – Alaninaminotransferáza, μkat.l⁻¹,

AST – Aspartátaminotransferáza, μkat.l⁻¹

Tyto rozdíly odrážejí stav energetických rezerv a aktivitu zažívacího traktu. Vyšší HSI a V(F)SI u ryb krmených granulami naznačují vyšší ukládání energie ve formě tuku nebo glykogenu pravděpodobně v důsledku vyšší energetické hustoty krmiva. Naproti tomu nízké hodnoty těchto indexů u ryb krmených živou potravou odrážejí přirozenější rovnováhu mezi příjmem a výdejem energie.

Změny v GaSI a RGL ukazují na strukturální adaptace trávicího traktu v reakci na složení potravy – delší střevo a větší hmotnost zažívacího aparátu u ryb krmených granulami mohou být výsledkem vyššího zastoupení nestravitelných složek nebo odlišného trávicího zatížení. Výsledky tedy podporují hypotézu, že typ krmiva ovlivňuje nejen metabolismus, ale i morfologii trávicího traktu. Delší tělesná délka pozorovaná u skupiny krmené živou potravou může být důsledkem odlišného chování při příjmu potravy, včetně zvýšené pohybové aktivity spojené s predací.

4.2.3.2.3 Biochemické parametry krevní plazmy

U skupiny krmené živou potravou byl zaznamenán významně nižší obsah celkových bílkovin (TP) v krevní plazmě oproti výchozí skupině (*p* < 0,05). Významně se lišila také aktivita amylázy (AMY), která byla nejvyšší u výchozí skupině a nejnižší u ryb krmených živou potravou (*p* < 0,05). Koncentrace glukózy (GLU) byla signifikantně nižší u ryb krmených granulami než u

ryb s živou potravou nebo u vstupní populace ($p < 0,05$). Celkový cholesterol (CHOL) byl u ryb s přirozenou potravou významně nižší než u obou dalších skupin, což odpovídá nižšímu obsahu lipidů v přirozené potravě. Z hlediska jaterních enzymů byla aktivita ALT významně nižší u obou krmených skupin oproti výchozím hodnotám ($p < 0,05$), což může svědčit o sníženém metabolickém stresu. Velmi výrazný rozdíl byl zaznamenán u hladin amoniaku (NH_3) v krevní plazmě – nejvyšší koncentrace vykazovala skupina krmená granulemi, zatímco skupina krmená živou potravou měla hodnoty podstatně nižší ($p < 0,05$).

Biochemické profily krevní plazmy dále podtrhují rozdíly mezi oběma krmnými režimy. Ryby krmené granulemi měly nižší aktivitu amylázy, ale zároveň vyšší hladinu amoniaku, což může svědčit o vyšším metabolickém zatížení spojeném se zpracováním proteinu z granulí. Naproti tomu vyšší hladiny glukózy a albuminu u ryb krmených živou potravou pravděpodobně souvisí se zvýšenou pohybovou aktivitou spojenou predací. Snížená aktivita ALT u obou krmených skupin oproti vstupnímu stavu může indikovat zotavení jaterního metabolismu po adaptačním stresu nebo nižší zátěž po přechodu na stabilní krmení.

Celkově lze konstatovat, že živá potrava představuje metabolicky méně zatěžující variantu, která vede ke zřetelným změnám v enzymatickém a energetickém profilu ryb. Tyto změny mohou mít význam při přípravě ryb na přechod do prostředí s přirozenou nabídkou potravy, kde je nutná vyšší flexibilita trávicích funkcí.

4.2.3.3 Závěr a doporučení

Přestože živá potrava přináší sníženou efektivitu využívání krmiva, její přínos spočívá především v kvalitativní změně metabolických procesů, nikoli v maximalizaci růstu. Fyziologická adaptace na přirozenému krmivo může připravit ryby na přechod do přírodního prostředí, kde se setkávají s přirozenými podmínkami, predací a nutností pohybu. Trénink prostřednictvím živé potravy tak může fungovat jako “přechodová fáze” mezi intenzivním chovem a přirozeným prostředím. Tyto poznatky mají praktický význam pro vysazování a podporují implementaci krátkodobé fáze s přirozenou potravou před vysazením candáta do volných vod, ať už v podobě příkrmování nebo adaptace v menších tréninkových systémech.

