

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD

Opatření na zkrácení generačního intervalu u kapra obecného

Autoři

**M. Kocour, M. Prchal, D. Gela, H. Kocour Kroupová, Ch. Steinbach,
M. Garayová., T. Policar**

č. 198

Vodňany

ISBN 978-80-7514-182-8

Obsahová část metodiky je výsledkem řešení výzkumného projektu:

Výsledky byly získány za finanční podpory Ministerstva zemědělství České republiky – projekt Národní agentury pro zemědělský výzkum (NAZV) č. QK1910430 – Inovace technologických prvků v chovu kapra obecného za účelem maximálního využití vysokého potenciálu selekčních programů v podmínkách rybníčního hospodaření

Obsah

1. CÍL METODIKY	4
2. ÚVOD DO PROBLEMATIKY	4
2.1. Nástup pohlavní dospělosti	4
2.2. Vývoj gonád a reprodukční cyklus	6
2.3. Vnitřní faktory ovlivňující vývoj gonád	8
2.3.1. Vliv druhu a pohlaví ryb na vývoj gonád	8
2.3.2. Vliv genetické predispozice v rámci druhu na vývoj gonád.....	12
2.3.3. Vliv velikosti, věku, zdravotního a kondičního stavu ryb na vývoj gonád	12
2.3.4. Hormonální řízení vývoje gonád a reprodukce	13
2.4. Vnější faktory ovlivňující vývoj gonád	15
2.4.1. Teplota vody	15
2.4.2. Světelný režim	16
3. VLASTNÍ POPIS METODIKY.....	17
3.1. Měření teploty vody v rybnících před realizací vlastní selekce	19
3.2. Chov ryb před realizací vlastní selekce.....	20
3.3. Vlastní selekce ryb	21
3.4. Chov ryb po selekci.....	21
3.4.1. Nasazení ryb do RAS, kvalita vody v RAS.....	22
3.4.2. Teplota vody	23
3.4.2.1. Dosažení pohlavní dospělosti u kapra obecného ve věku dvou let	23
3.4.2.2. Dosažení pohlavní dospělosti u kapra obecného ve věku tří let	25
3.4.3. Světelný režim	26
3.4.4. Hustota obsádky	26
3.4.5. Krmení a růst ryb	28
3.4.6. Kontrola vývoje gonád.....	32
3.4.7. Opatření po dosažení pohlavní dospělosti ryb.....	39
3.5. Reprodukční parametry generačních ryb se zkráceným generačním intervalem.....	40
4. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	42
5. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY	42
6. EKONOMICKÉ ASPEKTY.....	43
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	45
8. SEZNAM VÝSTUPŮ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE.....	52

1. CÍL METODIKY

Kapr obecný, *Cyprinus carpio*, chovaný v klasickém rybníčním chovu pohlavně dospívá v podmínkách České republiky později než většina jiných hospodářských zvířat a dalších hospodářsky důležitých druhů ryb. Pozdní pohlavní dospívání kapra působí problémy při šlechtitelské práci. Při selekčním šlechtění je žádoucí mít co nejkratší generační interval, neboť tím rychleji posouváme požadovaným směrem užitkovost znaků ryb, na které se zaměřujeme. Kratší generační interval tedy zvyšuje efektivitu selekčního programu. Obdobným způsobem můžeme zrychlit tvorbu či obnovu plemen a linií kapra nebo dříve získat ceněné pohlavní produkty ryb (jikry a mlíčí) pro jejich další využití. Na rozdíl od teplokrevných druhů hospodářských zvířat lze délku generačního intervalu u ryb výrazněji ovlivnit podmínkami prostředí. Cílem této metodiky je seznámit její uživatele s širšími poznatky o pohlavním dospívání ryb, a to zejména ve vztahu k vnějším podmínkám, a nastínit konkrétní opatření a postupy na zkrácení generačního intervalu kapra obecného s ohledem na účel, pro který to děláme.

2. ÚVOD DO PROBLEMATIKY

2.1. Nástup pohlavní dospělosti

Pohlavní dospělost lze chápat jako stav, kdy je organismus schopen reprodukce, respektive je schopen produkovat zralé pohlavní buňky (gamety), jejichž splynutím vznikne nový jedinec. Dosažení pohlavní dospělosti předchází puberta. Podle Okuzawy (2002) dochází k počátku puberty u ryb krátce po diferenciaci gonád (samčí a samičí gonády jsme schopni rozpoznat maximálně při 10násobném zvětšení). U některých druhů ryb pak můžeme v pubertě pozorovat nekompletní gametogenezi (tvorba pohlavních buněk), která je doprovázená zvýšenou hladinou gonadotropinů v hypofýze a/nebo hormonů uvolňujících gonadotropiny (GnRH z anglického *gonadotropin-releasing hormone*) v mozku a/nebo hypofýze. Tento jev pozorujeme zpravidla v období tření daného druhu ryb rok před dosažením pohlavní dospělosti. Podle Tarangela a kol. (2010) začíná puberta u ryb až po diferenciaci pohlaví, zahájení dozrávání zárodečných buněk a po úplné funkční diferenciaci somatických buněk v gonádách, jejichž hlavní funkcí je podpora pohlavních žláz. Na rozdíl od lidí, u kterých je počátek spermiace či ovulace pokládán spíše za počátek puberty, jsou u ryb tyto projevy pokládány za její vrchol.

V průběhu puberty dochází u ryb k mnoha fyziologickým změnám, které se netýkají pouze gonád. U druhů ryb s vnějším pohlavním dimorfismem dochází ke zviditelnění trvalých sekundárních pohlavních znaků. Puberta a její vrchol, tedy nástup pohlavní dospělosti, mají vliv i na užitkové vlastnosti jako jsou rychlost růstu, kvalita masa, odolnost vůči nemocem, přežití apod. (Tarangel a kol., 2010). U většiny druhů ryb má počátek puberty na tyto parametry spíše pozitivní vliv, neboť díky hormonálním změnám dochází k podpoře směřování energie nejen do gonád, ale i do tělesného růstu a do zásobních látek. Je to pravděpodobně kvůli zachování určitého poměru mezi velikostí těla a zvětšujícími se pohlavními žlázami (Kadri a kol. 1996) či z důvodu přípravy ryb na vlastní období reprodukce (tření), kdy celá řada druhů ryb omezuje příjem potravy a mají vyšší energetický výdej než příjem (Hendry a Beall, 2004). V populacích ryb stejných ročníků ve věku kolem nástupu puberty může být u větších jedinců jedním z faktorů jejich velikosti právě skutečnost, že u nich začala puberta dříve (Tarangel a kol., 2010). Naopak na vrcholu puberty ryby zpravidla snižují příjem potravy, a navíc velkou

část energie a zásob spotřebují při sexuálním chování a na samotnou reprodukci (Love, 1980). To je i jeden z důvodů, proč má celá řada druhů ryb v období rozmnožování zhoršenou kvalitu masa (Tarangel a kol., 2010; Aksnes a kol., 1986).

Dosažení pohlavní dospělosti je jedním z důsledků individuálního vývoje každého jedince a je výsledkem souhry mnoha okolností, na nichž se podílejí vnější (prostředí a výživa) i vnitřní (celkový fyziologický stav) faktory. Podíl vnějších a vnitřních faktorů na dosažení pohlavní dospělosti u ryb je tak komplexní a komplikovaný, že dosažení pohlavní dospělosti není do určité míry závislé na velikosti a věku ryb (Thorpe, 2007). Vhodným příkladem pro toto tvrzení je skutečnost, že kapr obecný může v tropických klimatických podmínkách pohlavně dospívat již do 12. měsíce věku (Parmeswaran a kol., 1972), zatímco v chladnějších částech mírného pásma pohlavně dospívá až ve věku 4-5 let (McCrimmon 1968). Obdobně bylo zjištěno, že při vhodných teplotních podmínkách vody, ale nevhodných růstových podmínkách, můžeme pozorovat pohlavně dospělé kapry o celkové délce kolem 15 cm, zatímco v jiných podmínkách nejsou mnohdy pohlavně dospělí ani jedinci dosahující 35 cm (Smith a Walker, 2004). Zároveň ale bylo při porovnávání věku nástupu pohlavní dospělosti opakovaně prokázáno, že populace ryb stejných druhů chovaných v akvakulturách pohlavně dospívají dříve než jejich vrstevníci z volné přírody (Svåsand a kol., 1996). Důvodem pro to mohou být nejen vnější vlivy (např. úprava teplotních a světelných podmínek, lepší dostupnost potravy), ale i vnitřní, genetické, vlivy spojené s domestikací a/nebo šlechtěním ryb. Nicméně bylo prokázáno, že úprava podmínek chovu mnohdy stačí k výraznému posunutí nástupu pohlavního dospívání ryb (Bromage a kol., 1992, 2001; Davies a kol., 1999; Rodriguez a kol., 2001; Leclercq a kol., 2010; Tarangel a kol., 2010; Abdulfatah a kol., 2011; Good a kol., 2016; Liu a Duston, 2016, 2018; Hermelink a kol., 2017; Lundova a kol., 2018; Ammar a kol., 2020). Na druhou stranu můžeme u ryb žijících v konkrétních vnějších podmínkách poměrně spolehlivě stanovit velikost a věk ryb při dosažení jejich pohlavní dospělosti (Smith a Walker, 2004; Brown a kol., 2005; Tessema a kol., 2020).

Z pohledu chovatele ryb lze na nástup či dosažení pohlavní dospělosti nahlížet jako na užitkový znak. U producentů rybí svaloviny nabývá tento znak na důležitosti, pokud ryby pohlavně dospívají před nebo společně s dosažením tržní velikosti. V těchto případech je zájem chovatelů na oddálení nástupu pohlavní dospělosti. Tam, kde jsou pohlavní orgány sami významným tržním produktem (např. kaviár u jeseterů), je situace zcela opačná. Do této kategorie lze ve většině případů řadit i kapra obecného, u něhož je žádoucí mít dobrou výtěžnost svaloviny a přijatelnou výtěžnost gonád. Ta je zpravidla vyjadřována gonadosomatickým indexem (GSI). Pro šlechtitele ryb v selekčních programech, kdy je průměrná hodnota jednoho nebo více užitkových znaků posouvána požadovaným směrem v následujících generacích tím, že do další reprodukce zařazujeme pouze jedince, kteří splnili stanovená selekční kritéria, je velmi důležité zkrátit generační interval (L), tedy průměrný věk ryb při jejich první umělé reprodukci. Aby mělo ale zkrácení generačního intervalu smysl, je důležité urychlení pohlavního dospívání docílit u obou pohlaví a podstatné části příslušné věkové kategorie ryb. Z tohoto pohledu se u příslušných obsádek ryb v souvislosti s pohlavním dospíváním užívají termíny jako A50, L50, W50, které definují průměrný věk ryb (A od anglického „Age“), průměrnou délku těla ryb (L od anglického „Length“) nebo průměrnou hmotnost ryb (W od anglického „Weight“), při níž je pohlavně zralých minimálně 50 % populace (Marty a kol., 2014). Pro chovatelské a primárně šlechtitelské účely je nezbytné, aby při zakládání další generace bylo pohlavně dospělých alespoň 90 % ryb (A90) z dané populace, a to v rámci každého pohlaví zvlášť. Je to z toho důvodu, abychom zbytečně nesnižovali genetickou diverzitu další generace a nezvyšovali riziko inbrídingu. V podmínkách ČR může

rozdílu při dosažení A50 bez ohledu na pohlaví a A90 (v rámci každého pohlaví zvlášť u kapra obecného činit jeden až dva roky).

2.2. Vývoj gonád a reprodukční cyklus

Samčí i samičí gonády procházejí v průběhu ontogeneze podobnými fázemi, přičemž některé z nich se po dosažení pohlavní dospělosti opakují v rámci reprodukčního cyklu. Reprodukční cyklus lze definovat jako období mezi dvěma po sobě následujícími výtěry (třeními). V podmínkách České republiky je reprodukční cyklus samic většiny hospodářsky významných druhů ryb jednoletý, což znamená, že každá samice je schopna výtěru pouze jednou za rok a všechny samice daného druhu se vytírají v rámci omezeného období roku (několik týdnů až měsíců). Výjimku tvoří druhy ryb s tzv. porcovým výtěrem (např. lín obecný, parma obecná), kdy se stejná samice může třít v reprodukční sezoně daného roku opakovaně, neboť její jikry dozrávají postupně v několika vlnách. Naopak samci většiny druhů ryb jsou ve výtěrové sezoně schopni opakovaného výtěru, neboť jim v průběhu reprodukční sezóny, a často i mimo ni, spermie dozrávají kontinuálně. Samice kapra obecného chované v rybníčních podmínkách ČR patří mezi druhy s tzv. jednodávkovým výtěrem, vytírají se tedy pouze jednou v daném roce. V Tab. 1 jsou znázorněny fáze vývoje gonád u obou pohlaví kapra obecného v rybníčních podmínkách chovu v ČR s uvedením věkových kategorií ryb při prvním dosažení příslušné fáze.

Tab. 1. Fáze vývoje gonád samic a samců u kapra obecného s uvedením věkových kategorií kapra, ve kterých je mohou dosáhnout v klimatických podmínkách ČR.

Fáze vývoje	Pohlaví	Stručná charakteristika	Věk. kat.
1. Stadium mladosti		Gonády obou pohlaví jsou pouze úzké lišty přichycené k dutině břišní. Pohlaví nelze vizuálně rozlišit. Ovária se skládají z různých stádií oogonií, testes z různých stádií spermatogonií, přičemž většina je ve fázi mitózy. Jádro oocytů obsahuje jedno a později i několik málo jadérek. V cytoplazmě se nenacházejí žádné vakuoly či žloutkové partikule. Průměr oocytu je 40 – 200 µm. Jádro je uprostřed buňky a má průměr do 20 µm.	do K ₁₊
2. Stadium klidu	Samci	Testes jsou drobná a špatně odlišitelná od ovarii. Tato fáze je pouze u juvenilních ryb. V testes se objevují spermatocyty I. řádu.	K ₁ – K ₂
	Samice	Ovaria jsou stále dost malá, makroskopicky těžko rozpoznatelná od testes. Při podrobnějším zkoumání jsme schopni v tkáni pozorovat velké cévy, které u testes chybí. Mikroskopicky můžeme v buňkách již pozorovat vakuoly a první žloutkové partikule, stále ale hovoříme o tzv. previtelogenních oocytech. Toto stadium pozorujeme pouze u juvenilních jedinců a jedinců v časně pubertě. Průměr oocytů je 200 – 350 µm. Jádro je uprostřed buňky a má průměr 150-180 µm.	K ₁ – K ₂₊

Tab. 1. Pokračování

3. Stadium dozrávání	Samci	Testes se zvětšují, ale ani při silném tlaku na břišní dutinu nedochází k uvolňování spermatu nebo jen zcela nepatrně. Pokud nařízneme okraj testes, zachovávají si homogenní povrch. Barva testes je bělavá, kvůli prokrvení může být i narůžovělá. Mikroskopicky můžeme pozorovat plně vyvinuté podpůrné somatické buňky (Leydigovy a Sertoliho buňky), spermatidy či nezralé spermie, výjimečně i zralé spermie. Semenné kanálky jsou prázdné nebo s velmi malým množstvím spermií. Toto stádium pozorujeme u ryb v pozdní fázi puberty a u dospělých ryb v mimovýtěrovém období.	$K_{1+} - K_3$
	Samice	Ovária vyplňují až třetinu tělní dutiny. Jikry jsou již dobře rozpoznatelné a neprůhledné. Při naříznutí ovárií se mohou uvolnit jikry, které ale tvoří malé shluky. Mikroskopicky jsou v oocytech vidět velké vakuoly, které dle stádia dozrávání vyplňují celý objem cytoplazmy buňky, nebo jsou zvětšujícími se žlutkovými partikulemi postupně vytlačovány směrem od jádra na periferii buňky. Mluvíme o vitelogenních oocytech. Průměr oocytů je 350-600 μm . Jádro je uprostřed buňky a má průměr 150-200 μm . Toto stádium pozorujeme u ryb v pozdní fázi puberty a u dospělých ryb v mimovýtěrovém období.	$K_{2+} - K_4$
4. Stadium zralosti	Samci	Testes jsou na konci fáze plně vyvinuté, mají bílou barvu a dosahují až 10 % hmotnosti ryby. Při naříznutí testes dochází k výtoku spermatu. To je uvolňováno i při silnějším tlaku na břišní dutinu z močopohlavní papily. Mikroskopicky můžeme pozorovat plně zralé spermie v semenných kanálkách, vazivová tkáň je výrazně potlačená. Tuto fázi pozorujeme u pohlavně dospělých ryb krátce před výtěrem.	$K_2 - K_4$
	Samice	Ovária vyplňují až dvě třetiny zvětšené tělní dutiny a dosahují min. 10 % hmotnosti ryby ($GSI > 10,0$). Gonády jsou plně vyvinuté a na povrchu mají velké množství cév. Jikry jsou snadno viditelné a při naříznutí gonády se uvolňují samostatně. Při silné masáži břišní dutiny může někdy dojít k uvolnění malého množství jiker ze zvětšené pohlavní papily. Mikroskopicky jsou po obvodu oocytu vakuoly uspořádány ve dvou až třech řadách, zbývající objem cytoplazmy vyplňují žlutkové částice. Jádro je stále uprostřed oocytu a obsahuje množství jadérek, jež jsou přichycené k jaderné membráně. Průměr oocytu je 600-1000 μm . Jádro je stále uprostřed buňky a má velikost kolem 200 μm . Tuto fázi pozorujeme u pohlavně dospělých ryb krátce před výtěrem.	$K_{3+} - K_5$

Tab. 1. Pokračování

5. Stadium výtěrové	Samci	Testes vypadají stejně jako v předchozí fázi, sperma je uvolňováno z močopohlavní papily samovolně nebo při mírném tlaku na břišní dutinu, a to v množství větším než několik mililitrů. Toto stadium se objevuje u pohlavně dospělých ryb v době výtěru.	$K_{3+} - K_4$
	Samice	Makroskopicky vypadají ovária stejně jako v předchozí fázi, ale tvořit mohou 15 i více % hmotnosti ryby. Mikroskopicky pozorujeme posun jádra od středu buňky směrem k mikropyle na jikerném obalu, jadérka v jádře se nacházejí ve středu jádra. Průměr oocyty je kolem 1200 μm , velikost jádra se již nemění. Toto stadium se objevuje u pohlavně dospělých ryb v době výtěru.	$K_4 - K_5$
6. Stadium povýtěrové	Samci	Testes se postupně zmenšují a vzhledem se navracejí do 3. fáze. V počátcích této fáze můžeme v testes pozorovat krváceniny z popraskaných cév z období výtěru. Mikroskopicky můžeme pozorovat ještě zbytky spermií ve zmenšujících se semenných kanálcích, některé mohou být v různém stupni resorpce a větší množství krevních buněk a krevních kapilár ve vazivové tkáni. Při tlaku na břišní dutinu pozorujeme minimální nebo žádné uvolňování spermií z močopohlavní papily.	$K_{3+} - K_4$
	Samice	Makroskopicky pozorujeme vyprázdněná ovária se zbytky oocytů a krevními výrony, případně plnější překrvená ovária (u nevytřených ryb) s oocyty v různé fázi resorpce (barevná mozaika). Ovária se postupně zmenšují a vzhledem se navracejí do 3. fáze. Mikroskopicky pozorujeme vysoký podíl tzv. atretických oocytů (s rozpadlými jádry či jinými buněčnými strukturami). Při tlaku na břišní dutinu můžeme pozorovat uvolňování jiker různé barvy, velikosti a tvaru s vysokým podílem krve nebo exsudátu.	$K_4 - K_5$

2.3. Vnitřní faktory ovlivňující vývoj gonád

Mezi nejdůležitější vnitřní faktory ovlivňující vývoj gonád řadíme druh a pohlaví ryby, genetickou predispozici, velikost a stáří ryb, zdravotní a kondiční stav ryb. Působením vnitřních ale i vnějších faktorů se pak v tělech jedinců odvíjí fyziologické dráhy, které jsou řízeny neuroendokrinním systémem.

2.3.1. Vliv druhu a pohlaví ryb na vývoj gonád

Vliv druhu ryby na dosažení pohlavní dospělosti a na reprodukčním cyklu je zřejmý. V podstatě se jedná o genetické rozdíly mezi druhy, od nichž se odvíjejí fyziologické procesy v organismu, rychlost vývoje apod. Rybí druhy můžeme podle věku dosažení pohlavní dospělosti v klimatických podmínkách ČR rozdělit na tři základní kategorie:

- **Druhy s rychlým pohlavním dospíváním** – druhy, u kterých je dosažena hodnota A90 do dvou let věku.
- **Druhy se středně dobým pohlavním dospíváním** – druhy, u kterých je dosažena hodnota A90 ve věku tří až pěti let.

- **Druhy s pomalým pohlavním dospíváním** – druhy, u kterých je dosažena hodnota A90 později než v pěti letech.

Tab. 2. Průměrný věk ryb (A90) vyskytujících se ve volných vodách či chovaných ve venkovních akvakulturních systémech na území ČR při dosažení pohlavní dospělosti.

Druh ryby	Průměrný věk (A90) při dosažení pohlavní dospělosti (citace)
Amur bílý (<i>Ctenopharyngodon idella</i>)	5-6 let samci, 6-8 let samice (Baruš a Oliva, 1995)
Blatňák tmavý (<i>Umbra crameri</i>)	2 roky (Baruš a Oliva, 1995)
Bolen dravý (<i>Aspius aspius</i>)	3-4 roky samci; 4-5 let samice (Baruš a Oliva, 1995)
Candát obecný (<i>Sander lucioperca</i>)	2-4 roky samci, 3-5 let samice (Baruš a Oliva, 1995)
Candát východní (<i>Sander volgensis</i>)	2-4 roky samci, 3-5 let samice (Baruš a Oliva, 1995)
Cejn perleťový (<i>Abramis sapa</i>)	3-4 roky samci, 4-5 let samice (Baruš a Oliva, 1995)
Cejn sinný (<i>Abramis ballerus</i>)	2-3 roky samci, 3-4 roky samice (Baruš a Oliva, 1995)
Cejn velký (<i>Abramis brama</i>)	2-5 let samci, 3-7 let samice (Baruš a Oliva, 1995)
Cejnek malý (<i>Blicca bjoerkna</i>)	2-4 roky (Baruš a Oliva, 1995)
Drsek menší (<i>Zingel streber</i>)	2-3 roky (Baruš a Oliva, 1995)
Drsek větší (<i>Zingel zingel</i>)	3 roky (Baruš a Oliva, 1995)
Hlavatka podunajská (<i>Hucho hucho</i>)	4 roky samci; 5-6 let samice (Dubský a kol., 2003)
Hořavka duhová (<i>Rhodeus amarus</i>)	1 rok (Baruš a Oliva, 1995)
Hrouzek obecný (<i>Gobio gobio</i>)	2 roky (Baruš a Oliva, 1995)
Hlaváč černoústý (<i>Neogobius melanostomus</i>)	2-4 roky (Kornis a kol., 2012)
Hlavačka poloměsíčitá (<i>Proterorhinus semilunaris</i>)	1 rok (Valová a kol., 2015)
Hlavačka mramorovaná (<i>Proterorhinus marmoratus</i>)	1-2 roky (Prášek, 2006)
Jelec jesen (<i>Leuciscus idus</i>)	3-4 roky (Baruš a Oliva, 1995)
Jelec proudník (<i>Leuciscus leuciscus</i>)	2 roky samci, 2-3 roky samice (Baruš a Oliva, 1995)
Jelec tloušť (<i>Leuciscus cephalus</i>)	3 roky samci, 3-4 roky samice (Baruš a Oliva, 1995)

Tab. 2. Pokračování

Druh ryby	Průměrný věk (A90) při dosažení pohlavní dospělosti
Jeseter malý (<i>Acipenser ruthenus</i>)	4-6 let samci, 5-8 let samice (Chebanov a Galich, 2013)
Jeseter ruský (<i>Acipenser gueldenstaedtii</i>)	11-14 let samci, 12-18 let samice (Chebanov a Galich, 2013)
Ježdík obecný (<i>Gymnocephalus cernuus</i>)	2-3 roky (Baruš a Oliva, 1995)
Ježdík žlutý (<i>Gymnocephalus schraetser</i>)	2-3 roky (Baruš a Oliva, 1995)
Kapr obecný (<i>Cyprinus carpio</i>)	3-4 roky samci, 4-5 let samice (Baruš a Oliva, 1995)
Karas obecný (<i>Carassius carassius</i>)	2-3 roky (Baruš a Oliva, 1995)
Karas stříbřitý (<i>Carassius auratus</i>)	2-3 roky (Baruš a Oliva, 1995)
Koljuška tříostná (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)	1 rok (Baruš a Oliva, 1995)
Lín obecný (<i>Tinca tinca</i>)	2-3 roky samci, 3-4 roky samice (Baruš a Oliva, 1995)
Lipan podhorní (<i>Thymallus thymallus</i>)	2-3 roky samci, 3-4 roky samice (Dubský a kol., 2003)
Losos obecný (<i>Salmo salar</i>)	Velmi různorodné. 1-10 let samci, 3-12 let samice (Mobley a kol., 2021; Lucas a kol., 2019)
Mník jednovousý (<i>Lota lota</i>)	3-4 roky (Baruš a Oliva, 1995)
Mřenka mramorovaná (<i>Barbatula barbatula</i>)	1-2 roky (Baruš a Oliva, 1995)
Okoun říční (<i>Perca fluviatilis</i>)	1-3 roky samci, 2-4 roky samice (Baruš a Oliva, 1995)
Okounek pstruhový (<i>Micropterus salmoides</i>)	2-4 roky samci, 3-5 let samice (Baruš a Oliva, 1995)
Ostroretka stěhovavá (<i>Chondrostoma nasus</i>)	4-7 let (Baruš a Oliva, 1995)
Ostrucha křivočará (<i>Pelecus cultratus</i>)	3-6 let (Baruš a Oliva, 1995)
Ouklej obecná (<i>Alburnus alburnus</i>)	3-4 roky (Baruš a Oliva, 1995)
Ouklejka pruhovaná (<i>Alburnoides bipunctatus</i>)	1 rok (Baruš a Oliva, 1995)
Parma obecná (<i>Barbus barbus</i>)	2-3 roky samci, 4-5 let samice (Baruš a Oliva, 1995)
Perlín ostrobřichý (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)	2-3 roky samci, 3-4 roky samice (Baruš a Oliva, 1995)
Piskoř pruhovaný (<i>Misgurnus fossilis</i>)	2 roky samci, 2-3 roky samice (Baruš a Oliva, 1995)

Tab. 2. Pokračování

Druh ryby	Průměrný věk (A90) při dosažení pohlavní dospělosti
Plotice obecná (<i>Rutilus rutilus</i>)	1-3 roky samci, 2-4 roky samice (Baruš a Oliva, 1995)
Podoustev nosák (<i>Vimba vimba</i>)	2-3 roky samci, 3-4 roky samice (Baruš a Oliva, 1995)
Pstruh duhový (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	2-3 roky samci, 3-4 roky samice (Lucas a kol., 2019)
Pstruh obecný potoční (<i>Salmo trutta m. fario</i>)	2-3 roky samci, 3-4 roky samice (Dubský a kol., 2003)
Sekavci (<i>Cobitis sp.</i> , <i>Sabanejewia balcanica</i>)	1-2 roky (Baruš a Oliva, 1995)
Síh maréna (<i>Coregonus maraena</i>)	2 roky samci, 3 roky samice (Dubský, 2015)
Síh peled' (<i>Coregonus peled</i>)	2 roky samci, 2-3 roky samice (Dubský, 2015)
Siven alpský (<i>Salvelinus alpinus</i>)	2 roky samci, 2-3 roky samice (Liu a Duston, 2016)
Siven americký (<i>Salvelinus fontinalis</i>)	2-3 roku samci, 3 roky samice (Dubský a kol., 2003)
Slunečnice pestrá (<i>Lepomis gibbosus</i>)	1-2 roky (Baruš a Oliva, 1995)
Slunka obecná (<i>Leucaspis delineatus</i>)	2 roky samci, 2-3 roky samice (Baruš a Oliva, 1995)
Štika obecná (<i>Esox lucius</i>)	1-2 roky samci, 2-3 roky samice (Dubský, 2015)
Střevle potoční (<i>Phoxinus phoxinus</i>)	2 roky samci, 3 roky samice (Baruš a Oliva, 1995)
Střevlička východní (<i>Pseudorasbora parva</i>)	1 rok (Pinder a kol., 2005; Gozlan a kol., 2010)
Sumec velký (<i>Silurus glanis</i>)	3-6 let samci, 4-7 let samice (Baruš a Oliva, 1995)
Sumeček americký (<i>Ameiurus nebulosus</i>)	2-3 roky (Baruš a Oliva, 1995)
Tolstolobici (bílý a petrý) (<i>Hypophthalmichthys/Aristichthys molitrix/nobilis</i>)	5-6 let samci, 6-8 let samice (Baruš a Oliva, 1995)
Úhoř říční (<i>Anguilla anguilla</i>)	3-6 let samci, 6-10 let samice (van Ginneken a Maes, 2005)
Vranka obecná (<i>Cottus gobio</i>)	1-2 roky samci, 2-3 roky samice (Baruš a Oliva, 1995)
Vranka pruhoploutvá (<i>Cottus poecilopus</i>)	2 roky (Baruš a Oliva, 1995)
Vyza velká (<i>Huso huso</i>)	12-14 let samci; 16-18 let samice (Chebanov a Galich, 2013)

Většina rybích druhů v ČR patří do skupiny se středně dobým pohlavním dospíváním. Pro komplexnost této metodiky uvádíme v Tab. 2 průměrný věk (A90) ryb vyskytujících se ve volných vodách a/nebo chovaných ve venkovních akvakulturních systémech na území ČR pro konzumní účely při dosažení jejich pohlavní dospělosti. Je rovněž nutné vzít na vědomí, že u drtivé většiny těchto druhů ryb pohlavně dospívají samci dříve, a to o několik měsíců, nejčastěji o jeden až dva roky, a výjimečně i o více let (např. jeseteři). Horváth (1985) předpokládá, že důvodem pozdějšího pohlavního dospívání samic je potřeba delšího času na vývoj vaječníků, které obsahují jikry s velkým množstvím zásobních látek, a které zabírají před výtěrem výrazně větší objem břišní dutiny než varlata samců.

2.3.2. Vliv genetické predispozice v rámci druhu na vývoj gonád

Míru genetické predispozice pro rozptyl hodnot jakéhokoliv kvantitativního znaku nejlépe vystihuje heritabilita či dědivost (Kocour a kol., 2010). Heritabilita vyjadřuje podíl genetické variance (rozptyl hodnot znaku v populaci podmíněný geneticky) na celkové fenotypové varianci (celkový rozptyl hodnot znaku v populaci). Pokud je hodnota heritability 0,2 a vyšší, lze očekávat, že v populaci existuje dostatečná genetická diverzita v genech odpovědných za projev znaku. Stupeň vývoje gonád lze vyjádřit např. věkem ryb při dosažení pohlavní dospělosti, hodnotou GSI v určité věkové kategorii atd. Na pohlavní dospívání lze tedy nahlížet i jako na kvantitativní znak. Studie prováděné především na lososovitých rybách opakovaně, ale ne vždy, potvrdily střední až vysokou míru heritability pro věk dosažení pohlavní dospělosti (Garcia de Leaniz a kol., 2007; Páez a kol., 2011; Reed a kol., 2018; Debes a kol., 2019; Sinclair-Waters a kol., 2020). U kapra obecného byla u ryb v tržní velikosti (po třetí vegetační sezóně) potvrzena vysoká heritabilita ($0,45 \pm 0,08$) pro hodnotu GSI (Kocour a kol., 2017). Rychlost pohlavního dospívání v rámci druhu může být tedy významně ovlivněna i genetickou predispozicí. Vlastní práce s touto skutečností je ale obtížná a v chovu z technického hlediska problematicky řešitelná (např. s ohledem k možným genetickým korelacím mezi rychlostí pohlavního dospívání a dalšími důležitými užitkovými znaky).

2.3.3. Vliv velikosti, věku, zdravotního a kondičního stavu ryb na vývoj gonád

V rámci konkrétních populací žijících či chovaných v daných podmínkách zpravidla pozorujeme silnou pozitivní závislost mezi velikostí ryb a stupněm vývoje gonád (Tsikliras a Stergiou, 2014). To stejné platí o věku, o čemž svědčí i údaje ukázané v Tab. 2, kdy po dosažení určitého věku můžeme předpokládat vysoký podíl pohlavně dospělých ryb v populaci. Můžeme obecně říci, že čím je ryba v dané populaci starší, tím bude i větší (růst ryb není ukončen, i když platí, že s věkem se relativní rychlost růstu zpomaluje) a tím bude ve vyšším stupni vývoje gonád. Na druhou stranu je nutné si uvědomit, že věk není jediný parametr, který ovlivňuje velikost ryb, a za určitých okolností nemusí být ani tím nejdůležitějším (Vladić a Petersson, 2015). To samé platí i o stupni vývoje gonád. Vše se odvíjí od celé řady faktorů a jednotlivé faktory mohou za určitých podmínek nabývat různého stupně důležitosti. U populace ryb, u které neznáme životní podmínky tedy budeme jen těžko odhadovat na základě zjištěné velikosti ryb jejich věk a stupeň vývoje gonád a na druhou stranu, u populace se známou životní historií a podmínkami určíme dle jejich velikosti poměrně spolehlivě jejich věk i stupeň vývoje gonád. V rámci dané populace ryb ale často dojdeme k závěru, že pomalu rostoucí ryby vstupují do puberty při vyšším věku a menší velikosti a rychle rostoucí ryby vstoupí do puberty při nižším věku a větší velikosti (Morita a kol. 2005). Neplatí to ale vždy,

neboť v jiných studiích nebyly pozorovány významné fenotypové ani genetické korelace mezi GSI a hmotností ryb (Prchal a kol., 2018a), nebo byly dokonce negativní (Srimai a kol., 2019), což naznačuje, že ryby s časnějším nástupem pohlavní dospělosti rostly pomaleji.

Kondiční stav a zdravotní stav ryb jsou úzce spjaty s dostupností a kvalitou potravy a dostupnost a kvalita potravy jsou zase úzce spjaty s velikostí ryb. O těchto dvou vnitřních faktorech, které jsou velmi propojeny s vnějšími faktory, platí obdobné poznatky jako o velikosti a věku ryb. Ryby v dobrém kondičním a zdravotním stavu zpravidla pohlavně dospějí dříve než ryby se zhoršeným zdravotním stavem a podvyživené. Je nutné si ale nejprve ujasnit pojem dobrý kondiční stav. Ten není vždy reprezentován nejvyšší hodnotou Fultonova kondičního koeficientu (FK) či nejvyššími hodnotami obsahu tuku ve svalovině a vnitřnostech ryb. Bylo totiž prokázáno, že výrazný nadbytek energie z přijímaného krmiva může u ryb negativně ovlivnit některé reprodukční parametry (Virote a kol., 2020), růst (Kause et al., 2016) i zdravotní stav (Vargas a Vasquez, 2017; Roh a kol., 2020).

2.3.4. Hormonální řízení vývoje gonád a reprodukce

Hormonální řízení vývoje gonád a reprodukce je velmi složitý a komplexní proces. Základní seznámení se s touto problematikou s ohledem na zaměření představované metodiky pokládáme za užitečné a důležité. Všechny procesy spojené s pohlavním dospíváním ryb a jejich reprodukci jsou totiž vnitřně řízené endokrinním systémem (Tarangel a kol., 2010). Endokrinní systém je zase ovlivňován ději v nervové soustavě. Při pohlavním dospívání a reprodukci je klíčová neuroendokrinní osa mozek – hypofýza – gonády. Mozek sbírá a vyhodnocuje signály o vnějších a vnitřních podmínkách jedince. Na základě těchto signálů je v části mozku zvaném hypotalamus (část mezimozku) produkován hormon spouštějící produkci gonadotropinů (GnRH). Tento hormon stimuluje v hypofýze, konkrétně adenohypofýze, produkci folikulostimulačního (FSH) a luteinizačního hormonu (LH), které se souhrnně označují jako gonadotropiny. Gonadotropiny pak v gonádách stimulují produkci pohlavních hormonů. Stejně jako u lidí jsou u obou pohlaví ryb produkovány tzv. samčí i samičí pohlavní hormony, jejich koncentrace se ale zásadně liší právě dle pohlaví jedince. U ryb je nejdůležitějším samčím pohlavním hormonem 11-ketotestosteron ze skupiny androgenů. Nejdůležitějšími samičími pohlavními hormony jsou 17 β -estradiol ze skupiny estrogenů a 17,20 β ,21-trihydroxypregn-4-en-3-one (17,20 β ,21-P) ze skupiny progestinů (Antonopoulou a kol., 2011). Zejména u samic je dále důležitou látkou vitellogenin, což je prekursor zásobního žloutku v jikrách. Vitellogenin je produkován v játrech a transportuje odsud bílkoviny a některé lipidy do vyvíjejících se vajíček (jiker) ryb (Hara a kol., 2016). Gonadotropiny a pohlavní hormony pak působí jako katalyzátory při růstu a vývoji pohlavních orgánů, gametogenezi (vývoj pohlavních buněk), uvolňování pohlavních buněk, vývoji sekundárních pohlavních znaků, ovlivňují sexuální chování ryb a další procesy související s pohlavním dospíváním, reprodukčním cyklem a vlastní reprodukcí.