4.3 VLIV PŮVODU NA POHYBOVOU CHARAKTERISTIKU JUVENILŮ

4.3.1 Úvod

Schopnost pohybu ve vodním prostředí candáta obecného představuje klíčový ukazatel jeho fyzické kondice, adaptability a připravenosti na prostředí po vysazení. U dravých druhů ryb přímo souvisí plavecká výkonnost se schopností efektivně lovit potravu, reagovat na predátory a orientovat se v prostoru (Adámek a Opacák, 2005; Jůza a kol., 2024b). Tyto faktory zásadně ovlivňují přežívání jedinců po vypuštění do volných vod a tím i úspěšnost vysazování. V posledních letech se v produkci násad candáta stále více uplatňují RAS, které umožňují celoroční kontrolovaný odchov s vysokou biologickou bezpečností a předvídatelnou produkcí (Nagy a kol., 2022; Penka a kol., 2024). Oproti tomu rybníční odchov probíhá v prostředí s přirozenou dynamikou, kolísáním teplot, přítomností proudění a mezidruhovými interakcemi. Tyto rozdílné podmínky vedou k odlišným selekčním tlakům, které mohou ovlivnit rozvoj svalové soustavy, chování i energetický metabolismus. Tato kapitola se zabývá vlivem původu odchovu na aktivitu a prostorové chování juvenilních candátů, a to s cílem objasnit rozdíly mezi jedinci pocházejícími z RAS a tradičních rybníčních systémů. Výsledky přispívají k pochopení vlivu odchovného prostředí na připravenost ryb na přechod do přirozených podmínek a jak lze tyto poznatky využít při optimalizaci adaptačních protokolů. Tato kapitola je součástí ověřené technologie „Produkce a adaptace intenzivně odchovaných násad candáta obecného pro vysazení do volných vod“ a doplňuje ji o behaviorální aspekt adaptace. Poznatky o pohybovém chování slouží jako základ pochopení behaviorálních změn souvisejících s odchovem v RAS, kde cílem je zvýšit pohybovou aktivitu a tím i šanci na přežívání candátů pocházejících z intenzivního chovu po jejich vypuštění do volných vod.

4.3.2 Materiál a metody

Experiment zaměřený na hodnocení plaveckého chování candáta byl proveden na juvenilních jedincích o průměrné hmotnosti 30 g, pocházejících ze dvou typů odchovu – RAS a tradičního rybníka. Cílem bylo zjistit, jak odlišné podmínky prostředí ovlivňují pohybovou aktivitu, prostorovou orientaci a využívání úkrytů.

4.3.2.1 Původ ryb

Pro hodnocení plaveckého chování byli použiti juvenilní candáti o průměrné hmotnosti 30 g, pocházející ze dvou typů odchovu, které reprezentují radikálně odlišné úrovně intenzity a komplexnosti prostředí: kombinovaný odchov v recirkulačním systému (RAS) a tradiční rybníční chov.

Skupina RAS – kombinovaná metoda odchovu

Ryby z této skupiny pocházely z kombinované metody odchovu popsané Policarem a kol. (Policar a kol., 2016), která propojuje přirozené podmínky rané ontogeneze v rybníce s následnou intenzivní fází v RAS. Po vylíhnutí a rozplavání larev byly tyto larvy vysazeny do rybníka ještě před zahájením exogenní výživy. Rybníční fáze trvala cca 45 dnů do dosažení průměrné hmotnosti přibližně 0,5 g v prostředí s přirozenou potravou (zooplankton, drobný bentos). Po odlovu byl plůdek přemístěn do RAS, kde následovala fáze adaptace na granulované krmivo. Přechod byl realizován postupným snižováním podílu mražené živé potravy (*Chironomus*) a zvyšováním podílu suchých pelet, dokud ryby plně nepřijímaly suché krmivo. Následně pokračoval odchov do velikosti přibližně 20–30 g.