Je důležité si rovněž uvědomit, že všechny výše uvedené hormony mají většinou tzv. pleiotropní účinek, což znamená, že ovlivňují celou řadu dalších fyziologických procesů, a ne pouze pohlavní dospívání a reprodukci. Účinky jednotlivých hormonů mohou být synergické (doplňují se) nebo antagonistické (s opačným účinkem) a často obojí v závislosti na dalších neuroendokrinních drahách probíhajících v daném organismu. Pleiotropní účinek mají prakticky všechny hormony, navíc jejich vzájemné interakce jsou velmi složité, a tak nejsou do současnosti přesně popsány všechny neuroendokrinní dráhy a kaskády ovlivňující pohlavní dospívání a reprodukci ryb. Do základní osy pohlavního dospívání a reprodukce, mozek –

hypofýza – gonády, se zapojují na různých úrovních i další hormony. Existují různé hormony, které stimulují nebo inhibují produkci GnRH, gonadotropinů i vlastních pohlavních hormonů. Za zmínku určitě stojí i skutečnost, že GnRH a gonadotropiny jsou svou povahou peptidy, jejichž složení a strukturu má buňka každého jedince uloženou v DNA. Lze tedy předpokládat, a je to již i prokázáno, že genetická výbava každého jedince (viz kap. 2.3.2) má společně s dalšími faktory vliv na období nástupu pohlavní dospělosti, na plodnost ryb apod.

Mezi hormony neuvedené výše, u nichž bylo popsáno jejich zapojení či vliv na pohlavní dospívání a reprodukci ryb, patří následující:

- **Melatonin.** Jedná se o hormon produkováný v epifýze, která je, stejně jako hypothalamus, součástí mezimozku. Chemicky jde o N-acetyl-5-methoxytryptamin (Hardeland a kol., 2006) a je syntetizován z tryptofanu (Falcón a kol., 2007). Produkce melatoninu je závislá na světelném režimu, jenž ryby vnímají především sítnicí oka. Při světle se produkce melatoninu významně inhibuje. U ryb rozmnožujících se na podzim a v zimě se hladina melatoninu v tomto období díky ubývajícemu světlu zvyšuje, což stimuluje ryby k výtěru. U ryb rozmnožujících se na jaře a v létě je tomu právě naopak. Zde stimuluje ryby k výtěru snižující se hladina melatoninu v tělech ryb (Hardeland a kol., 2006). Melatonin se významně uplatňuje zejména v rámci reprodukčního cyklu dospělých ryb a v posledním období pohlavního dospívání u těch druhů ryb, které významně ovlivňuje světelný režim (např. lososovité a okounovité). Melatonin působí v hypothalamu nebo přímo v hypofýze a ve výsledné fázi tak ovlivňuje produkci gonadotropinů (Falcón a kol., 2010).
- **Dopamin.** Jedná se o malý neurotransmitér, který je syntetizován z tyrosinu přes dvoustupňovou reakci zahrnující enzymy tyrosin hydroxylázu a DOPA-dekarboxylázu v hypothalamu. U celé řady druhů kostnatých ryb jde o významný inhibitor vylučování gonadotropinů či GnRH (Zohar a kol., 2010).
- **Neuropeptid Y (NPY).** Jedná se o 36 aminokyselinový peptid, který je produkován na různých místech v mozku, zejména v hypothalamu. NPY má vliv na příjem potravy a ukládání energetických zásob ve formě tuku, snižuje stres a ovlivňuje cirkadiánní rytmus (Loh a kol., 2015). Tento hormon má rovněž stimulační vliv na produkci GnRH a/nebo gonadotropinů (Kah a kol., 1989).
- **Kisspeptiny (Kiss).** Jedná se pravděpodobně o skupinu neuropeptidů složených z 10-54 aminokyselin. Kisspeptiny pravděpodobně stimulují uvolňování GnRH, nedávno bylo prokázáno ale i přímá stimulace buněk hypofýzy k vylučování gonadotropinů (Ohga a kol., 2018). Má se za to, že kisspeptiny hrají zásadní roli při nástupu puberty.
- **Kyselina γ -aminomáselná (GABA).** GABA je neurotransmitér, který má u ryb kromě jiného obdobně jako NPY stimulační vliv na produkci GnRH a gonadotropinů (Trudeau a kol., 2000).
- **Peptid aktivující adenylátcyklázu hypofýzy (Pacap).** Jde o peptid z 38 aminokyselin a u ryb je přítomen hlavně v mozku a dále v hypofýze a různých periferních tkáních (Small a Nonneman, 2001). Pacap je obdobně jako většina uvedených peptidů známý především jako stimulant produkce LH a růstového hormonu (GH), a to buď přímo (Sze a kol., 2007, Wong a kol., 1998, 2000) nebo prostřednictvím GnRH.
- **Sekretoneurin (Sn).** Jedná se o polypeptid z 31 až 42 aminokyselinami (Trudeau a kol., 2012). Geny pro tento peptid jsou nejaktivnější v mozku a hypofýze (Blázquez a kol., 1998, Canosa a kol., 2011), ale aktivita genu (exprese) byla zaznamenána i ve střevě, žlázech, žaludku a vaječnících (Shu a kol., 2018). Sn stimuluje uvolňování LH z hypofyzárních gonadotropinů (Zhao a kol., 2006).

- **Neurokinin B (Nkb).** Jde o peptid, který je produkován hlavně v rybím mozku a hypofýze, méně pak i ve střevě a gonádách (Biran a kol., 2012, Qi a kol., 2015). Má vliv na regulaci hladiny GnRH, kisspeptinu, hladiny LH a FSH i estradiolu (Qi a kol., 2016; Zmora a kol. 2017).
- **Nesfatin-1.** Jedná se o peptid s 82 aminokyselinami, který je vytvářen v hypothalamu a dalších částech mozku. Má vliv na regulaci hladiny GnRH (Gonzales a kol., 2012).
- **Ghrelin, IGF-I, Leptin.** Jedná se o hormony bílkovinné povahy, které nejsou, na rozdíl od všech předchozích, primárně produkovány v orgánech hlavní osy mozek – hypofýza – gonády, ale v žaludku a střevech (ghrelin), tukové tkáni (leptin) či játrech (IGF-I). Obdobně jako většina předchozích hormonů (s výjimkou dopaminu a melatoninu) se uplatňují při řízení příjmu potravy, energetickém metabolismu a/nebo růstu ryb. Opakovaně byl ale prokázán vliv těchto hormonů i na reprodukci ryb. Studie jasně ukazují, že pohlavní dospívání a reprodukce u ryb jsou s růstem, příjmem potravy a energetickým metabolismem velmi silně provázány (Aylén, 2020; Zhong a kol., 2021; Trombley a Schmitz, 2013; Reinecke, 2010).

2.4. Vnější faktory ovlivňující vývoj gonád

Pohlavní dospívání a roční reprodukční cyklus u ryb ovlivňují zásadně i) podmínky prostředí, ve kterých ryby žijí a dále ii) dostupnost a kvalita potravy. Charakter a míra vlivu vnějších faktorů se samozřejmě liší i dle druhu ryb. S ohledem na problematiku této metodiky se zaměříme především na ty podmínky prostředí, které mají podstatný vliv na pohlavní dospívání a reprodukční cyklus v mírném klimatickém pásmu. Těmi jsou teplota vody a světelný režim (Tarangel a kol., 2010).

2.4.1. Teplota vody

Ryby jsou studenokrevní (poikilotermní) živočichové. Z tohoto důvodu je u nich prakticky bez výhrad teplota vody jedním z nejdůležitějších environmentálních faktorů ovlivňujícím rychlost pohlavního dospívání. Od teploty vody se totiž odvíjí rychlost metabolismu a s tím spojený somatický růst a ontogenetický vývoj (Angilleta, 2009). V tomto případě mluvíme o tzv. nepřímém působení teploty (Tarangel a kol., 2010). Teplota vody pak ale u některých druhů má i přímý vliv na dosažení vrcholného stádia puberty, tedy pohlavní dospělosti a uplatňuje se i u pohlavně dospělých ryb v rámci reprodukčního cyklu, tedy střídání období neplodnosti s obdobím plodnosti, resp. schopnosti k výtěru. Existují i druhy ryb, které potřebují určitou teplotní fluktuaci, tedy střídání období s teplejší a chladnější vodou, jinak neproběhnou všechny fáze vývoje gonád a nedojde tak ke zdárné reprodukci.

Obecně lze říci, že nejrychlejší vývoj jedince lze očekávat za optimálních životních podmínek. Každý druh ryby tedy dosáhne puberty nejrychleji, pokud bude žít ve vodě s optimální teplotou. To platí ale pouze v případě, pokud i další důležité parametry vody (nasycení vody kyslíkem, pH, salinita, zplodiny metabolismu, jiné toxické látky atd.), i jiné vnější podmínky (např. světelný režim, dostupnost a kvalita potravy) budou v optimu nebo minimálně mimo hodnoty jejich nepříznivého působení. Kapr obecný je teplomilný druh, který je sice schopen žít v rozmezí teplot od rozmrznutí do cca 35 °C, jeho optimum je ale v rozmezí 20 °C až 30 °C (Lucas a kol., 2019). Podle Horvátha (1985) či Crivella (2006) se gonády kapra neustále vyvíjejí, pokud teplota vody neklesne pod 15-16 °C. Z toho můžeme s určitou mírou

spolehlivosti odhadnout i nástup pohlavní dospělosti samic. Ten dle Horvátha (1985) nastává po nasbírání 10000 – 12500 °D (°D = denní stupeň, který představuje průměrnou denní teplotu vody) při teplotě vody nad 15 °C. Je potřeba vždy brát v úvahu, že všechny vnější faktory se na pohlavním dospívání a reprodukčním cyklu spolupodílejí, vzájemně se ovlivňují a jsou mezi nimi různé interakce v závislosti na dalších podmínkách. Optimální teplota vody tak může přispět k brzkému nástupu puberty, ale jedinci nemusejí nakonec dosáhnout pohlavní dospělosti nebo spíše výtěruschopnosti (tedy výtěrového stádia). Záleží na tom, zda teplota vody hraje hlavní (primární) nebo vedlejší (sekundární) roli s ohledem k pohlavnímu dospívání a reprodukčnímu cyklu. To je závislé na druhu ryby (Tarangel a kol., 2010). U většiny kaprovitých ryb, včetně kapra obecného, se teplota považuje za hlavní faktor (Peter a Yu, 1997). Naopak u lososovitých ryb jde spíše o vedlejší faktor (Bromage a kol., 2001; Davies a Bromage, 2002). U okounovitých druhů ryb je to zatím těžké jednoznačně říci, neboť například u candáta obecného uvádí Hermelink a kol. (2017) teplotu jako hlavní faktor pro pohlavní dospívání ryb, zatímco podle Ammara a kol. (2015) je hlavním faktorem spíše fotoperioda.

2.4.2. Světelný režim

Světelný režim je pro kapra obecného a většinu kaprovitých ryb druhotný environmentální faktor s ohledem na pohlavní dospívání a reprodukční cyklus. I přesto se ale ukázalo, že při standardní teplotní stimulaci lze světelným režimem upravit období nástupu pohlavní dospělosti či nástup výtěrové fáze reprodukčního cyklu. Ve většině případů bylo zkrácení světelného režimu stimulující pro počátek oogeneze, pro dokončení vývoje gonád bylo naopak nejvhodnější prodloužení světelného režimu (Wang a kol., 2010). Davies a kol. (1986) zkoumali indukci pohlavní dospělosti manipulováním teploty a světelného režimu u koi kaprů. Ti byli drženi při teplotě 16 °C a krátké (12S = světlo)/12T = tma) nebo dlouhé fotoperiodě (16S/8T). Po 3 měsících byly ryby přemístěny do vody s teplotou 24 °C s krátkým nebo dlouhým světelným režimem. Většina samic přemístěných z fotoperiody 12S/12T do 16S/8T se prakticky hned vytřela, zatímco samice přemístěné ze světelného režimu 16S/8T do 12S/12T nikoliv. Obdobně samice přemístěné ze světelného režimu 16S/8T do stejného režimu s teplotou vody 24 °C se vytřely, ale samice chované ve světelném režimu 12S/12T se ve stejném světelném režimu po přemístění do vody o teplotě 24 °C nevytřely. Pokud ale byly samice drženy ve světelném režimu 16S/8T po dobu 6 měsíců a poté přemístěny do světelných podmínek 12S/12T při teplotě vody 24 °C, k výtěru již došlo. Samice byly totiž již v pozdější fázi reprodukčního cyklu a zkrácení světelného režimu na ně nemělo inhibující účinek. Rozdíly při dosahování fází reprodukčního cyklu s využitím manipulace světelného režimu byly pozorovány i u střevličky východní (*Pseudorasbora parva*) (Zhu a kol., 2014) nebo plotice obecné (*Rutilus rutilus*) (Ammar a kol., 2020).

Významné úspěchy s manipulací nástupu pohlavní dospělosti či výtěrové fáze reprodukčního cyklu byly dosaženy u lososovitých ryb, u kterých je světelný režim pokládán v tomto ohledu za hlavní environmentální faktor. Využitím nepřetržitého, konstantně prodlouženého, konstantně zkráceného světelného režimu či jejich kombinací se podařilo v závislosti na druhu ryby a období aplikace prodloužit či zkrátit nástup pohlavní dospělosti či výtěr ryb o několik měsíců až jeden rok (Duston a Bromage, 1986, 1987; Randall a Bromage, 1998; Davies a kol., 1999; Bromage a kol., 2001; Good a kol., 2016; Liu a Duston, 2016, 2018; Lundová a kol., 2018). U okounovitých ryb se zdá, že výrazné prodloužení světelného režimu oddaluje nástup pohlavního dospívání a naopak (Begtashi a kol., 2004; Migaud a kol., 2006; Rodriguez a kol., 2001; Abdulfatah a kol., 2011; Shewmon a kol., 2007; Ammar a kol., 2015).

3. VLASTNÍ POPIS METODIKY

Z předchozího textu vyplynulo, že generační interval u kapra obecného bez využití jiných biotechnologických postupů (např. manipulace se zárodečnými buňkami) můžeme teoreticky zkrátit z běžných 4-5 let v podmínkách ČR až na přibližně 14 měsíců. S ohledem na účel a ekonomiku chovu ale varianta rychlého zkrácení generačního intervalu připadá v úvahu pouze u velmi cenných ryb, jakými mohou být např. kapři koi a za podmínek chovu ryb v intenzivních podmínkách prakticky po celou dobu jejich života. I tak by první reprodukce velmi pravděpodobně připadla do mimosezónního období (červenec, srpen), což je pro následný chov ryb v rybnících nevýhodné. Proto budou nastíněny pouze ty možnosti zkrácení generačního intervalu, kdy ryby můžeme vytírat v rámci standardního výtěrového období. Tato metodika je totiž zaměřena na zkrácení generačního intervalu kapra obecného za účelem zvýšení efektivity selekčního programu v rybníčních podmínkách. V tomto případě se nabízí možnost zkrácení generačního intervalu na tři, za jistých okolností i na dva roky (viz komentář 1).

Komentář 1

Selekce, tedy výběr budoucích generačních ryb pro založení nové generace, v rámci selekčního programu se musí provádět v období, kdy je to efektivní. Chceme-li tedy selekčním programem zvyšovat hmotnost ryb v tržní velikosti, je potřeba provádět výběr budoucích rodičů v období dosažení jejich tržní velikosti (1,5-2,0 kg). To je v podmínkách ČR po třetí až čtvrté vegetační sezóně. Výběr je možno provést i dříve, pokud mezi hmotností ryb v tržní velikosti a mladšími rybami existuje velmi významná genetická korelace. Předchozím výzkumem bylo zjištěno, že taková korelace existuje mezi rybami po druhé (věk. kategorie K_2) a třetí vegetační sezóně (věk. kategorie K_3). Mezi K_1 (ryba po první vegetační sezóně) a K_3 ale taková genetická korelace neexistuje (Prchal a kol., 2018b). Před realizací selekce musí být ryby rovněž chovány za podmínek chovu, kde chceme selekční program aplikovat. Jiné podmínky můžeme využít pouze v případě, nedojde-li jejich využitím k dominanci jiných genotypů než při rybníčním chovu v daných podmínkách (tzn. mezi genotypy a uvažovanými odlišnými podmínkami prostředí nesmí existovat významná interakce). Více viz metodika Prchal a kol., 2021a. O interakcích u růstu kapra obecného mezi RAS a rybníčním prostředím toho ale zatím mnoho nevíme. Proto je zatím nutné před aplikací selekce chovat ryby pouze v rybníčních podmínkách, a to do věkové kategorie K_2 . Následně je možné využít podmínky pro urychlení pohlavního dospívání a ryby reprodukovat ve věku dvou či tří let.

Ve všech případech je u kapra obecného pro dosažení pohlavní dospělosti podstatná teplota vody. Je potřeba zajistit, aby ryby „nasbíraly“ 12500 °D, kdy minimální denní teplota vody přesáhne 15 °C. To by mělo být zárukou toho, že 90 % všech samic kapra obecného jakéhokoli plemene chovaného v ČR bude pohlavně zralých. Jedná se o horní hranici hodnoty uváděné Horváthem (1985) a hodnotu potvrzenou ve studii prováděné Kocourem a kol. (2021). S ohledem k zajištění předání podstatné části genofondu do další generace je podmínka dosažení min. 90 % pohlavně zralých samic zcela zásadní. Při takovém procentu pohlavně zralých samic lze předpokládat prakticky 100 % pohlavně zralých samců. Společně s nasbíráním požadovaných denních stupňů teploty vody, je samozřejmě důležité zajistit i dobré životní podmínky (výživa, kvalita vody, welfare, zdravotní stav), neboť i ty se spolupodílejí na úspěšném a včasném pohlavním dospívání ryb.

Komentář 2

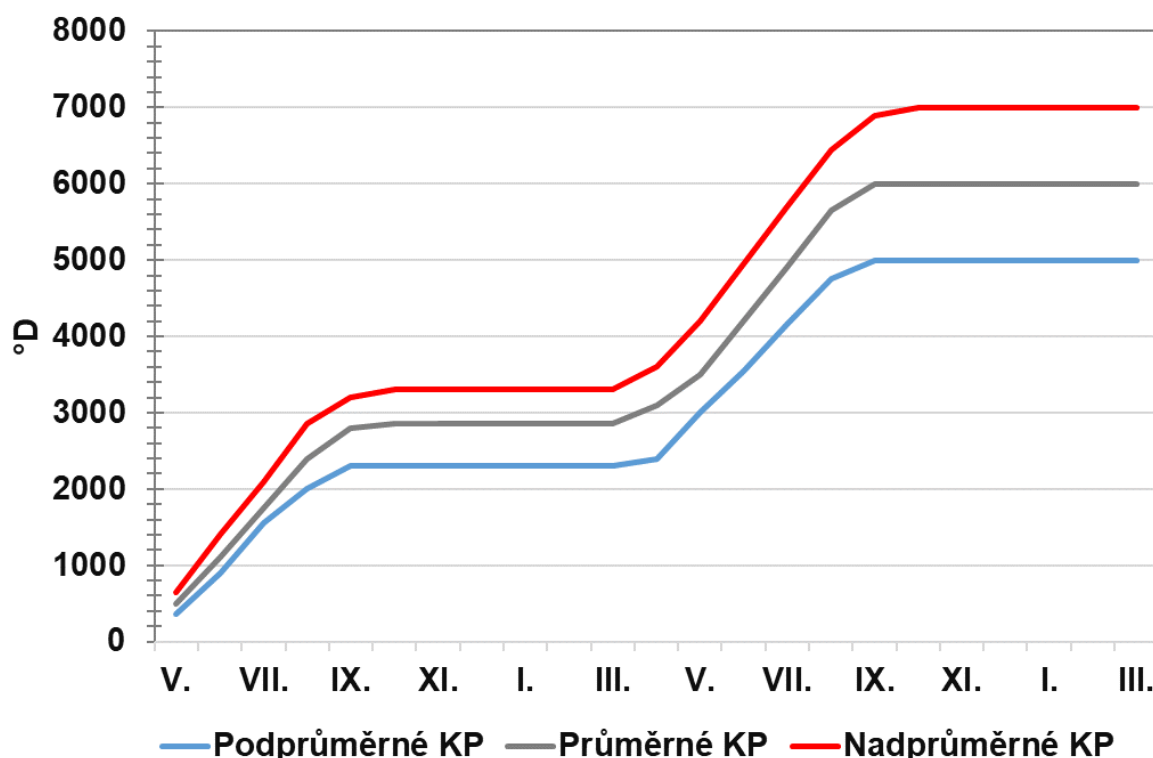
V předchozích studiích (Prchal a kol., 2018b, 2021b) bylo zjištěno, že u kapra obecného může činit průměrný genetický zisk u rychlosti růstu při selekčním tlaku 10 % a období selekce ve věkové kategorii K_2 kolem 8 % za generaci. Níže pro přehlednost uvádíme, jak by se v průběhu 20 let selekčního programu při různé délce (5, 3 a 2 roky) generačního intervalu (L) vyvíjela kumulace genetického zisku při počáteční průměrné tržní hmotnosti ryb 1500 g a délce produkčního cyklu tržních ryb 3 roky.

Trvání selekčního programu	L = 5	L = 3	L = 2
<i>První selekční výzva (K_2)</i>	1500	1500	1500
1. rok	1500	1500	1500
2. rok	1500	1500	1500
3. rok	1500	1500	1620
4. rok	1500	1620	1620
5. rok	1500	1620	1750
6. rok	1620	1620	1750
7. rok	1620	1750	1890
8. rok	1620	1750	1890
9. rok	1620	1750	2041
10. rok	1620	1890	2041
11. rok	1750	1890	2204
12. rok	1750	1890	2204
13. rok	1750	2041	2380
14. rok	1750	2041	2380
15. rok	1750	2041	2571
16. rok	1890	2204	2571
17. rok	1890	2204	2776
18. rok	1890	2204	2776
19. rok	1890	2380	2999
20. rok	1890	2380	2999

Z tabulky je patrné, že za 20 let trvání selekčního programu by rozdíl v průměrné tržní hmotnosti ryb (v případě rovnoměrného nárůstu využití přirozené produkce rybníka) při běžném a dvouletém generačním intervalu činil 1109 g a byli bychom schopni za tři roky chovu získávat rybu tržní kategorie výběr (nad 2500 kg).

Opatření na zkrácení generačního intervalu u kapra obecného při selekčním šlechtění lze jako pozitivní a potřebné shledávat v tom, že dojde k urychlení celého selekčního programu, rychlejší kumulaci genetického zisku (viz komentář 2), a to se ve výsledku projeví i ve zlepšení ekonomiky celého procesu. Jak již bylo naznačeno, generační interval lze zkrátit na tři a za určitých okolností teoreticky i na dva roky z původních 5 let. Podstatnou roli v tom hrají klimatické podmínky. Na území ČR mohou ryby za dvě vegetační sezóny, po nichž lze u kapra obecného v podmínkách ČR smysluplně realizovat selekci, nasbírat přibližně mezi 5000 – 7000 °D (Obr. 1). Tyto údaje vycházejí z dlouhodobých měření teplot vody registračními teploměry v rybnících na území ČR. Bylo zjištěno, že v nejteplejších oblastech může teplota vody nad 15 °C v rybnících přetrvávat až 180 dní v roce, zatímco v těch chladnějších pouze 135 dní. Během této periody se průměrná teplota vody pohybuje nejčastěji mezi 18,5 – 19,5 °C. Jelikož významnou roli mohou hrát i aktuální klimatické podmínky, je vhodné instalovat do rybníků,

kde se chovají obsádky určené pro selekční program, registrační teploměry. Na základě údajů z těchto teploměrů je pak možné zvolit další strategii.



Obr. 1. Kumulativní vývoj průměrných denních stupňů ($^{\circ}D$) s teplotou nad $15^{\circ}C$ u kapra obecného chovaného v různých klimatických podmínkách (KP) ČR během prvních dvou vegetačních období.

3.1. Měření teploty vody v rybnících před realizací vlastní selekce

Pro měření teploty vody v rybnících doporučujeme využít tzv. elektronické záznamníky teplotních dat nebo také data loggery či registrační teploměry. V nabídce jsou modely v nerezových (doporučeno, viz Obr. 2) či plastových pouzdrech s možností instalace do vody do hloubky až několika metrů. Záznamníky vypadají zpravidla jako válečky o délce kolem 10 cm a průměru 2 cm a mohou zaznamenávat aktuální teplotu vody v intervalu od 1 s do 12 hod. Záznamníky mají dostatečný teplotní rozsah a baterie (integrovaná nebo vyměnitelná, dobíjecí nebo jednorázová) vydrží zpravidla několik měsíců až let. Dobu měření a interval záznamu teploty lze nastavit před instalací záznamníků s využitím příslušného programu (zpravidla volně dostupný) v počítači. Do počítače také stahujeme záznamy o změřené teplotě s využitím USB (přímým zapojením nebo přes IrDA) či technologie bluetooth. Data lze zpravidla převádět do různých formátů a otevřít je např. i v MS Excel. V době přípravy této metodiky se ceny registračních teploměrů pohybovaly mezi 3800 – 5000 Kč za ks v závislosti na typu a počtu pořízených kusů.

Pro účely zjištění průměrné denní teploty vody doporučujeme nastavení intervalu měření 1-2 hod. (24-12 hodnot za den). Teploměr by měl být instalován do hloubky přibližně 1 m, resp. do průměrné hloubky příslušného rybníka, a neměl by ležet na dně. Optimální je jeho přivázání na provázek (na zařízení je zpravidla očko) a jeho připevnění na tyč, kůl, případně

k větvi stromu či keře nad hladinou nebo k části výpustního zařízení rybníka. Vhodné je si dobře označit místo instalace a teploměr instalovat tak, aby byl těžko dostupný či viditelný, čímž minimalizujeme jeho odcizení a ztrátu dat. Optimální je užít na jeden rybník alespoň dva teploměry a instalovat je na různá místa pro možnost porovnání dat. Můžeme tím také lépe eliminovat ztrátu dat při chybných měřeních, poruše či odcizení jednoho z teploměrů.

Ze získaných dat, například v MS Excel, vyfiltrujeme období, kdy průměrná denní teplota vody překročila 15 °C a vyjádříme jej počtem dní. V rámci daného období spočítáme průměrnou denní teplotu a vynásobením počtu dní a průměrné denní teploty zjistíme počet nabíraných denních stupňů (°D).



Obr. 2. Ukázka nerezových typů registračních teploměrů.

3.2. Chov ryb před realizací vlastní selekce

Chov ryb v rybnících před selekcí by měl probíhat za podmínek chovu obvyklých pro užitkové obsádky kapra na lokalitě (podniku), kde je aplikován selekční program. Typický systém chovu kapra obecného v podmínkách ČR je popsán např. Hartmanem a Regendou (2016). Pokud bude budoucí generační hejno ryb sestavováno z obsádek ryb z různých rybníků, je potřeba mít přehled o nasbíraných teplotách (v °D) ze všech takových rybníků a další opatření na zkrácení generačního intervalu volit podle ryb s nejnižším počtem nasbíraných °D. Chov ryb v rybnících probíhá do věkové kategorie K₂, kdy ryby dosahují průměrné hmotnosti nejčastěji v rozmezí 200 – 500 g. Vzhledem k tomu, že selekce v této věkové kategorii u větších ryb lépe koreluje se situací, která by byla u ryb v tržní velikosti, a jelikož i velikost ryb částečně ovlivňuje stupeň vývoje gonád (viz úvod do problematiky),

snažíme se chov realizovat tak, aby dosažená hmotnost ryb byla co největší- Lze toho dosáhnout **volbo** úrodnějších rybníků v rámci dané lokality, podporou tvorby přirozené potravy, vhodného plánu příkrmování, adekvátními obsádkami ryb apod.

3.3. Vlastní selekce ryb

Selekci ryb provádíme u ryb ve věkové kategorii K₂ (po druhé vegetační sezóně). Selekcii můžeme realizovat buď na podzim (ihned po konci vegetační sezóny) nebo na jaře (po komorování ryb před začátkem třetí vegetační sezóny), a to v závislosti na našich možnostech, potřebách a zvolené strategii zkrácení generačního intervalu:

- V případě zkrácení generačního intervalu na 2 roky, je nutné selekci provést v průběhu měsíce září.
- V případě zkrácení generačního intervalu na 3 roky, můžeme selekci provést na podzim i na jaře dle našich možností.

Způsoby a možnosti provádění selekce ryb v rámci selekčního programu u kapra obecného v podmínkách rybníčního chovu ČR jsou detailně popsány v certifikovaných metodikách Kocoura a kol. (2010) a Prchala a kol. (2021). Počet ryb, které selekcí získáme, se odvíjí od potřeby váčkového plůdku pro užitkové chovy. Na druhou stranu s ohledem na zachování genetické diverzity a minimalizaci inbrídingu nesmí být počet generačních ryb k reprodukci za žádných okolností nižší než 120 ks (Flajšhans a kol., 2009). Vzhledem k možným ztrátám během odchovu v období mezi selekcí a umělým výtěrem ryb se doporučuje mít k dispozici po selekci min. 130-150 ks ryb.

Komentář 3. Seznam publikačních výstupů z metodické řady FROV JU, které se zabývají RAS a aspekty chovu v RAS, jež jsou využitelné i pro chov kapra obecného v RAS.

Název práce	Reference
Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb	Kouřil a kol., 2008
Provozní manuál sloužící k efektivnímu provozu intenzivní akvakultury využívající RAS	Polícar a kol., 2018a
Nové postupy a technologické komponenty a možnosti jejich využití v akvakultuře.	Polícar a kol., 2018b
Technologie a technické prvky recirkulačních akvakulturních systémů pro chov ryb	Stejskal a kol., 2018
Řešení zdravotní problematiky v intenzivních chovech ryb využívajících RAS (recirkulační akvakulturní systém)	Kolářová a kol., 2019

3.4. Chov ryb po selekci

Po selekci potřebujeme ryby co nejdříve převést a odchovávat při teplotě vody 20 – 30 °C. V našich podmínkách přichází v úvahu prakticky jediný možný způsob, a to chov ryb v interním recirkulačním akvakulturním systému (RAS), neboť teplota vody ve venkovních podmínkách bude na jaře (březen – duben) i na podzim (září-listopad) podstatně nižší. Cílem předkládané metodiky není popsat typy a technologii RAS ani způsob chovu ryb v RAS. Tato problematika byla dostatečně popsána v předešlých metodikách (komentář 3). Metodika rovněž spoléhá na to, že zkrácení generačního intervalu u kapra obecného bude prováděno těmi subjekty, které mají funkční RAS, nebo které mají možnost využít vhodný, funkční a zavedený RAS druhé

strany. V metodice se zaměřujeme na ty aspekty chovu kapra obecného v RAS, které vnímáme vzhledem k účelu chovu ryb v RAS, tedy brzkému dosažení pohlavní dospělosti, za důležité a zásadní.

3.4.1. Nasazení ryb do RAS, kvalita vody v RAS

Před vlastním nasazením vybraných ryb do RAS je nezbytné aplikovat v manipulačních nádržích preventivní a léčebné koupele. Bližší podrobnosti jsou popsány Kolářovou a Svobodovou (2009) a Kolářovou a kol. (2016). V našem případě se osvědčilo následující schéma:

- Po skončení manipulace s rybami koupel v manganistanu draselném (hypermangan, KMnO_4) v dávce $0,01 \text{ g.l}^{-1}$ vody po dobu 60 – 90 min. Koupel může být aplikovaná ve stejné vodě, na které byly ryby drženy během realizace selekce. Koupel lze 2-3 x opakovat v intervalu 1-2 dnů.
- S odstupem 1-2 dnů od předešlé koupele následuje koupel s využitím 36 – 38 % formaldehydu v dávce $0,025 \text{ ml.l}^{-1}$ vody po dobu 3-5 dní. Vzhledem k postupnému přirozenému odbourávání formaldehydu se doporučuje každý den přidat do vody polovinu původní dávky. Koupel ve formaldehydu by měla být již prováděna ve vodě prosté patogenů (voda z RAS, kde budou ryby chovány, voda z vrtu, pitná voda apod.) ale mimo systém RAS nebo v karanténní nádrži RAS, je-li k dispozici. Během koupele ve formaldehydu je ryby možné krmit kompletní krmnou směsí (viz kap. 3.4.5.) v dávce do 0,5 % hmotnosti obsádky denně. Pokud je rozdíl mezi teplotou vody v manipulačních nádržích a v RAS vyšší než 10°C , a máme-li takové technické možnosti, zvyšujeme postupně i teplotu vody, a to cca o 2°C denně.

V době převozu ryb do RAS nesmíme zapomenout na možný rozdíl teplot a chemismu mezi vodou, ve které byly ryby drženy, a v RAS, kam budou ryby vysazeny. Podle období nasazení a teploty vody v RAS může být rozdíl teplot vody $5 - 20^\circ\text{C}$. Kapr ve věkové kategorii K_2 je tolerantní druh a snese relativně velké rozdíly v chemismu vody (např. rozdíl pH až 2 body) a v teplotách vody (až 10°C). V každém případě je rychlé vysazení ryb z jedné vody do druhé s vysokými rozdíly v teplotě vody i chemismu velkou stresovou zátěží, která se nutně nemusí projevit okamžitě, ale s odstupem i několika dní. Kvůli tomuto stresu může dojít k oslabení ryb a pozdějšímu rozvoji různých onemocnění či metabolických poruch. Je proto nezbytné, minimalizovat stresovou zátěž vzniklou rozdílem kvality vody. Pokud nemůžeme zvyšovat teplotu vody již v době koupelí před převozem ryb na RAS, začneme s adaptací ryb v den převedení ryb na RAS tím, že v přepravní bedně či jiné velikostně odpovídající manipulační nádrži o hustotě ryb do 200 kg.m^{-3} namícháme vodu z RAS a ze stávajícího prostředí v takovém poměru, aby se výsledná teplota vody lišila od té, kde jsou ryby, max. o 5°C . Ryby do této vody umístíme, zajistíme alespoň 80 % saturaci kyslíku ve vodě (např. provzdušňováním, oxygenací) a ponecháme je tam 1 – 2 hod. Pokud je rozdíl teplot vody v nádrži a RAS, kam chceme ryby převádět vyšší než 5°C , přidáme do nádrže po 1 hod. další vodu z RAS tak, aby rozdíl činil max. 5°C . V mezech pozorujeme chování ryb a při jakémkoliv náznaku zvláštního chování jako jsou apatie, pokládání ryb na bok, intenzivní skákání ryb, troubení apod. ryby okamžitě vrátíme do původní vody a po jejich stabilizaci postup opakujeme s nižším poměrem míchání, než byl ten původní.

Další doporučované parametry při nasazování kapra obecného do RAS, se kterými se chovatel standardně potýká, jsou uvedeny v Tab. 3.

Tab. 3. Doporučované parametry při nasazování K_2 do RAS při zahájení zkracování generačního intervalu. L – generační interval. Níže uvedené parametry kvality vody je potřeba udržovat po celou dobu chovu. Při překročení limitů je nutno situaci řešit.

Parametr	Hodnota parametru	Poznámka
Velikost nádrží (objem vody)	$\geq 1 \text{ m}^3$	
Tvar nádrží	Kruhový s kónickým dnem a roštem nad ním	Snadné samovolné odkalování. Tvar nádrže ale obecně není klíčový.
Počáteční hustota obsádky	$20 - 30 \text{ kg.m}^{-3}$	
Teplota vody	$18 - 28 \text{ }^\circ\text{C}$	Po adaptaci na vodu v RAS a s ohledem na naše možnosti a stanovený L (kap. 3.4.2.). Po dosažení pohlavní dospělosti viz kap. 3.4.7.
Kvalita vody - relativní nasycení vody kyslíkem - pH - amoniak (NH_3) - chloridy (Cl^-) - dusitany (NO_2^-) - dusičnany (NO_3^-)	80-100 % 6,5-8,5 $< 0,05 \text{ mg.l}^{-1}$ $> 100 \text{ mg.l}^{-1}$ Poměr $\text{Cl}^- : \text{NO}_2^- > 100$ $< 200 \text{ mg.l}^{-1}$	Se vzrůstající teplotou vody se snižuje rozpustnost kyslíku ve vodě. Při pH nad 8,5 se výrazně zvyšuje podíl toxického nedisociovaného amoniaku. Podíl nedisociovaného NH_3 na celkové koncentraci amoniakálního dusíku závisí na teplotě vody a pH (se vzrůstající teplotou a pH jeho podíl roste). Je to z důvodu ochranné funkce chloridů vůči toxicitě dusitanů. Přídavkem 0,165 g kuchyňské soli na 1 litr vody zvýšíme koncentraci chloridů ve vodě o 100 mg.l^{-1} . Viz chloridy (Svobodová a kol., 2005). Toxicita dusičnanů je obecně nízká, ale může být ovlivněna dalšími parametry. Uvedená hodnota by měla být bezpečná za všech okolností.
Způsob dezinfekce vody	Ozonizace	Efektivní metoda, která zajistí čistou vodu v RAS a snazší kontrolu a odchyt ryb.