Skupina rybník – velký (3 ha) a malý (0,1 ha)

Ryby těchto skupin pocházely z tradičního rybníčního chovu. Plůdek byl před vstřebáním žloutkového vajíčka vysazen přímo do produkčního rybníka o rozloze cca 3 ha a 0,1 ha. Odchov probíhal přirozeným způsobem s využitím přirozené potravy a bez přikrmování. Tímto procesem byly ryby exponovány rybníčnímu prostředí a mezidruhové interakci.

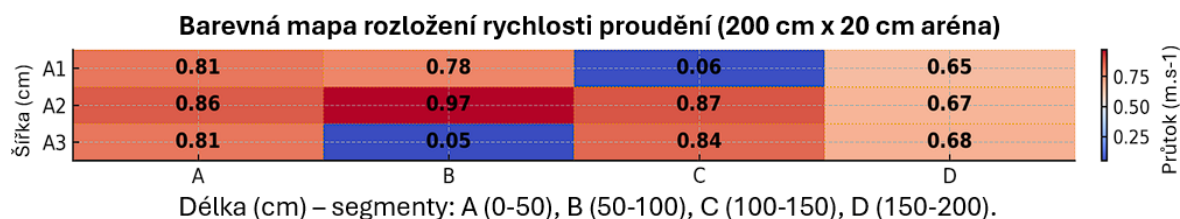
4.3.2.2 Experimentální zařízení a postup

Hodnocení pohybové aktivity bylo provedeno v experimentální aréně 200 × 20 cm s jednosměrným průtokem vody. Aréna byla navržena tak, aby umožňovala sledování pohybové aktivity candáta v podmínkách simulujících různé úrovně hydrodynamické zátěže. Teplota vody byla během všech testů udržována konstantní na $21 \pm 0,3$ °C a osvětlení bylo kontinuální a tlumené (přibližně 70 lux), aby se minimalizoval vliv změn fotoperiody na chování ryb.



Obr. 4. Fotografie tří experimentálních arén použitých při experimentu zaměřeném na hodnocení pohybové aktivity juvenilních candátů obecných (*Sander lucioperca*; Foto: O. Malionovskiy).

Před samotným měřením byly ryby aklimatizovány v experimentální aréně po dobu 24 hodin, během níž měly možnost přizpůsobit se novému prostředí a stabilizovat své chování. Po této aklimatizační fázi následovalo 24hodinové kontinuální nahrávání. Záznam byl pořizován pomocí infračervených kamer, které umožnily pozorování ryb bez vizuálního rušení, a následně analyzován v softwaru EthoVision XT (Noldus Information Technology, Nizozemsko). Aréna byla rozdělena do čtyř podélných segmentů (A–D; 0–50, 50–100, 100–150 a 150–200 cm) a tří příčných pásů (A1–A3), čímž vzniklo dvanáct zón s odlišnou intenzitou proudění vody. Rychlost proudu byla před zahájením pokusu detailně zmapována (graf 3), přičemž hodnoty se pohybovaly v rozmezí 0,05–0,97 m.s⁻¹.



Graf 3. Schéma proudové arény a rozložení rychlosti proudění ve zkušebním zařízení o rozměrech 200 × 20 cm. Jednotlivé zóny (A1–A3; A–D) představují oblasti s rozdílnou intenzitou průtoku vody, které byly použity pro analýzu prostorové preference a plavecké aktivity candáta obecného.

Tím bylo možné rozlišit oblasti s nízkou a vysokou hydrodynamickou zátěží a sledovat prostorovou preferenci ryb v prostředí s rozdílnou intenzitou proudění. Každé opakování probíhalo za stejných fyzikálně-chemických podmínek a byl opakován ve třech nezávislých sériích se stejným počtem ryb. Po každém opakování byla aréna vyčištěna, voda vyměněna za teplotně a chemicky upravenou a průtok znovu kalibrován. Z videozáznamů byly následně získány údaje o průměrné rychlosti pohybu (cm.s⁻¹), celkové uplavané vzdálenosti (m), procentu času stráveném v pohybu (aktivita), využívání jednotlivých zón arény a orientaci ryb vůči proudu (v proudu nebo v zóně tišiny).