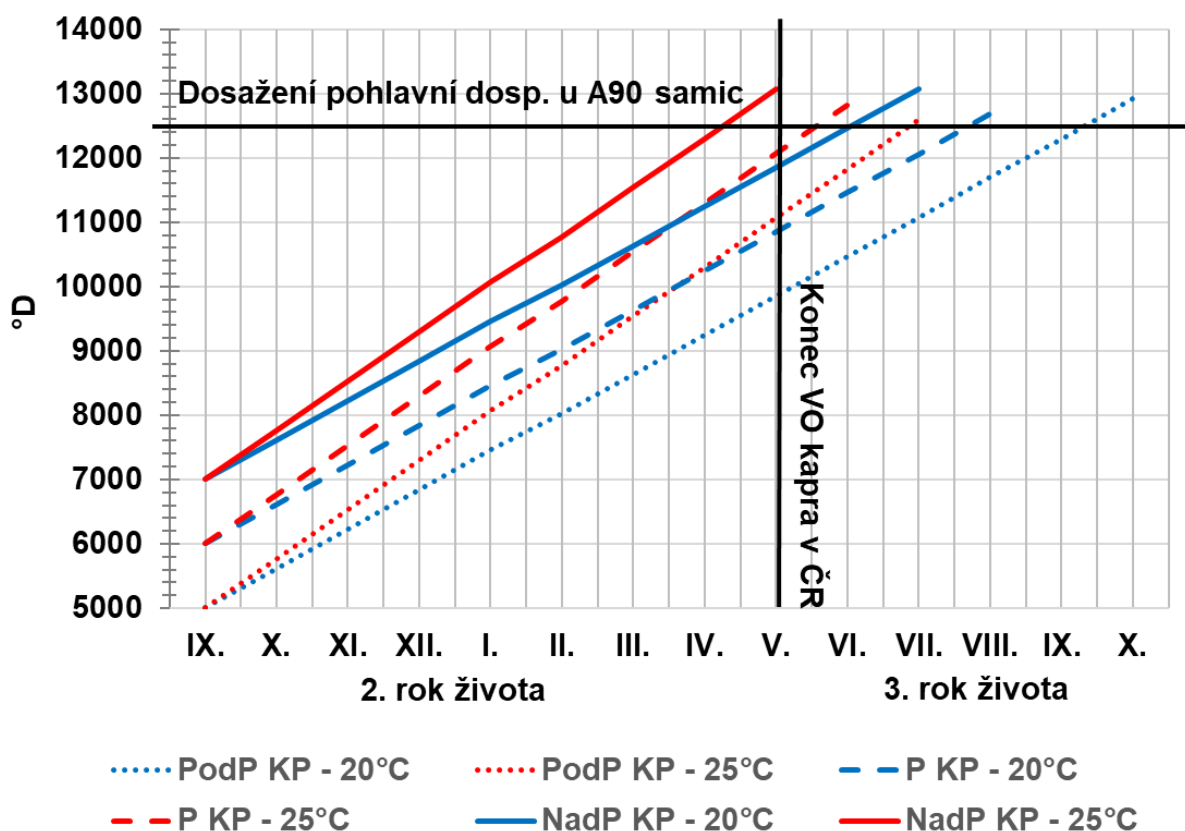
3.4.2. Teplota vody

Teplota vody během chovu kapra obecného v RAS je z pohledu navození pohlavní dospělosti zásadní. Na druhou stranu je potřeba zohlednit případnou ekonomickou náročnost ohřevu vody v RAS. Požadovanou teplotu vody tedy můžeme odhadnout dle záznamů o vývoji teplot vody v rybníce, kde byly ryby chovány před selekcí a věku ryb, ve kterém chceme dosáhnout jejich pohlavní dospělosti.

3.4.2.1. Dosažení pohlavní dospělosti u kapra obecného ve věku dvou let

Chceme-li zkrátit generační interval na dva roky, je nutné realizovat selekci ryb na podzim (září) po druhé vegetační sezóně a v RAS udržovat od října do dubna následujícího roku teplotu vody $25 - 30 \text{ }^\circ\text{C}$. Zkrácení generačního intervalu na 2 roky je v podmínkách ČR možné pouze u ryb chovaných před umístěním do RAS v klimaticky teplejších oblastech ČR (Obr. 3). Pouze

z těchto oblastí „nasbírají“ ryby v RAS do konce standardního výtěrového období kapra obecného (do konce května) následujícího roku dostatečný počet denních stupňů (12500 °D), abychom si byli jisti, že alespoň 90 % všech samic bude pohlavně dospělých. Pokud nejsme schopni udržovat teplotu vody v RAS na úrovni 25 °C a více, anebo ryby chovem v rybnících nenasbírají nad 6900 °D (viz kap. 3.1.), je šance na zkrácení generačního intervalu kapra na dva roky nízká. Šance na výtěr ve věku dvou let by se zvýšily tam, kde by samicím kapra stačilo nasbírat méně než 12500 °D. Horváth (1985) udává, že samicím může pro dosažení pohlavní dospělosti stačit nasbíráni i kolem 10000 °D. Proto je potřeba pravidelně sledovat vývoj gonád ryb (viz kap. 3.4.6.). Další alternativou je oddálení umělého výtěru kapra na konec června. Pak bychom mohli s velkou pravděpodobností vytírat i ryby pocházející z průměrných klimatických podmínek ČR, které představují lokality s nadmořskou výškou do 450 m n. m. (Obr. 3).



Obr. 3. Simulace kumulace denních stupňů (°D) po umístění ryb z různých klimatických podmínek do RAS v září a jejich chovu při průměrné teplotě vody 20 a 25 °C. **P** – průměrné, **KP** – klimatické podmínky, **VO** – výtěrové období.

Při oddálení umělého výtěru na konec června ale musíme počítat s:

- horšími podmínkami pro odchov váčkového plůdku kapra (K_0) v rybnících, které nelze napustit několik dní před vysazením K_0 . V červnu je totiž již přirozený vývoj planktonu v rybníčním ekosystému ve fází hrubého planktonu, který je pro K_0 příliš velký. Zároveň se v rybnících již mohou ve velké míře rozvinout nežádoucí druhy ryb (potravní konkurenti kapra obecného, dravé druhy ryb jako je okoun), které často do rybníků pronikají s přítokovou vodou.

- zkrácení vegetačního období a tím snížení počtu nasbíraných denních stupňů pro další generaci ryb v prvním roce života.

Šanci na zkrácení generačního intervalu kapra obecného na dva roky můžeme odhadnout následovně:

- Zjistíme počet nasbíraných °D příslušné obsádky kapra v období $K_0 - K_2$ (viz kap. 3.1.1.) (hodnota „A“)
- Výslednou hodnotu A odečtem od 12500 °D (hodnota, při které je s velkou pravděpodobností 90 % samic příslušné obsádky pohlavně dospělá) a dostaneme hodnotu B (počet °D, které ryby musejí ještě nasbírat pro dosažení pohlavní dospělosti).
- Hodnotu B vydělíme průměrnou teplotou vody v RAS (teplota musí být min. 15 °C), kterou jsem schopni či ochotni v systému udržovat. Tím dostaneme přibližný počet dní chovu ryb v RAS pro dovršení pohlavní dospělosti ryb.
- Dle počtu dní a doby nasazení ryb do RAS dopočteme orientačně období dovršení pohlavní dospělosti ryb.
- Rovněž můžeme hodnotu B vydělit počtem dní, po kterých chceme dosáhnout pohlavní dospělosti ryb. Tím zjistíme průměrnou teplotu vodu, kterou bychom museli v RAS udržovat. Je-li výsledek vyšší než 30 °C, dostáváme se nad teplotu, která je z fyziologického hlediska pro kapra dlouhodobě akceptovatelná.

3.4.2.2. Dosažení pohlavní dospělosti u kapra obecného ve věku tři let

Pokud uvažujeme o zkrácení generačního intervalu na tři roky, máme jednodušší výchozí pozici a v některých ohledech i lepší možnosti synchronizace výtěru příslušné populace generačních ryb. Je nutné si totiž uvědomit, že při dlouhodobém chovu kapra obecného po dosažení pohlavní dospělosti při teplotách stejných či vyšších, než je teplota vody při reprodukci ryb (20 °C a více), dojde k časovému roztažení výtěrového období jedinců v dané obsádce, tedy k rozrůznění individuálního reprodukčního cyklu. To je z pohledu účelu selekčního programu v rybníčních podmínkách nežádoucí. Je proto vhodné ryby po dosažení pohlavní dospělosti neponechávat v RAS a převést je zpět do rybníčních podmínek chovu, kde dojde k přirozené synchronizaci reprodukčního cyklu ryb. To lze lépe zajistit při zkrácení generačního intervalu na tři roky. Máme totiž k dispozici dvě zimní období, při kterých můžeme chovem v RAS zrychlit nasbírání potřebných 12500 °D s průměrnou denní teplotou vody nad 15 °C. Nabízejí se dvě základní alternativy:

- Dosažení pohlavní dospělosti do podzimu před umělým výtěrem na jaře následujícího roku.
- Dosažení pohlavní dospělosti do brzkého jara před umělým výtěrem na jaře stejného roku.

V prvním případě ryby selektujeme a nasazujeme do RAS ihned po skončení druhé vegetační sezóny (obdobně jako při zkracování generačního intervalu na dva roky) a chováme je tam do jara či brzkého léta následujícího roku v závislosti na:

- klimatických podmínkách, ve kterých jsou ryby chovány před užitím RAS a po něm.
- průměrné teplotě vody v RAS.

Jakmile průměrná denní teplota vody v rybnících dosáhne stabilně alespoň 17 °C, můžeme ryby kdykoliv vrátit do rybníčních podmínek chovu. Výhodou této metody je, že na podzim budou ryby již pohlavně dospělé a přirozené venkovní podmínky sami zajistí synchronizaci reprodukčního cyklu celé obsádky. Příprava ryb na výtěr ve věku K_3 v klasickém výtěrovém období pak na jaře před výtěrem bude stejná jako u běžných generačních ryb. Nevýhodou této metody jsou možné vyšší ztráty (predace, náhlá ohniska nemocí) ryb a omezená možnost

kontroly stavu generačních ryb v období od návratu ryb z RAS do rybníčního prostředí do jarního výlovu ryb před umělých výtěrem.

V druhém případě ryby selektujeme až po druhém zimním období (na jaře před začátkem třetí vegetační sezóny) a ryby umísťujeme do RAS přibližně v březnu až dubnu. Tím uměle prodloužíme třetí vegetační období. Ryby v RAS chováme buď až do dosažení pohlavní dospělosti (podzim či zima) nebo je můžeme na období nejteplejších měsíců (červen-srpen) vrátit do rybníčního prostředí, případně do jiných venkovních chovných systémů, a v brzkém září je opět umístit do RAS do příznivějších teplotních podmínek až do doby dosažení pohlavní dospělosti. Výhodou tohoto způsobu chovu je lepší dohled nad selektovanými rybami vybranými k reprodukci. Nevýhodou této metody je obtížnější převod generačních ryb po dosažení pohlavní dospělosti do rybníčního prostředí (případně zpravidla na zimu či časně z jara), případně potřeba delší doby chovu pohlavně zralých ryb v podmínkách RAS s rizikem rozrůznění stádií reprodukčního cyklu generačních ryb (např. v případě nemožnosti výraznějšího snížení teploty vody v RAS při současném chovu kapra obecného s teplomilnými druhy ryb).

V Tab. 4 jsou pro různé úrovně nasbíraných denní stupňů ryb do K_2 a různé průměrné teploty vody v RAS vyjádřeny počty dní chovu ryb v RAS do dosažení pohlavní dospělosti ryb, tedy do nasbírání 12500 °D.

3.4.3. Světelný režim

U kapra obecného je zásadní pro urychlení pohlavního dospívání teplota vody. V prvním období chovu ryb v RAS může být tedy nastaven takový světelný režim, který je pro daný provoz ekonomicky přijatelný či prostě nejvýhodnější. Vhodnou variantou je přirozený světelný režim, ale délka světelné fáze může být i výrazně kratší (2-4 hod. denně). Intenzita světla při denní fázi může být od 30 lx výše. Problémem není ani opakované rozsvěcování a zhasínání během dne dle potřeby obsluhy s ohledem na chod RAS. Vždy je ale vhodnější nastavení určitého světleného režimu, neboť časté změny světelných poměrů (délka světelné a temnostní fáze i intenzita světla) mohou působit jako stresový faktor, který může negativně ovlivnit vývoj gonád i zdravotní stav ryb.

V pokročilejší fázi vývoje samičích gonád, tedy ve stádiu zralosti, krátce před dosažením výtěrové fáze (při průměrné velikosti oocytů generačních ryb kolem 700 μm a GSI kolem 10) je nezbytné světelný režim upravit podle aktuální situace a potřeb (viz kap. 3.4.7.). Zkrácením světelného režimu pod 8 hod. denně totiž můžeme oddálit nástup výtěrové fáze o několik týdnů, a naopak jeho prodloužením nad 14 hod. můžeme o pár týdnů vývoj gonád urychlit.

3.4.4. Hustota obsádky

Počáteční doporučená hustota obsádky K_2 je uvedena v Tab. 3. Jedná se o kompromisní hodnotu mezi efektivitou využití vody v RAS, zajištěním přiměřené rychlosti růstu ryb a welfare ryb. Obecně platí, že kapr obecný není na hustotu obsádky příliš citlivý, co se týká negativní stresové odezvy. Na druhou stranu je potřeba říci, že kapr obecný nebyl, např. na rozdíl od pstruha duhového, domestikován na výrazně vysoké hustoty obsádek. V rybnících, kde se kapr obecný běžně chová, je konečná hustota obsádky standardně kolem 0,15 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ vody. Hustotu obsádky kapra obecného v RAS je tak možno nastavovat s přihlédnutím k:

Tab. 4. Vyjádření potřebného počtu dní chovu kapra obecného v RAS do dosažení pohlavní dospělosti ryb (při potřebě 12500 °D pro dosažení pohlavní dospělosti) v závislosti na průměrné teplotě vody v RAS a historii nasbíraných denních stupňů (°D) rybami předchozím chovem v rybnících (do věkové kategorie K₂).

		Průměrná teplota vody v RAS (°C)															
		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Nasbírané denní stupně (°D) před začátkem chovu ryb v RAS (v tis.)	4,8	513	481	453	428	405	385	367	350	335	321	308	296	285	275	266	257
	4,9	507	475	447	422	400	380	362	345	330	317	304	292	281	271	262	253
	5,0	500	469	441	417	395	375	357	341	326	313	300	288	278	268	259	250
	5,1	493	463	435	411	389	370	352	336	322	308	296	285	274	264	255	247
	5,2	487	456	429	406	384	365	348	332	317	304	292	281	270	261	252	243
	5,3	480	450	424	400	379	360	343	327	313	300	288	277	267	257	248	240
	5,4	473	444	418	394	374	355	338	323	309	296	284	273	263	254	245	237
	5,5	467	438	412	389	368	350	333	318	304	292	280	269	259	250	241	233
	5,6	460	431	406	383	363	345	329	314	300	288	276	265	256	246	238	230
	5,7	453	425	400	378	358	340	324	309	296	283	272	262	252	243	234	227
	5,8	447	419	394	372	353	335	319	305	291	279	268	258	248	239	231	223
	5,9	440	413	388	367	347	330	314	300	287	275	264	254	244	236	228	220
	6,0	433	406	382	361	342	325	310	295	283	271	260	250	241	232	224	217
	6,1	427	400	376	356	337	320	305	291	278	267	256	246	237	229	221	213
	6,2	420	394	371	350	332	315	300	286	274	263	252	242	233	225	217	210
	6,3	413	388	365	344	326	310	295	282	270	258	248	238	230	221	214	207
	6,4	407	381	359	339	321	305	290	277	265	254	244	235	226	218	210	203
	6,5	400	375	353	333	316	300	286	273	261	250	240	231	222	214	207	200
	6,6	393	369	347	328	311	295	281	268	257	246	236	227	219	211	203	197
	6,7	387	363	341	322	305	290	276	264	252	242	232	223	215	207	200	193
	6,8	380	356	335	317	300	285	271	259	248	238	228	219	211	204	197	190
	6,9	373	350	329	311	295	280	267	255	243	233	224	215	207	200	193	187
	7,0	367	344	324	306	289	275	262	250	239	229	220	212	204	196	190	183
	7,1	360	338	318	300	284	270	257	245	235	225	216	208	200	193	186	180
	7,2	353	331	312	294	279	265	252	241	230	221	212	204	196	189	183	177

- rychlosti růstu ryb.
- kvalitě vody v RAS.

Rychlost růstu ryb, vyjádřená veličinou „specifická rychlost růstu (SGR)“ (viz kap. 3.4.5.), je závislá i na hustotě obsádky. Přesný vztah mezi SGR a hustotou obsádky lze však těžko stanovit. Je závislý na mnoha faktorech a bude se lišit subjekt od subjektu. Pokud ale nebudeme s rychlostí růstu spokojeni, je možné jako jedno z vhodných opatření snížit hustotu obsádky. Z našich zkušeností vyplývá, že růst ryb se výrazněji zpomalil při biomase nad 80 kg ryb na 1 m³ vody v nádrži, nemusí to být ale vždy podmínkou. Pokud ryba dosáhne již vhodné velikosti pro umělý výtěr (z našeho pohledu je ideální hmotnost v době umělého výtěru ryb 3,0 – 5,0 kg) a dosáhla již pohlavní dospělosti krátce před výtěrovou fází, můžeme ryby chovat i při hustotách kolem 120 kg.m⁻³, za předpokladu zachování požadované kvality vody (viz Tab. 3).

Rovněž kvalita vody v RAS je ovlivněna i hustotou obsádky ryb. I zde platí, že rozdíly v hustotě obsádky a kvalitě vody se budou lišit dle zaběhnutí RAS, významnou roli hrají ale i intenzita krmení a teplota vody. Pokud se parametry kvality vody dostanou mimo rámec hodnot doporučených v Tab. 3, jako jedno z prvních a rychlých opatření se nabízí právě snížení hustoty obsádky ryb.

3.4.5. Krmení a růst ryb

V RAS doporučujeme krmit ryby výhradně kompletními krmnými směsmi (KKS). Na trhu je nabízeno krmivo různých výrobců určené pro kaprovité ryby i pro užití v RAS. Důvody užívání KKS v RAS jsou popsány v metodikách o RAS (viz komentář 3). Kapr obecný si na KKS ve věkové kategorii K₂ zvykne prakticky okamžitě, žádná adaptace s kombinací KKS a přirozené potravy není potřeba. Obdobně není nezbytné aplikovat období hladovění ani jiné způsoby stimulace ryb pro příjem KKS.

V době užití RAS dosahuje kapr obecný dostatečné velikosti pro příjem pelet o velikosti 6 mm. Tato velikost může být používána po celou dobu chovu ryb v RAS, i když později je samozřejmě možné přejít i na pelety o průměru 8-10 mm.

První 2-3 dny doporučujeme ryby krmit nižší relativní denní krmnou dávkou (DKD), a to kolem 0,5 % hmotnosti obsádky. Následně přecházíme na běžnou krmnou dávku dle doporučení výrobce pro příslušné krmivo a teplotu vody v RAS. Ta zpravidla činí 1,0 – 1,5 % hmotnosti obsádky. Úpravu množství krmiva, tedy přepočítání krmiva na aktuální biomasu ryb v nádrži, stačí provádět ve 2 – 3 týdenních intervalech. V případě opakovaného odchovu za obdobných podmínek postačí údaje z růstové křivky tří předchozích odchovů vypočtením průměrné hodnoty SGR. Pokud provádíme chov kapra obecného nově, pro výpočet nové absolutní DKD se řídíme následujícími doporučeními:

- Při deseti a méně kusech (ks) ryb v nádrži převážíme (jednotlivě nebo skupinově) všechny ryby.
- Při počtu ryb mezi 11-30 ks v nádrži převážíme min. 50 % (jednotlivě nebo skupinově) ryb v nádrži.
- Při počtu ryb 31-50 ks v nádrži převážíme min. 30 % (jednotlivě nebo skupinově) ryb v nádrži.
- Při počtu ryb 51-70 ks v nádrži převážíme min. 20 % (jednotlivě nebo skupinově) ryb v nádrži.
- Při počtu nad 70 ks v nádrži převážíme min. 10 % ryb v nádrži, a to jednotlivě nebo skupinově.

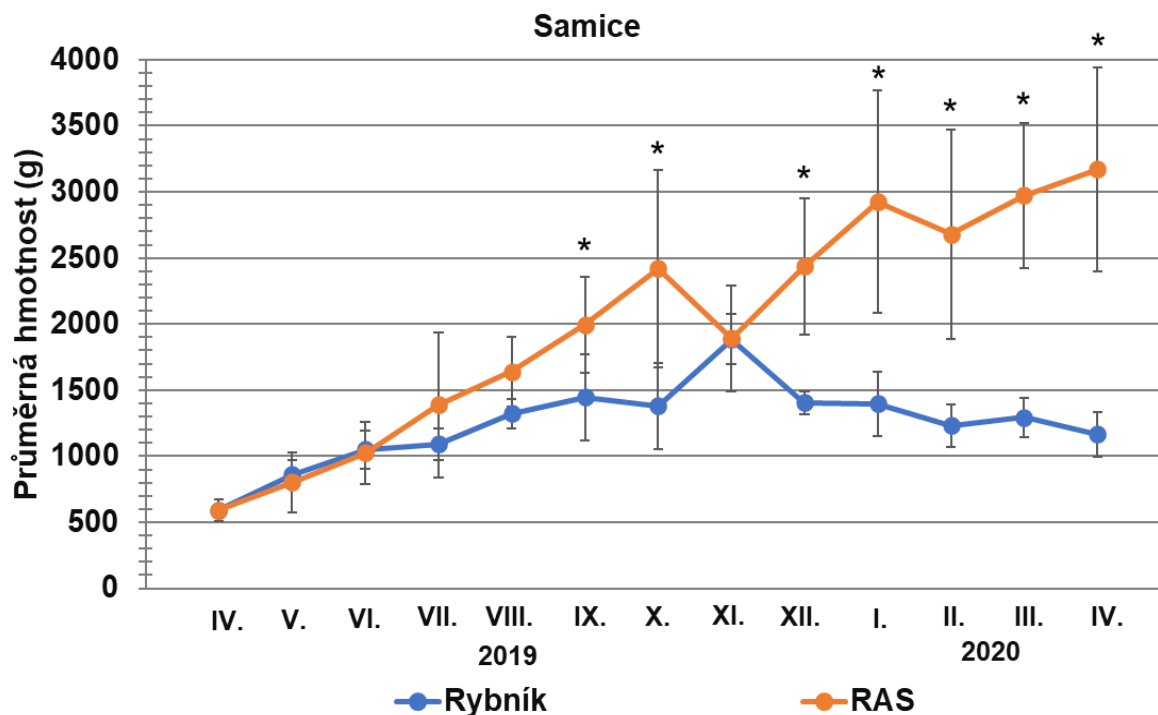
Ze zjištěné hodnoty vypočteme průměrnou hmotnost ryb v nádrži a vynásobíme ji počtem ryb v nádrži. Počet ryb známe z nasazení ryb a evidence o úhynech ryb z každé nádrže. Z vypočtené biomasy ryb dopočteme absolutní DKD na nádrž vynásobením užívané relativní DKD.

Krmit lze ručně 2 – 3x denně i s využitím automatických krmítek všemožných typů. Krmivo může být potápivé, pomalu potápivé i plovoucí, kapr si dobře zvyká na všechny typy. Osobně doporučujeme kombinaci plovoucího a potápivého krmiva. Plovoucí krmivo umožní kontrolovat příjem krmiva a případně i zdravotní stav ryb. Díky potápivému krmivu usnadníme příjem krmiva i těm rybám, které si na plovoucí krmivo hůře zvykají nebo které nejsou při příjmu krmiva na hladině dominantní. Kvůli možnosti kontroly příjmu krmiva a zdravotního stavu doporučujeme krmit spíše během světelné fáze, i když kapr je schopen krmivo přijímat i ve tmě.

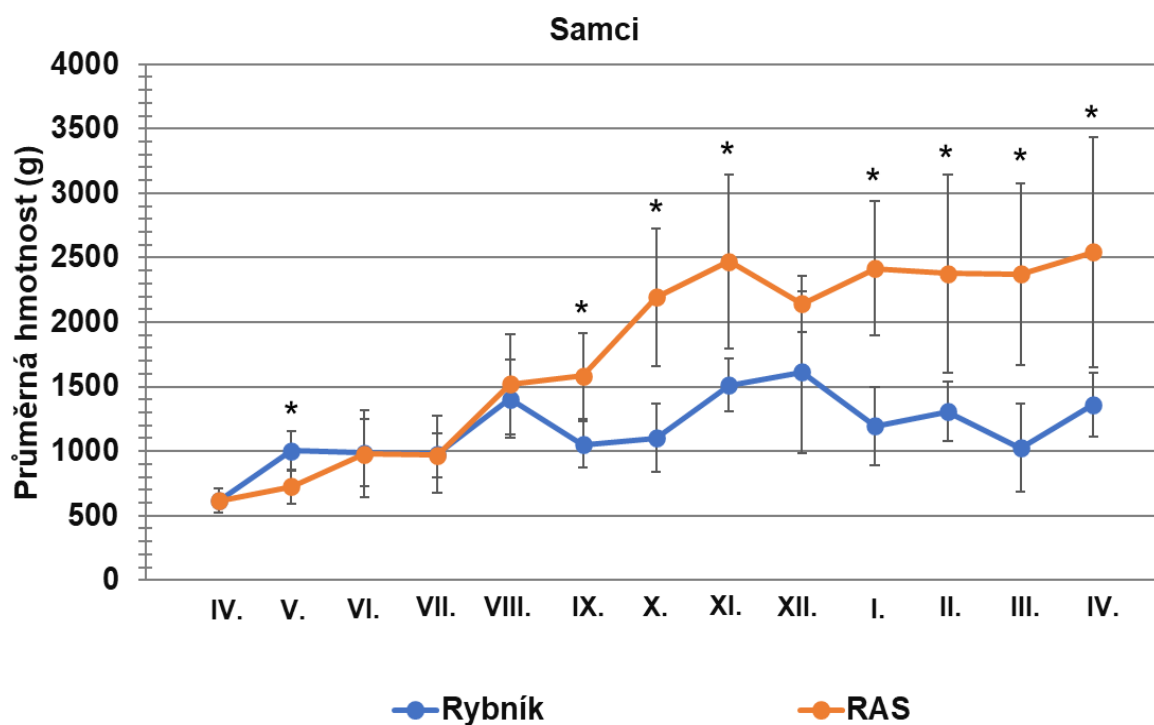
Vzhledem k tomu, že cílem chovu ryb v RAS není v tomto případě primárně dobrý růst ryb, ale rychlý vývoj kvalitních gonád, je nutné zabránit zbytečnému ztučnění ryb, při kterém hrozí zdravotní komplikace i zhoršení reprodukční schopnosti ryb. Doporučujeme podávat krmiva s obsahem proteinů na úrovni 42-48 % a obsahem tuků na úrovni 10-15 %. Samozřejmostí dnešních krmiv je i vyvážený obsah vitamínů, které ale můžeme v případně potřeby ke krmivu příležitostně přidávat. Zdá se, že většina krmiv renomovaných firem s výše uvedeným obsahem živin jsou dostatečná pro zabezpečení dobré kvality pohlavních buněk kapra (kap. 3.5.)

Co se týká rychlosti růstu ryb při využití RAS pro zkrácení generačního intervalu nejde o primární hledisko, na které se zaměřujeme. Kapr je sice ryba s poměrně dobrým růstovým potenciálem, není ale domestikována pro intenzivní chovy a standardní příjem KKS. S intenzitou růstu ryb lze jistě pracovat, důležitější než růst je ale celková nákladovost využití RAS pro zkrácení generačního intervalu. Nebudeme tedy hodnotit pouze efektivitu využití krmiva na jednotku hmotnosti přírůstku generačních ryb, ale především jeho efektivitu na množství získaných jiker (absolutní a relativní plodnost) a procento úspěšně vytřených jikernaček. Během našich experimentů (Kocour a kol., 2021) dosahovala průměrná SGR za dobu chovu ryb v RAS hodnoty 0,50 a FCR (z anglického „*Food Conversion Ratio*“) hodnoty 2,0. Na Obr. 4 – 7 je vidět vývoj průměrných hmotností ryb a kondičního stavu (FK) samic a samců v průběhu chovu ryb v RAS a v rybnících ve věkové kategorii $K_2 - K_3$, jak byly zaznamenány během studie prováděné Kocourem a kol. (2021). To vše při průměrné teplotě vody v RAS na úrovni 20,6 °C. Průměrná teplota vody v rybníce za sledované období činila 12,6 °C. Je nutné konstatovat, že dosažená hodnota FCR v RAS byla výrazně vyšší, než je pro použité krmivo předpokládáno. Hodnota FCR dle údajů výrobce měla být do 1,2, hodnota SGR byla naopak nižší. Ta se měla pohybovat kolem 1,0, což je hodnota dosahovaná u věkové kategorie $K_2 - K_3$ i v rybnících v průběhu vegetačního období. Bohužel tyto ne příliš ideální parametry dělají celý proces zkrácení generačního intervalu ekonomicky méně zajímavý. S ohledem k urychlení celého selekčního procesu se ale pořád vyplácí, zejména pokud se podaří generační interval zkrátit na 2 roky. Zlepšení ekonomiky chovu kapra v RAS vzhledem k FCR a SGR jsou tak asi největší výzvou. Nabízí se několik základních směrů testování:

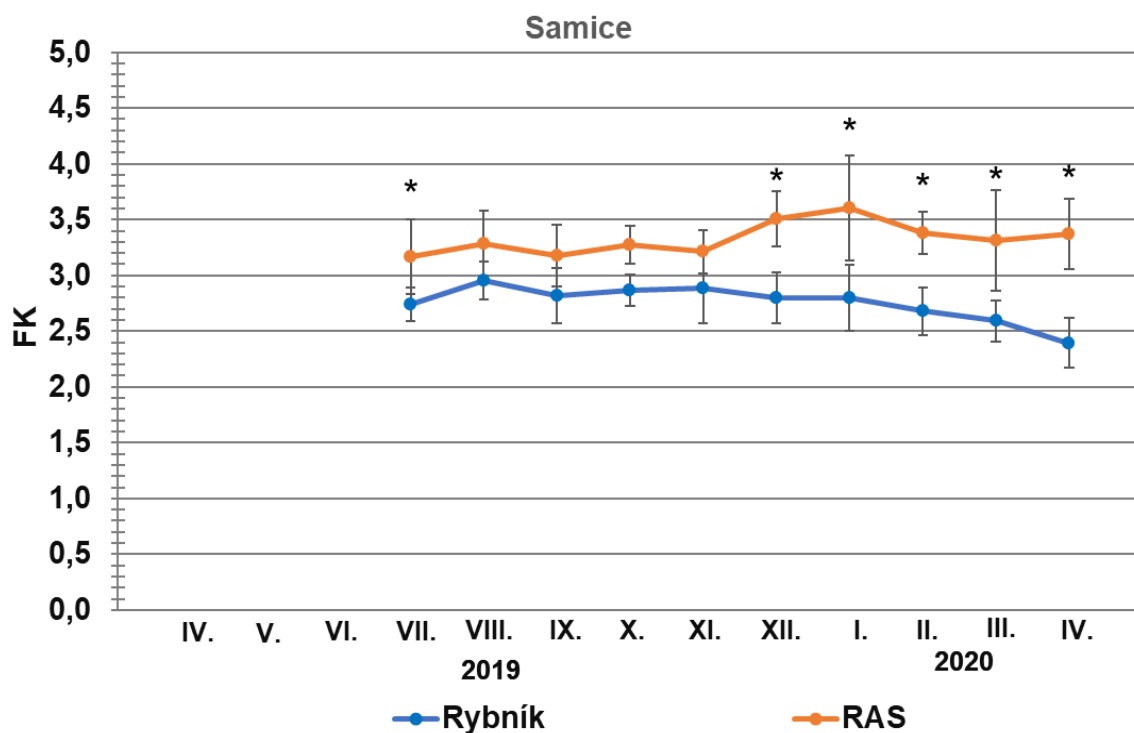
- Snížení DKD při teplotách vody kolem 20 °C nebo zvýšení teploty vody při zachování DKD na úrovni 1,5 %.
- Hledání ideálního poměru mezi obsahem proteinů a množstvím tuků při celkové stravitelné energii v KKS a zachování dobré reprodukční schopnosti ryb, kvůli níž celý odchov ryb v RAS realizujeme. V našem případě byl obsah proteinů v krmivu 42 % a obsah tuků 13 % (Grower 13-EF 6 mm, od firmy Alltech Coppens).
- Hledání ideální hustoty obsádky vzhledem k maximálním růstovým parametrům. V našem případě byla počáteční hustota 25 kg.m⁻³ a konečná hustota byla 85 kg.m⁻³.
- Hledání cenově nejdostupnějšího krmiva při dosažených hodnotách FCR a SGR při zohlednění dalších nákladů na chov ryb, zejména na ohřev vody, a reprodukčních parametrů vytíraných ryb.



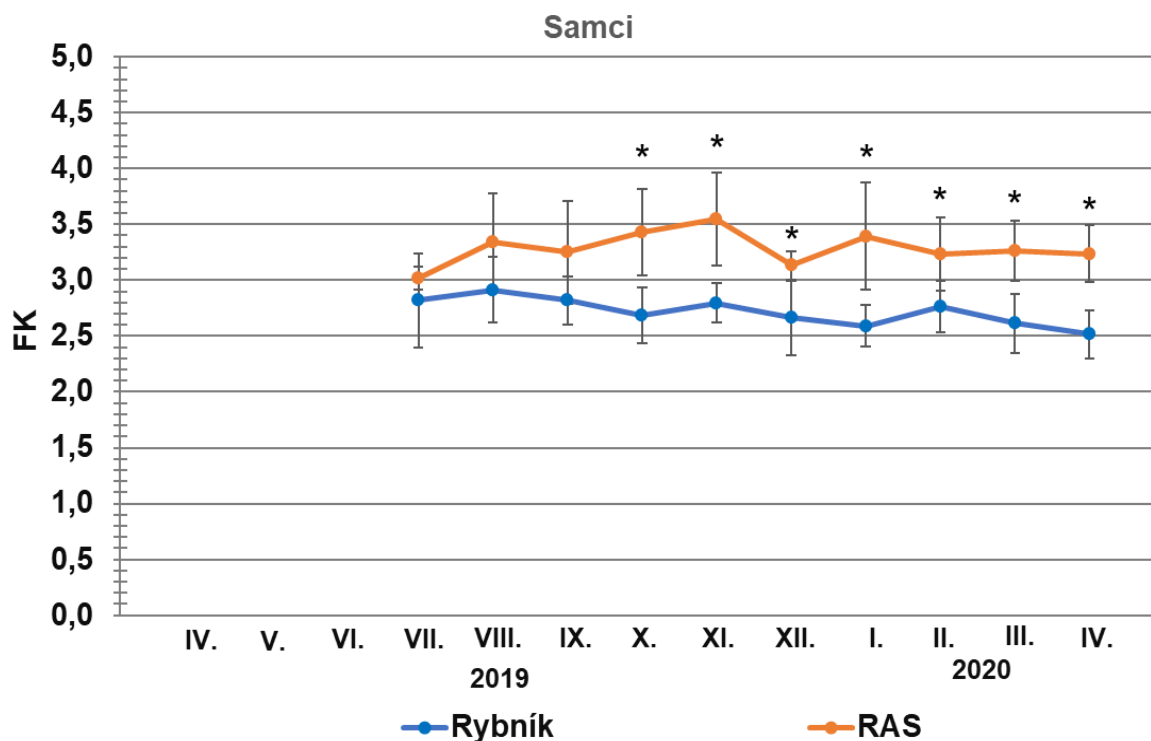
Obr. 4. Porovnání vývoje průměrné hmotnosti samic kapra obecného (plemeno AL, vodňanská linie) chovaných v RAS a v rybníce ve věkové kategorii $K_2 - K_3$. * - hodnoty v daném období jsou statisticky odlišné (jednofaktorová ANOVA, $\alpha = 0,05$; $n = 5-7$).



Obr. 5. Porovnání vývoje průměrné hmotnosti samců kapra obecného (plemeno AL, vodňanská linie) chovaných v RAS a v rybníce ve věkové kategorii $K_2 - K_3$. * - hodnoty v daném období jsou statisticky odlišné (jednofaktorová ANOVA, $\alpha = 0,05$; $n = 5-7$).

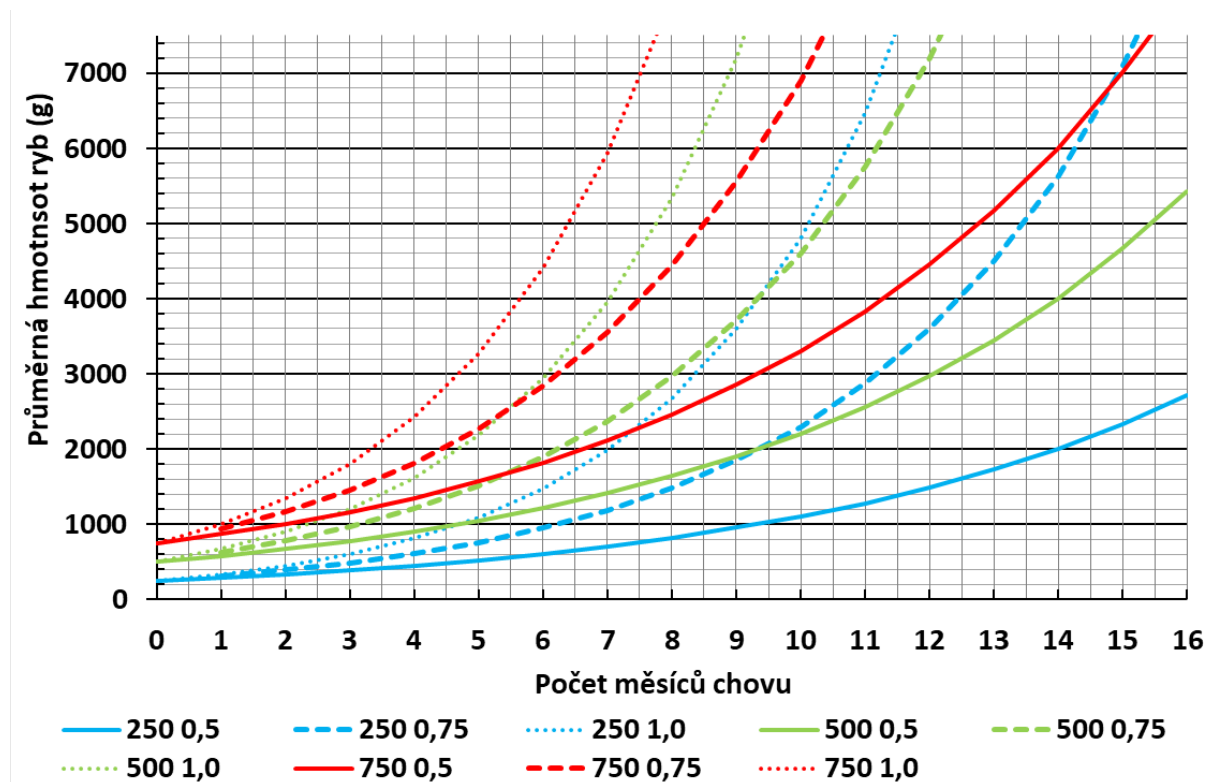


Obr. 6. Porovnání vývoje průměrných hodnot Fultonova kondičního koeficientu (FK) samic kapra obecného (plemeno AL, vodňanská linie) chovaných v RAS a v rybníce ve věkové kategorii $K_2 - K_3$. * - hodnoty v daném období jsou statisticky odlišné (jednofaktorová ANOVA, $\alpha = 0,05$, $n = 5-7$).