4.3.2.3 Statistické zpracování

Pro statistické zpracování byla použita analýza variance (ANOVA), doplněná o post-hoc test Tukey HSD. Normalita rozdělení dat byla ověřena pomocí Shapiro–Wilkova testu, homogenita variance pomocí Leveneho testu. Výsledky byly vyhodnoceny na hladině významnosti $p < 0,05$ a prezentovány jako průměr ± směrodatná odchylka (SD).

4.3.2.4 Výsledky a diskuze

Analýza pohybové aktivity candátů odlišného původu potvrdila významné rozdíly mezi skupinami (Tabulka 6). Parametry celkové vzdálenosti, průměrné rychlosti, aktivity i využívání úkrytů se lišily v závislosti na způsobu odchovu testovaných ryb. Ryby pocházející z RAS vykazovaly nejvyšší celkovou pohybovou aktivitu ($89,8 \pm 2,9 \%$), avšak nejnižší průměrnou rychlost ($2,05 \pm 0,53 \text{ cm.s}^{-1}$) a největší celkovou uplavanou vzdálenost ($6573 \pm 1474 \text{ cm}$). Aktivita této skupiny byla tvořena převážně pomalým, monotónním pohybem s omezeným prozkoumáváním prostoru. Ryby pocházející z RAS zároveň využívaly zóny s pomalým prouděním nejméně ($28,6 \pm 11,4 \%$), což svědčí o potenciálně menším projevu únikového chování a nižší citlivosti na prostředí. Naopak jedinci pocházející z velkého rybníka (3 ha) se vyznačovali nejvyšší průměrnou rychlostí plavání ($6,56 \pm 1,29 \text{ cm.s}^{-1}$), největší variabilitou pohybu a častým střídáním směru. Celková uplavaná vzdálenost činila v průměru $3376 \pm 2248 \text{ cm}$, přičemž aktivita byla výrazně nižší ($15,7 \pm 13,3 \%$) než u RAS skupiny. Tito jedinci rovněž intenzivně využívali zóny s pomalým prouděním ($61,3 \pm 12,7 \%$), což odpovídá typickému úkrytovému chování candáta v přirozeném prostředí (Lappalainen a kol., 2003). Ryby z malého rybníka (0,1 ha) zaujímaly postavení mezi oběma dříve popsány skupinami. Jejich průměrná rychlost byla $3,28 \pm 1,17 \text{ cm.s}^{-1}$, aktivita $32,0 \pm 13,8 \%$ a čas strávený v zóně s pomalým prouděním $69,9 \pm 14,1 \%$.

Tabulka 6. Pohybová aktivita candáta obecného (*Sander lucioperca*) pocházejícího z různých podmínek odchovu. Uvedeny jsou průměrné hodnoty ± směrodatná odchylka (SD) a výsledky jednofaktorové analýzy rozptylu (ANOVA).

Parametr	Velký rybník 3 ha	Malý rybník 0,1 ha	RAS	F-hodnota	p-hodnota
Celková vzdálenost (cm)	3375 ± 2248 ^b	4076 ± 2110 ^b	6573 ± 1474 ^a	8,72	<0,001
Průměrná rychlost (cm.s⁻¹)	6,56 ± 1,29 ^a	3,28 ± 1,17 ^b	2,05 ± 0,53 ^b	58,42	<0,001
Aktivita (% času v pohybu)	15,7 ± 13,3 ^a	32,0 ± 13,8 ^b	89,8 ± 2,9 ^a	143,10	<0,001
Čas v zóně s pomalým prouděním (%)	61,3 ± 12,7 ^a	69,9 ± 14,1 ^a	28,6 ± 11,4 ^b	36,19	<0,001

Tento výsledek naznačuje vyšší prostorovou opatrnost a schopnost vyhledávat klidnější místa u jedinců odchovaných v rybníce. Souhrnně lze konstatovat, že v porovnání s jedinci z RAS, ryby pocházející z přirozenějších rybníčních biotopů vykazují vyšší rychlost, větší prostorovou variabilitu a efektivitu pohybu a přirozenější reakce na strukturu prostředí.

4.3.3 Závěr a doporučení

Závěrem lze konstatovat, že původ má zásadní vliv na pohybovou aktivitu juvenilů candáta obecného. Ryby pocházející z rybníků prokazovaly odlišnou charakteristiku pohybu, zejména lepší prostorovou orientaci a reakce na proudění vody, zatímco jedinci z RAS byli sice aktivnější, ale jejich pohyb byl méně koordinovaný a neefektivní pro komplexní prostředí, a blížil se tak chování reofilních druhů ryb. Tyto rozdíly odrážejí absenci přirozených podnětů a selekčního tlaku v intenzivních systémech, kde se ryby nepřizpůsobují změnám prostředí ani interakcím s jinými organismy. Získané poznatky ukazují, že bez fáze behaviorální adaptace mohou mít ryby z RAS sníženou schopnost přežít po vypuštění do volných vod. Adaptační trénink, který simuluje přirozené podmínky – zejména mírné proudění, přítomnost úkrytů a strukturovaného prostoru spolu s postupným zařazením živé potravy, se v kontextu těchto výsledků jeví jako nutnost. Podpora koordinace, únikových reakcí a predace by mohla přispět ke zvýšení přežití po vysazení. Tyto výsledky poskytují základ pro optimalizaci technologie adaptace candáta odchovaného v RAS a potvrzují význam propojení fyziologických a behaviorálních aspektů při přípravě násad k vysazení do volných vod.

5. EKONOMICKÝ PŘÍNOS TECHNOLOGIE

V kontextu vysazení candátů obecných produkovaných v RAS nejde primárně o navyšování produkce a eliminaci ztrát, ale o dodání „správné ryby ve správný čas“ – tedy o vhodnost jedince pro přechod do komplexního prostředí. RAS umožňuje standardizovat velikost (≈30 g), kondici a zdravotní stav, přesně načasovat nasazení a před tím cíleně adaptovat chování (predace, využití úkrytů, orientace v proudění). Ve srovnání s rybníkem, kde jsou násady často menší, slabší, sezónně omezené a často i zcela nedostupné, představuje RAS kontrolovaný zdroj násad s ověřitelnou dostupností, a několikanásobně vyšším potenciálem přežití ve volných vodách. Ekonomický efekt se proto neopírá jen o aritmetiku přežití, ale zároveň i o řízení a eliminaci rizika: vyšší jistota dodávky, možnost volby optimálního termínu vysazení (lepší podmínky ve vodě, nižší predace).

Jedna rybníční násada o hmotnosti přibližně 7 g stojí kolem 7 Kč.ks⁻¹ bez DPH, zatímco candát odchovaný v RAS o hmotnosti 30 g dosahuje ceny 36 Kč.ks⁻¹ bez DPH. Při přepočtu na hmotnost to znamená, že rybníční ryba stojí přibližně 1 000 Kč za 1 kg násady, zatímco ryba z RAS kolem 1 200 Kč za násady. Rozdíl v ceně tedy činí přibližně 20 %. Candát odchovaný v RAS je větší, silnější, má vyrovnaný růst a zdravotní stav, ale potřebuje cílenou adaptaci před vysazením. Naopak rybníční produkce je silně sezónně a klimaticky omezená a výsledný počet

vyprodukovaných ryb bývá často nepředvídatelný a výrazně nižší než plánovaný. Produkce závisí na přirozené potravní nabídce, teplotním režimu a množství predátorů, takže výsledkem bývá menší, slabší a často i nedostupná násada.