Obr. 7. Porovnání vývoje průměrných hodnot Fultonova kondičního koeficientu (FK) samců kapra obecného (plemeno AL, vodňanská linie) chovaných v RAS a v rybníce ve věkové kategorii $K_2 - K_3$. * - hodnoty v daném období jsou statisticky odlišné (jednofaktorová ANOVA, $\alpha = 0,05$, $n = 5-7$).

Pro ilustraci je na Obr. 8 znázorněna předpokládaná rychlost růstu ryb v období $K_2 - K_3$ v průběhu chovu v RAS při průměrné hodnotě $SGR = 0,5; 0,75$ a $1,0$ u ryb o různé počáteční velikosti (250 g, 500 g a 750 g). Ideální je snažit se dosáhnout takovou průměrnou SGR , aby ryby na konci období chovu v RAS dosáhly námi požadované hmotnosti. Zmiňovali jsme, že z našeho pohledu je pro umělou reprodukci kapra obecného optimální hmotnost ryb mez 3,0 – 5,0 kg. Pokud bychom chtěli zkrátit generační interval ryb na 2 roky, požadovanou hmotnost ryb za období od září do května, tedy za 8 měsíců, dosáhneme jen při počáteční hmotnosti ryb nad 500 g a při SGR 0,75 a více (Obr. 8).



Obr. 8. Simulace vývoje růstu kapra obecného v RAS při různých počátečních průměrných hmotnostech (250 g, 500 g, 750 g) K_2 a specifických rychlostech růstu (SGR) (0,5; 0,75 a 1,0).

3.4.6. Kontrola vývoje gonád

Velmi důležitým úkonem v průběhu chovu ryb v RAS je kontrola vývoje gonád. Ta nám umožní stanovit nástup pohlavní dospělosti a posoudit, zda budeme schopni provést umělý výtěr ryb v požadovaném období. Na začátku a v prvních fázích chovu ryb v RAS je nejjistějším způsobem pro zhodnocení vývoje gonád náhled do dutiny břišní. Ten se neobejde bez usmrcení ryb. Abychom neusmrcovali ryby vybrané v rámci selekčního programu jako budoucí plemenný materiál, nezbývá než, společně s budoucími generačními rybami, odchovávat v RAS další část obsádky kapra obecného. Musí se jednat o ryby ze stejné obsádky, chované ve stejných rybnících jako vybrané budoucí generační ryby, a stejného původu jako ryby selektované. Je to z toho důvodu, že stadia vývoje gonád se v dané věkové kategorii pro různé obsádky mohou zásadně lišit zejména s ohledem k předchozím životním podmínkám (teplota

vody, výživa apod.). Jelikož při selekci vybíráme pro další chov pouze malé procento ryb z původní obsádky, zpravidla do 10 %, můžeme vzít náhodný vzorek ryb ze zbylé obsádky.

Počet ryb volíme tak, abychom:

- zajistili podobné podmínky chovu ryb v RAS u této obsádky jako u obsádky selektovaných ryb.
- měli dostatečný počet kontrolních ryb na celou dobu odchovu.

Požadavek na počet ryb není velký. Doporučuje se posoudit stav vývoje gonád ryb těsně před nasazením ryb do RAS. V počátcích chovu ryb v RAS kontrolujeme vývoj gonád ve dvou až tří měsíčních intervalech. Při dosažení průměrného $GSI \geq 5,0$ zkrátíme interval sledování vývoje gonád na jednou měsíčně, případně jednou za 14 dní. Jak již bylo řečeno, ryby určené na kontrolu vývoje gonád chováme za podobných podmínek chovu jako ryby selektované, tedy ve stejném RAS, na stejné vodě, ideálně stejném okruhu, při obdobné hustotě obsádky, světelném režimu, typu, dávce a způsobu krmení atd. Je to z toho důvodu, že s hustotou obsádky v odchovných nádržích může souviset SGR, a ta může mít zase vliv na rychlost vývoje gonád. Obdobně byl v úvodní části této metodiky zmiňován vliv světelného režimu na vývoj gonád. Kontrolní ryby doporučujeme chovat v oddělené nádrži. Společný chov kontrolních a selektovaných ryb může být vzhledem k zajištění identických podmínek sice vhodnější, na druhou stranu je výrazně náročnější na logistiku při identifikaci ryb a manipulaci s rybou a vede k vyššímu stresování selektovaných ryb. Navíc při selekčním programu na rychlost růstu ryb, což je nejběžněji selektovaný znak, může být společný odchov selektovaných a kontrolních ryb problematický. Selektované ryby totiž představují největší ryby ze skupiny, zatímco kontrolní ryby při náhodném výběru reprezentují průměr zbytku populace. Lze předpokládat, že větší ryby budou při příjmu potravy dominantnější a příjem potravy kontrolními rybami tak bude omezen více než při odděleném chovu. Při každém vzorkování je vhodné zkontrolovat alespoň 5 samic a 5 samců. Po pohlavním dospění samců postačují pouze samice.

Vizuální určení pohlaví při výběru ryb ke kontrole vývoje gonád není u kapra obecného jednoduchý, a to zejména u nedospělých ryb či ryb mimo výtěrovou sezónu. Jediným vodítkem je tvar močopohlavní papily, kdy:

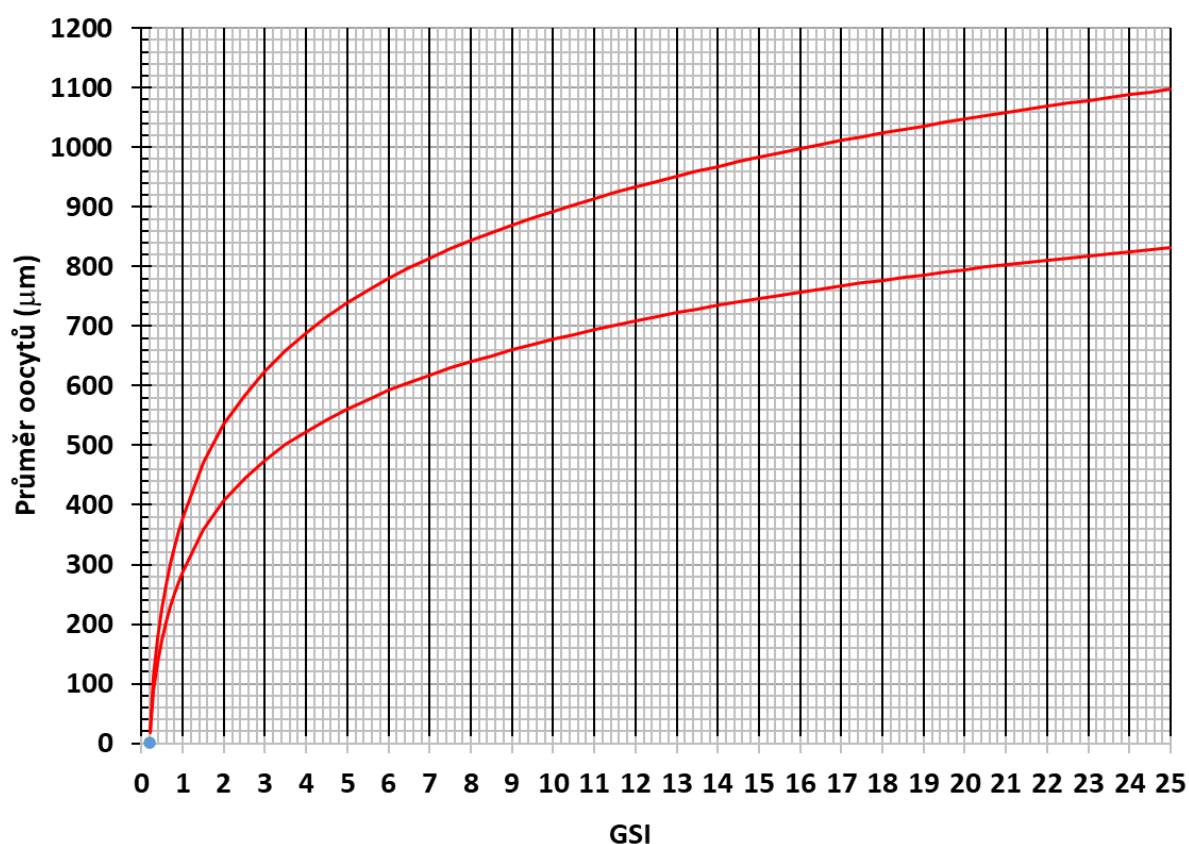
- samice mají močopohlavní papilu oválnou s okraji do tvaru hvězdičky a často vystoupou do tvaru malé bradavky.
- samci mají močopohlavní papilu štěrbinovitou.

Výše uvedený ukazatel je ale poměrně nespolehlivý a mnohdy těžko rozpoznatelný. Proto kromě močopohlavní papily kontrolujeme i případnou spermiaci ryb. Tu ověříme rukou užitím středně silného tlaku na břišní dutinu při současném pohybu prstů od hlavy k močopohlavnímu otvoru, obdobně jako při umělém výtěru ryb. Pokud ryba vyloučí sperma v podobě vazké kapaliny bílé barvy z močopohlavního otvoru, je pohlaví příslušné ryby samčí. Nepodaří-li se nám při kontrole vývoje gonád zkontrolovat dostatečný počet ryb od každého pohlaví, odebereme dodatečně další ryby z nádrže. Při kontrole vývoje gonád dodržujeme následující zásady:

- Usmrcení ryb povoleným způsobem provádí pouze veterinární lékař v rámci vyšetřování zdravotního stavu ryb nebo osoba způsobilá dle zvláštních právních předpisů (zákon č. 246/1992 Sb. na ochranu zvířat proti týrání).
- Není-li ryba zvážena před usmrcením, zvaží se po usmrcení a vykrvení. Údaj o hmotnosti se zaznamená.
- Řezem nožem nebo stříhem nůžkami na břiše ryby směrem od řitního otvoru k hlavě se otevře břišní dutina (gonády jsou uloženy v horní části břišní dutiny pod páteří). Provede se vizuální kontrola stavu gonád roztažením obou břišních stěn. Při tomto pohledu nejlépe

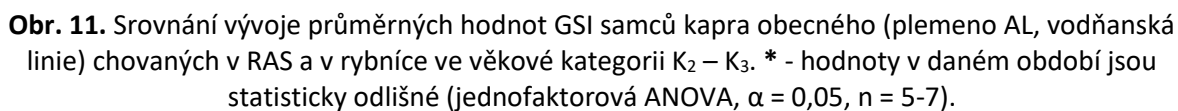
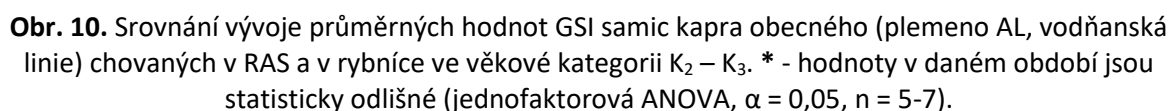
zhodnotíme případné abnormality v tělní dutině, stav a případné ztučnění gonád. Následně se opatrně vyjmou všechny orgány břišní dutiny (obdobným způsobem jako při běžném kuchání ryb).

- Oddělí se gonády od ostatních orgánů a provede se jejich visuální zhodnocení. Podle barvy, velikosti a vzhledu lze určit pohlaví a přibližně i vývojové stádium gonád (viz Tab. 1). Od gonád se oddělí i případný tuk, který je k nim připojen.
- Gonády se zváží (dostačující je přesnost na 1 g). Ze vztahu $GSI = [\text{hmotnost gonád (g)} / \text{hmotnost ryby (g)} * 1,03 \text{ (v případě vážení ryb až po jejich vykrvení)}] * 100$ se zjistí GSI pro každou rybu.
- Pro obě pohlaví evidujeme průměrné GSI zvlášť. Průměrná velikost oocytů ryb při daném GSI bude s pravděpodobností 95 % ležet v intervalu ukázaném na Obr. 9.



Obr. 9. Vymezení rozsahu průměrné velikosti oocytů kapra obecného (pravděpodobnost 95 %) při pozorované hodnotě GSI.

Na Obr. 10 – 11 je pro celkovou ilustraci znázorněn vývoj průměrných hodnot GSI samic a samců v průběhu chovu ryb v RAS a v rybníce ve věkové kategorii $K_2 - K_3$, jak byly zaznamenány během studie prováděné Kocourem a kol. (2021). Nejvyšší průměrná hodnota GSI s nejnižšími odchylkami hodnot mezi jednotlivými samicemi v RAS byla zaznamenána v únoru 2020 (Obr. 10). Toto období bylo tedy stanoveno jako bod dosažení ideální fáze zralosti ryb pro jejich přípravu k umělému výtěru. Jelikož v průběhu února 2020 ryby v RAS nasbíraly právě 12500 °D, byla uvedená hodnota určena jako výchozí pro výpočet dosažení pohlavní dospělosti kapra obecného v podmínkách ČR.



Jakmile dospějeme k závěru, že většina samic v kontrolní skupině je ve vývojové fázi 4, stádium zralosti, s průměrným GSI samic 8,0 či více, rozdělíme selektované ryby dle pohlaví. Rozdělením pohlaví částečně eliminujeme interakce samic se samci a minimalizujeme možnost spontánního výtěru pohlavně dospělých ryb v odchovné nádrži, a to i tam kde obě pohlaví sdílejí vodu ze stejného systému. K přesnému určení pohlaví a posouzení vývoje gonád u selektovaných ryb budeme potřebovat:

- anestetikum dle místních zvyklostí,
- manipulační nádoby a nářadí na ryby,
- plastovou injekční stříkačku o objemu 10-50 ml,
- plastový odsávací katetr (odsávací hadičku), velikost CH6 – CH8. Katetry jsou primárně určeny pro odsávání tělních tekutin v humánní medicíně, mají atraumatické zakončení, dva boční otvory pro lepší odsávání a nástavec pro připojení ke stříkačce. Velikost katetru se určuje podle Charrierovy stupnice, která značí obvod daného katetru a lze z něj vypočítat průměr (např. CH = 6 značí obvod katetru 6 mm a vnější průměr 1,9 mm. Pro odběr u kapra obecného je potřeba volit katetry s vnitřním průměrem kolem 1,0 – 1,5 mm (velikost jiker může být v tomto období cca 0,6 – 1,0 mm),
- ethanol (min. 60 %) či jiný dezinfekční prostředek vhodný pro vnitřní užití,
- případně hodinová sklíčka, zkumavky o objemu 1,0-2,0 ml, prosvětlovací roztok na jikry (6 dílů 96 % etanolu, 3 díly 36 – 38 % formaldehydu, 1 díl ledové kyseliny octové), binolupa či mikroskop s nejmenším možným zvětšením a fotoaparát, pipeta, stříčka či jiný nástroj na dávkování menších objemů kapalin (do 2 mm).

Postup určování pohlaví a případně stadia vývoje gonád u generačních ryb určených k reprodukci bude následující:

- Ryby uvedeme pomocí anestetik formou koupele do fáze 3b) anestézie (celkové úplné znecitlivění), abychom zajistili, že se ryby nebudou v průběhu výkonu hýbat. Při pohybu ryb se zvyšuje pravděpodobnost vnitřního poranění ryb.
- Rybu položíme na pravý bok na stůl na mokrý hadr, mokrý molitan s hadrem apod. (Obr. 12).
- Vizuálně posoudíme velikost a tvar břišní dutiny a pohmatem pak její tvrdost. Samice mají v tomto období zpravidla již vyklenutou a poměrně měkkou břišní dutinu. Zkontrolujeme tvar močopohlavní papily. Nejsme-li si jistí pohlavím ryby, opakovaným tlakem ruky na břicho ryby s palcem proti ostatním prstům a pohybem ruky směrem od hlavy k močopohlavnímu otvoru zkontrolujeme, zda ryba uvolňuje mlíčí. Pokud ano, ryba je označena jako samec a můžeme ji vrátit do chovné nádrže nebo do manipulační nádrže s čerstvou kyslíkatou vodou z RAS, kde ryby chováme.
- Pokud ryba neuvolňuje mlíčí či pokud rybu již vizuálně určíme jako samici, zasuneme opatrně do močopohlavní papily (druhý otvor od hlavy, první je řitní otvor) odsávací katetr připevněný na stříkačce (Obr. 12 a 13). Ten je vhodné pro snazší zavedení potřít glycerinem či jiným obdobným přípravkem vhodným pro vnitřní užití. K zavedení katetru nesmíme užívat hrubý tlak. Snažíme se katetr zasunout jakoby v přední části močopohlavní papily, nejdříve směrem šikmo nahoru asi 2-3 cm a poté směrem dopředu. Pokud katetr nelze zasouvat hlouběji, celý proces opatrně opakujeme, dokud se to nepodaří.



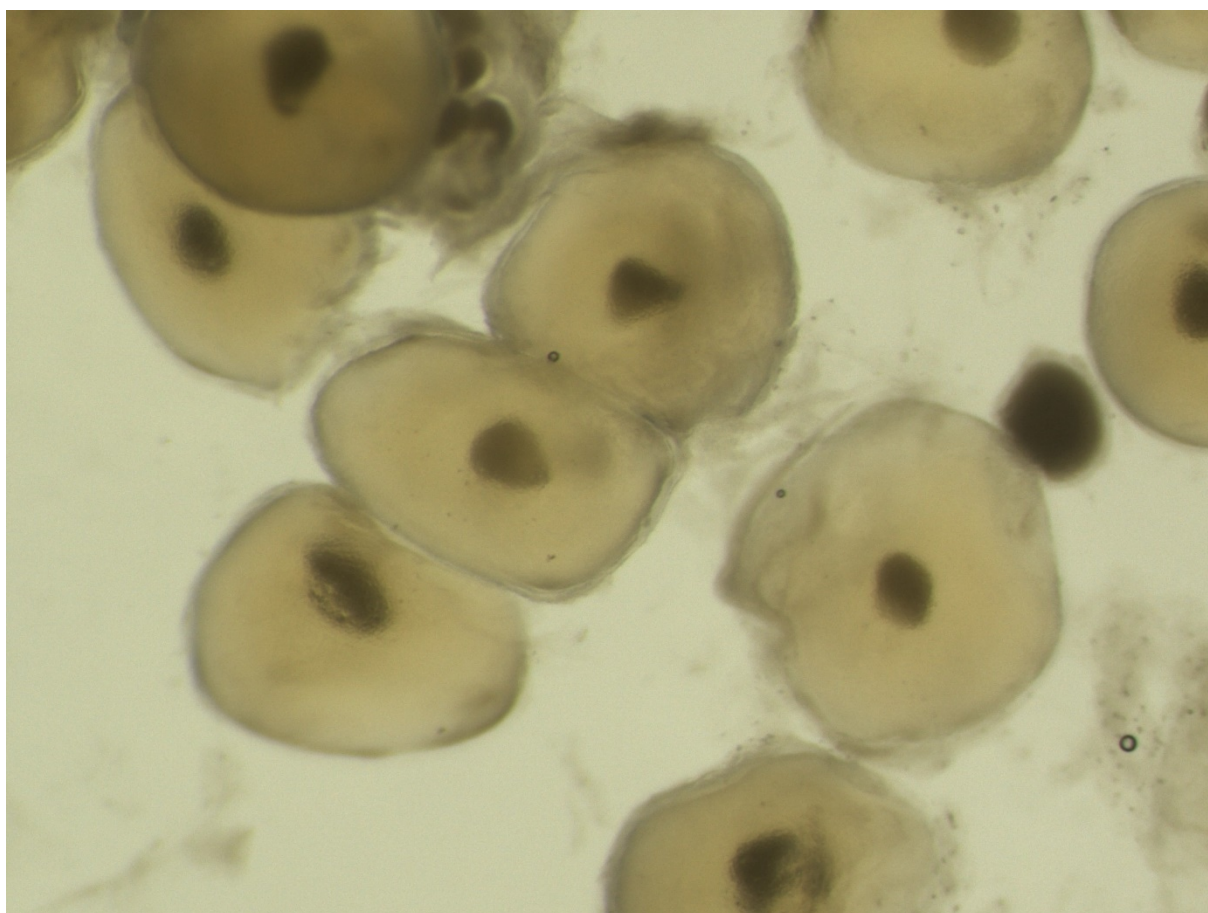
Obr. 12. Ukázka sexování ryb a odběru oocytů s využitím odsávacího katetru. Foto: Prchal, M.