Přežívání juvenilních candátů po vysazení do volných vod je silně ovlivněno velikostí ryby v okamžiku vysazení. V menších velikostních kategoriích (do 10 g) bývá mortalita extrémně vysoká, často přesahující 90 %. Proto se v rámci tradiční rybářské praxe považují větší ryby, dosahující hmotnosti 15–30 g, za vhodnější kategorii násadového materiálu. Tento efekt je zvláště výrazný při podzimním vysazování. V těchto podmínkách má větší, kondičně silná ryba z RAS výraznou výhodu oproti menším jedincům z rybníčního odchovu.

Ačkoli přežití candáta z RAS bylo po vysazení do volných vod podstatně nižší oproti jejich protějškům z rybníčního chovu, výsledky dosažené v rámci sledování kondice, chování a pohybové aktivity ukazují, že tento typ násad má veškerý potenciál dosáhnout přežívání vyššího než ryby z tradičního chovu. Pro plné využití tohoto potenciálu však bude nutné pokračovat ve výzkumu optimalizace adaptačních protokolů, zejména v oblasti tréninku chování a simulace přirozeného prostředí před vysazením. Tato technologie tak představuje výchozí krok směrem k plně integrované produkci a adaptaci candáta pro vysazení, která spojuje výhody intenzivního chovu s požadavky na ekologickou funkčnost v přirozených vodních ekosystémech.

6. UPLATNĚNÍ TECHNOLOGIE V PRAXI

Technologie produkce a adaptace intenzivně odchovaných násad candáta obecného bude v praxi uplatněna v podniku Biofish s.r.o., který se specializuje na komerční odchov násad candáta. Tento podnik představuje ideální provozní prostředí pro aplikaci ověřené technologie díky dlouhodobé specializaci na intenzivní chov dravých ryb, vhodnému technickému zázemí a personálním zkušenostem s reprodukcí, výživou a manipulací. Plánovaná implementace technologie zahrnuje postupné zavedení všech tří hlavních fází metodiky: Reprodukce a řízený odchov plůdku – aplikace standardizovaného protokolu pro kontrolovanou stimulaci výtěru a inkubaci jiker. Optimalizace krmeného režimu a přechod na granulovanou potravu – využití kombinace živé potravy a peletovaného krmení podle ověřených postupů, které podporují růst, vyrovnanost obsádky a rozvoj přirozených antipredačních reflexů. Behaviorální adaptace a trénink pohybové aktivity – příprava ryb ve velikosti 15–30 g na přechod do přirozeného prostředí pomocí řízeného proudění a přítomnosti úkrytů. Implementace této technologie v Biofish s.r.o. umožní rozšířit stávající provozní kapacity o produkci adaptovaných násad určených pro vysazování do volných vod. Zavedení technologií v podniku Biofish s.r.o. tak představuje klíčový krok k ověření její aplikovatelnosti v praxi. Pilotní uplatnění umožní doladit technické i biologické parametry jednotlivých fází, zejména v oblasti behaviorálního tréninku a adaptace na proudění. Předpokládá se, že po ověření provozní efektivity bude technologie využívána nejen pro komerční produkci násad, ale také pro účely vysazení a dodávky adaptovaných ryb s vyšším potenciálem přežití pro rybářské organizace.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Adámek, Z., Opacak, A., 2005. Prey selectivity in pike (*Esox lucius*), zander (*Sander lucioperca*) and perch (*Perca fluviatilis*) under experimental conditions. *Biologia* (Bratisl). 60, 567–570.
- Cooke, S.J., 2003. Externally attached radio transmitters do not affect the parental care behaviour of rock bass. *J. Fish Biol.* 62, 965–970. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8649.2003.00077.x>

- Draşovean, A.G., Blidariu, F.C., 2013. The naturally conducted reproductive behavior of *Sander lucioperca* L. Bull. Univ. Agric. Sci. Vet. Med. Cluj-Napoca - Anim. Sci. Biotechnol. 70, 255–262. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-asb:70:2:9497>
- Gillooly, J.F., Baylis, J.R., 1999. Reproductive success and the energetic cost of parental care in male smallmouth bass. J. Fish Biol. 54, 573–584. <https://doi.org/10.1006/jfbi.1998.0888>
- Hermelink, B., Wuertz, S., Trubiroha, A., Rennert, B., Kloas, W., Schulz, C., 2011. Influence of temperature on puberty and maturation of pikeperch, *Sander lucioperca*. Gen. Comp. Endocrinol. 172, 282–292. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2011.03.013>
- Holubová, M., Blabolil, P., Čech, M., Drašík, V., Frouzová, J., Kočvara, L., Kubečka, J., Kučera, V., Malinovskyi, O., Muška, M., Prchalová, M., Rabaneda-Bueno, R., Rychtecký, P., Říha, M., Sajdlová, Z., Tušer, M., Vašek, M., Jůza, T., 2025. Factors Influencing the Stocking of Juvenile Pikeperch (*Sander lucioperca*). Fish. Manag. Ecol. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/fme.70032>
- Jůza, T., Blabolil, P., Čech, M., Drastik, V., Holubová, M., Kocvara, L., Kubečka, J., Malinovskyi, O., Policar, T., Rychtecky, P., Říha, M., Sajdlova, Z., Tuser, M., Vasek, M., 2024. Assessing the efficacy of spring stocking of pikeperch (*Sander lucioperca*) into a eutrophic reservoir. Lake Reserv. Manag. 40, 196–204. <https://doi.org/10.1080/10402381.2024.2333298>
- Juza, T., Blabolil, P., Cech, M., Drastik, V., Kubecka, J., Muska, M., Prchalova, M., Sajdlova, Z., Tuser, M., Vasek, M., Vejrik, L., Peterka, J., 2024. Fish predation on newly stocked juvenile predatory fish in a biomanipulated reservoir. LAKE Reserv. Manag. 40, 317–329. <https://doi.org/10.1080/10402381.2024.2374981>
- Khendek, A., Chakraborty, A., Roche, J., Ledoré, Y., Personne, A., Policar, T., Źarski, D., Mandiki, R., Kestemont, P., Milla, S., Fontaine, P., 2018. Rearing conditions and life history influence the progress of gametogenesis and reproduction performances in pikeperch males and females. Animal 12, 2335–2346. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000010>
- Kolářová, J., Velíšek, J., 2012. Determination and assessment of biochemical profile offish blood, FFPW: edition of practical handbooks. FFPW Vodnany, Vodnany, Czech Republic.
- Kottelat, M., Freyhof, J., 2007. Handbook of European freshwater fishes. Copeia. <https://doi.org/10.1643/OT-08-098a.1>
- Kučera, V., Pěnka, T., Malinovskyi, O., Kolářova, J., Regenda, J., Policar, T., 2025. Technological approaches to grow-out: a comparative study of pikeperch (*Sander lucioperca*) culture in three different production systems during the growing season. Front. Mar. Sci. 12. <https://doi.org/10.3389/fmars.2025.1578274>
- Lappalainen, J., Dorner, H., Wysujack, K., 2003. Reproduction biology of pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)) – a review. Ecol. Freshw. Fish 12, 95–106.
- Ljubobratović, U., Demény, F., Peter, G., Malinovskyi, O., Kwiatkowski, M., Pataki, B., Horváth, 2022. Can artificial reproduction strategies (hormonal type and dose/thermal regime) affect gamete quality in indoor-reared pikeperch (*Sander lucioperca*)? Aquac. Reports 23. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101032>
- Malinovskyi, O., Veselý, L., Blecha, M., Křišťan, J., Policar, T., 2018. The substrate selection and spawning behaviour of pikeperch *Sander lucioperca* L. broodstock under pond conditions. Aquac. Res. 49, 3541–3547. <https://doi.org/10.1111/are.13819>
- Molnár, T., Csuvár, A., Benedek, I.I., Molnár, M., Kabai, P.P., Molnar, T., Csuvár, A., Benedek, I.I., Molnar, M., Kabai, P.P., 2018. Domestication affects exploratory behaviour of pikeperch (*Sander lucioperca* L.) during the transition to pelleted food. PLoS One 13, 1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196118>

- Nagy, Z., Ardo, L., Demeny, F., Gal, D., Sandor, Z.J., Ljubobratovic, U., 2022. Case study on the aptness of in-pond raceways for pikeperch, *Sander lucioperca*, grow-out. *Aquac. Reports* 27. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101356>
- Naslund, J., 2021. Reared to become wild-like: addressing behavioral and cognitive deficits in cultured aquatic animals destined for stocking into natural environments-a critical review. *Bull. Mar. Sci.* 97, 489–538. <https://doi.org/10.5343/bms.2020.0039>
- Penka, T., Malinovskyi, O., Imentai, A., Kolarova, J., Kucera, V., Policar, T., 2024. Effect of bicultural rearing of pikeperch (*Sander lucioperca*) and Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) on growth and fish condition parameters in RAS. *Aquaculture* 593. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741303>
- 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. *Aquac. Int.* 24, 1607–1626. <https://doi.org/10.1007/s10499-016-0050-9>
- Policar, T., Malinovskyi, O., Kristan, J., Stejskal, V., Samarin, A.M., 2019. Post-spawning bath treatments to reduce morbidity and mortality of pond-cultured pikeperch (*Sander lucioperca* L.) broodstock. *Aquac. Int.* <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00392-4> EUROPEAN
- Policar, Tomas, Schaefer, F.J., Panana, E., Meyer, S., Teerlinck, S., Toner, D., Zarski, D., 2019a. Recent progress in European percid fish culture production technology-tackling bottlenecks. *Aquac. Int.* 27, 1151–1174. <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00433-y>
- Policar, Tomas, Schaefer, F.J., Panana, E., Meyer, S., Teerlinck, S., Toner, D., Zarski, D., 2019b. Recent progress in European percid fish culture production technology-tackling bottlenecks. *Aquac. Int.* 27, 1151–1174. <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00433-y>
- Zarski, D., Ben Ammar, I., Bernath, G., Baekelandt, S., Bokor, Z., Palinska-Zarska, K., Fontaine, P., Horvath, A., Kestemont, P., Mandiki, S.N.M., 2020. Repeated hormonal induction of spermiation affects the stress but not the immune response in pikeperch (*Sander lucioperca*). *Fish Shellfish Immunol.* 101, 143–151. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.03.057>
- Zarski, D., Bokor, Z., Kotrik, L., Urbanyi, B., Horváth, A., Targońska, K., Krejszeff, S., Palińska, K., Kucharczyk, D., 2011. A new classification of a preovulatory oocyte maturation stage suitable for the synchronization of ovulation in controlled reproduction of Eurasian perch, *Perca fluviatilis* L. *Reprod. Biol.* 11, 194–209. [https://doi.org/10.1016/S1642-431X\(12\)60066-7](https://doi.org/10.1016/S1642-431X(12)60066-7)
- Zhai, C., Sun, W., Li, Y., Han, H., Zhang, Y., Ma, B., 2025. Pre-release environmental acclimation enhances wild adaptability of endangered Kaluga sturgeon (*Huso dauricus*): insights from digestive, immune, and gut-microbiome perspectives. *Front. Microbiol.* Volume 16. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1720688>

Externí odborný oponent

Mgr. Josef Boček

Rybářství Srlín s.r.o., Srlín 26, 398 43 Bernartice, josbocek@gmail.com

Odborný interní oponent

Ing. Radek Gebauer, 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

Ověření a uplatnění technologie 2025

BioFish s.r.o., Pravíkov 29, 394 70 Kamenice nad Lipou

Adresa autorského kolektivu

M.Sc. Oleksandr Malinovskyi, Ph.D.

Ing. Václav Kučera

Mgr. Tomáš Pěnka, Ph.D.

Prof. Ing. Tomáš Policar, Ph.D.

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

V edici Metodík (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; technologie ověřena roce 2025; vytištěna v roce 2025; grafický design a technická realizace: Jesenické nakladatelství Jena Šumperk.