Obr. 13. Detail aplikace odsávacího katetru do močopohlavní papily a odběru oocytů u kapra obecného. Foto: Prchal, M.

- Katetr zavedeme do břišní dutiny cca v délce 7 – 10 cm. Poté nasajeme stříkačkou alespoň 2-5 ml vzduchu, katetr pomalu vysouváme a kontrolujeme, zda v hadičce nebo přímo ve stříkačce neuvidíme část pohlavních produktů. Pokud ano, katetr vyjmeme, pokud ne, opakujeme proces, dokud nenasajeme část pohlavních produktů. Po vyjmutí katetru zhodnotíme, zda jsou v hadičce vajíčka (jikry) vypadající jako drobné kuličky, nebo bílá tekutina. Podle toho určíme pohlaví ryb jako samičí, respektive samčí. Jikry můžeme z katetru umístit na hodinové sklíčko nebo do zkumavky a přidat k nim prosvětlovací roztok. Po 5 minutách můžeme pod binolupou či mikroskopem zkontrolovat pozici jádra a odhadnout velikost oocytů. Převažující počet jiker s jádrem mimo střed oocytů značí výtěrovou fázi. Máme-li připojen fotoaparát, můžeme pořídit snímek a ten zhodnotit později (Obr. 14). Katetr poté zcela vyprázdníme pomocí tlaku vzduchu ze stříkačky. Po propláchnutí katetru v ethanolu (> 60 %) či jiném dezinfekčním roztoku jej můžeme opakovaně použít.
- Ryby zpět do chovných nádrží vracíme již roztříděné dle pohlaví a takto je držíme až do doby ukončení chovu v RAS.

Stejný postup kontroly vývoje gonád můžeme u části samci určených k reprodukci provádět dle potřeby v intervalech 1 až 2 týdnů. V tomto případě ale již hodnotíme zejména polohu jádra v jikrách a průměrnou velikost jiker. Bez binolupy (mikroskopu) se v tomto případě již neobejdeme.



Obr. 14. Prosvětlené jikry kapra obecného při dosažení pohlavní dospělosti, krátce před dosažením výtěrové fáze, odebrané odsávacím katetrem (zvětšení 10x). Foto: archiv FROV JU.

3.4.7. Opatření po dosažení pohlavní dospělosti ryb

Při dosažení nebo krátce před dosažením vývoje gonád do stadia zralosti (Tab. 1) volíme vzhledem k období nasazení ryb do RAS (podzim, jaro) a předpokládané délky generačního intervalu ryb další strategii chovu. Tím docílíme maximálního procenta úspěšně vytřených jikernaček s oplození schopnou jikrou.

Při zkracování generačního intervalu na dva roky dosáhneme pohlavní dospělosti ryb (viz Obr. 3 a Tab. 4) přibližně s nástupem výtěrového období kapra obecného. Při dosažení průměrného GSI samic v kontrolní skupině na úrovni 10 nebo při zjištění, že samice selektovaných ryb určených k umělému výtěru mají jikru velikosti 1 mm, anebo se začínají objevovat jikry s jádry mimo střed buňky, je doporučeno ryby převést do venkovního prostředí přípravného rybníka a nechat je navyknout na přirozený světelný režim a teplotu vody. Řízenou reprodukci ryb pak provedeme dle plánu, pokud do něj zbývá alespoň 1 týden. Pokud nemůžeme ryby převést okamžitě na venkovní podmínky, anebo do plánovanému termínu výtěru zbývají více než 2 týdny, je nutné upravit světelný režim v RAS a snížit délku dne na max. 8 hod. Zároveň je vhodné snížit teplotu vody v RAS pod 17 °C. Pokud naopak do umělého výtěru zbývá méně než 1 týden, můžeme ryby převést rovnou na líheň. V tomto období by neměl být velký teplotní rozdíl mezi teplotou vody v RAS a na rybí líhni. Ideální je, aby na líhni byla voda kolem 17-18 °C. Následuje příprava ryb jako při klasickém umělém výtěru. Umělý výtěr kapra je popsán např. Kouřilem a kol. (1999) nebo Gelou a kol. (2009). Pokud ani do týdne před posledním možným termínem umělého výtěru kapra obecného nedojde k dostatečnému pohlavnímu dozrání ryb (průměrné GSI > 10,0 nebo pokud je průměrná velikost oocytů menší než 900 µm) vysadíme ryby do rybníků a odložíme jejich umělý výtěr až na třetí rok. V třetím roce ryby k umělému výtěru připravíme obvyklým způsobem.

Při zkrácení generačního intervalu na tři roky a podzimním nasazení ryb do RAS můžeme ryby kdykoliv, kdy není rozdíl teplot v RAS a v rybnících vyšší než 5 °C, ideálně v květnu, převést zpět do rybníků a za rok je stimulovat k umělému výtěru obvyklým způsobem. Ryby budou v tomto období již pohlavně dospělé, neboť pobytem v RAS a v průběhu třetího vegetačního období v rybnících pohlavně dospějí.

Při zkrácení generačního intervalu na tři roky a jarním nasazení ryb do RAS mohou ryby dle teploty vody v RAS pohlavně dozrát na podzim či v zimě. Pokud ryby nemůžeme kvůli zamrznutí rybníků či při velkém rozdílu teplot v RAS a rybníce okamžitě převést do rybníků, zkrátíme světelnou fázi dne na 8 hodin, a je-li to možné, upravíme i teplotu vody pod 17 °C. Jakmile to podmínky dovolí (rozdíl teplot vody mezi RAS a rybníkem bude pod 10 °C), převedeme ryby do rybníků s postupnou adaptací na rozdílné teploty a chemismus vody alespoň v délce 2 hodin. V přírodních podmínkách se ryby k umělému výtěru synchronizují přirozeným světelným režimem a zvyšující se teplotou vody. Je důležité, aby mezi převedením ryb z RAS do rybníků a plánovaným termínem jejich umělého výtěru bylo období alespoň čtyř, ideálně šesti, týdnů, a zároveň, aby se teplota vody během tohoto období postupně zvyšovala alespoň o 8 °C. Ryby do rybníků tedy převádíme nejpozději do počátku dubna.

V rámci všech výše uvedených situací, kdy ryby v RAS pohlavně dospějí, již nepotřebujeme zajišťovat další růst ryb. Ten v tomto období stejně tvoří především energie ukládaná do pohlavních produktů. Zároveň často i snižujeme teplotu vody, proto je dalším vhodným, a v podstatě nutným opatřením, snížení relativní DKD, a to až na hranici 0,5 % hmotnosti obsádky. V tomto období můžeme rovněž ryby chovat při hustotách až kolem 120 kg.m⁻³, pokud tím nedochází ke zhoršování parametrů kvality vody uvedených v Tab. 3.

3.5. Reprodukční parametry generačních ryb se zkráceným generačním intervalem

S ohledem na účel zkrácení generačního intervalu je zásadním hlediskem získání dostatečného množství kvalitních gamet z co největšího počtu všech selektovaných ryb odchovávaných v RAS, a to v dané výtěrové sezóně. Pouze tak v další generaci zajistíme maximální míru uchování genofondu v co nejširší genetické diverzitě a minimalizujeme riziko inbrídingu. Pokud dodržíme všechny zásady popsané v této metodice, lze očekávat procento vytřených generačních ryb nad požadovaných 90 %. Je nutné ale konstatovat, že některé reprodukční parametry takto mladých generačních ryb mohou být statisticky průkazně horší ve srovnání s generačními rybami v ideálním věku, který je 6 – 8 let při chovu v rybnících. Týká se to zejména parametrů souvisejících s počtem jiker, a to:

- Průměrný počet vytřených jiker na samici (absolutní plodnost).
- Průměrný počet vytřených jiker na 1 kg hmotnosti samice (relativní plodnost).
- Průměrný podíl vytřených jiker z hmotnosti samice (%).

Rozdíl v reprodukčních parametrech nemusí být naopak pozorován v:

- procentu oplozenosti jiker,
- procentu jiker v očních bodech z celkového množství jiker použitých k oplození,
- procento rozplaveného váčkového plůdku z celkového množství jiker použitých k oplození.

Příklad srovnání reprodukčních parametrů dosažených u plemene amurského lysce ve věku tří let, s využitím RAS ke zkrácení generačního intervalu, a šesti let, chovaných pouze v rybníčním prostředí, je uveden v Tab. 5 a 6 (Kocour a kol., 2021).

Reprodukční parametry uvedené v Tab. 5 bez problémů zajistí dostatečné množství plůdku pro odchov další generace určené k selekci. Pro zdárné pokračování selekčního programu totiž teoreticky potřebujeme při užití 100 generačních ryb, což je minimální požadovaná efektivní velikost populace, v poměru pohlaví 1 : 1 získat od každé samice pouhé 2 g oplozenischných jiker. Platí to za předpokladu, že i) všechny ostatní parametry odchovu budou probíhat standardním způsobem a ii) aplikujeme selekční tlak na úrovni 10 %. Běžné množství jiker, které od samice po zkrácení generačního intervalu s využitím RAS ve věku dvou či tří let můžeme získat, je kolem 100 g. Z tohoto pohledu je zřejmé, že nejdůležitějším hlediskem je pro nás procento úspěšně vytřených ryb. Pozornost ohledně požadovaného počtu generačních ryb odchovaných v RAS musíme ale samozřejmě věnovat našim požadavkům na potřebu produkčních obsádek váčkového plůdku K_0 (viz komentář 4).

Tab. 5. Porovnání reprodukčních parametrů generačních ryb amurského lysce ve věku 3 roky po zkrácení generačního intervalu (RAS) a 6 let (Rybník). * - údaje v rámci příslušného sloupce jsou statisticky odlišné (jednofaktorová ANOVA, srovnávací test HSD pro nestejně N , hladina významnosti = 0,05). **PV** – počet vytřených ryb, **PZ** – počet ryb zařazených k výtěrům (počet hypofyzovaných ryb).

Prostředí	PV / PZ (ks)	Hmot. jiker (g)	Počet jiker v 1 g	Prac. plod. abs. (tis. ks)	Prac. plod. rel. (tis. ks)	Podíl jiker (%) z hmot. samice
RAS	60/63	253 ± 153.3	598 ± 73.0	158 ± 91.9	43.5 ± 21.5	7.0 ± 4.06
Rybník	13/14	473* ± 121.7	550 ± 59.4	256* ± 58.7	90.1* ± 18.8	16.4* ± 3.51

Tab. 6. Srovnání oplozenosti jiker a líhnivosti váčkového plůdku generačních ryb amurského lysce ve věku 3 roky po zkrácení generačního intervalu (RAS) a 6 let (Rybník). Porovnání údajů bylo provedeno χ^2 testem na hladině významnosti 0,05. Data se statisticky nelišila.

Prostředí	Oplozenost (%)	Procento rozplavaného K_0
RAS	$92,8 \pm 1,52$	$90,3 \pm 1,20$
Rybník	$88,5 \pm 1,80$	$85,2 \pm 2,50$

U samců není nezbytné se reprodukčními parametry příliš zabývat. Pokud dojde k jejich úspěšnému výtěru a získané sperma bude vizuálně v pořádku (bílá barva, konzistence mléčná až smetanová), je vysoce pravděpodobné, že v každém mililitru obsahuje dostatečné množství životaschopných a oplozeníšopných spermií pro 100 g jiker. Dostačující poměr spermií na jikru při umělém osemeňování 1 : 13 000 (Linhart a kol., 2003). V praxi se ale mnohdy užívají poměry několikanásobně vyšší a sperma tak bývá v přebytku. Naše zkušenosti ukázaly, že průměrné množství získaného spermatu od samce po zkrácení generačního intervalu na 3 roky s využitím RAS bylo $17,7 \pm 8,56$ ml. Oplozenost jiker ani další parametry nebyly odlišné od ryb v běžném reprodukčním věku. Je tedy zřejmé, že kvalita spermatu samců po zkrácení generačního intervalu neměla na tento parametr negativní vliv (Tab. 6).

Komentář 4. Pro stanovení požadovaného počtu generačních ryb s ohledem na potřebu váčkového plůdku (K_0) pro užitkové obsádky lze vycházet z těchto informací:

- Počet jiker v 1 g vytřených jiker: 550 ks (při prvním výtěru lze očekávat až 600 ks)
- Podíl vytřených jiker z hmotnosti generačních ryb: 7 % (platí pro první výtěr, v dalších lze očekávat 10 % a více).
- Procento vytřených samic: 90 %
- Oplozenost jiker: 80 % (jde o střední hodnotu, skutečná oplozenost může být vyšší, ale za jistých okolností i nižší).

- Ztráty v průběhu kulení plůdku a do jeho rozplavání: 10 %

Máme-li tedy např. 60 ks samic o průměrné hmotnosti 3 kg (v dalších letech bude hmotnost vyšší), můžeme odhadnout počet získaného plůdku takto:

- $60 \text{ ks gen. ryb} \cdot 3 \text{ kg prům. hm.} = 180 \text{ kg samic}$
- $180 \cdot 0,9 \text{ (procento vytřených ryb)} = 162 \text{ kg vytřených samic}$
- $162 \cdot 0,07 \text{ (podíl vytřených jiker z hmotnosti vytřených ryb)} = 11,34 \text{ kg vytřených jiker}$
- $11,34 \cdot 1000 \cdot 550 \text{ (počet jiker v jednom gramu jiker)} = 6237000 \text{ ks jiker}$
- $6237000 \cdot 0,8 \text{ (procento oplozených jiker)} \cdot 0,9 \text{ (10 \% ztrát do vysazení } K_0) = 4490640 \text{ ks } K_0$

Pokud je naše potřeba K_0 vyšší, musíme adekvátně zvýšit počet odchovávaných ryb v RAS. Na druhou stranu můžeme pro první výtěr použít pro užitkové obsádky pouze přebytky a soustředit se hlavně na pokračování selekčního programu. Užitkové obsádky můžeme založit až další rok. Tím ale samozřejmě částečně snížíme efektivitu celého selekčního programu. V dalším roce můžeme počítat s následujícím množstvím K_0 :

- $60 \text{ ks gen. ryb} \cdot 0,9 \text{ (ztráty generačních ryb)} \cdot 4 \text{ kg (1 kg přírůstku u ryb za další veg. období)} = 216 \text{ kg generačních ryb.}$
- $216 \cdot 0,9 \text{ (procento vytřených ryb)} = 194,4 \text{ kg vytřených samic}$
- $194,4 \cdot 0,1 \text{ (podíl vytřených jiker z hmotnosti vytřených ryb)} = 19,44 \text{ kg vytřených jiker}$
- $19,44 \cdot 1000 \cdot 550 \text{ (počet jiker v jednom gramu jiker)} = 10692000 \text{ ks jiker}$
- $10692000 \cdot 0,8 \text{ (procento oplozených jiker)} \cdot 0,9 \text{ (10 \% ztrát do vysazení } K_0) = 7698240 \text{ ks } K_0.$

4. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Metodika se zaměřením na problematiku zkrácení generačního intervalu u kapra obecného nebyla v rámci edice FROV JU (či VÚRH, VÚRH JU) v minulosti publikována. Autorům této metodiky není ani známo, že by se podobná práce objevila na území ČR. Nicméně v rámci řešení pilotních projektů Operačního programu Rybářství vznikl výstup (technická zpráva) zaměřená na „Ověření technologie přípravy jikernaček kapra obecného pro časný výtěr“ (reg. č. pilotního projektu: CZ.1.25/3.4.00/13.00452). V rámci řešení tohoto projektu byla dotčena problematika potřeby „nasbírání“ jistých °D teplot vody u kapra obecného, ale cílem projektu bylo posoudit potřebu °D v rámci reprodukčního cyklu u pohlavně dospělých ryb mezi dvěma následujícími výtěry a vlivu jistých faktorů (např. věk ryb, plemeno kapra) na výši těchto °D. Zásadním dílem, z kterého tato metodika vychází, je práce Horvátha (1985). Ta řešila potřebu nasbírání °D pro dosažení pohlavní dospělosti kapra obecného v podmínkách střední Evropy, neřešila ale vůbec popis technologie chovu kapra obecného v RAS a návaznost zkrácení generačního intervalu na selekční program kapra obecného určený pro rybníční chovy. Domníváme se tedy, že tato metodika je vhodným doplněním a pokračováním již existujících výsledků a je vhodným vodítkem pro řešení poměrně palčivého problému šlechtitelů ryb, jakým je dlouhý generační interval kapra obecného v běžných klimatických podmínkách ČR. V teoretickém úvodu metodiky, který pokládáme pro pochopení problému za důležitý, jsou rovněž shrnuty nejnovější poznatky o pohlavním dospívání ryb a míře vlivu jednotlivých vnějších i vnitřních faktorů na tento znak u kapra obecného.

5. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Tato metodika je vhodným nástrojem pro šlechtitele ryb, zejména kapra obecného, kteří se potýkají s problémem dlouhého generačního intervalu u ryb v podmínkách ČR. Metodiku ocení současní i budoucí šlechtitelé kapra obecného, kteří se rozhodnout zvyšovat užitkovost ryb pomocí selekce. Domníváme se, že zvyšování užitkovosti selekcí bude nabývat na významu, a to nejen v podmínkách rybníčního chovu u kapra obecného, ale i u ostatních druhů ryb chovaných ve speciálních chovatelských zařízeních. Metodika může poskytnout důležité základní informace i pro tyto chovatele. Další významnou skupinou uživatelů mohou být větší chovatelé okrasných barevných kaprů koi. Vzhledem k ceně ryb a snaze o rychlé rozmnožení nejceněnějších barevných variant koi kaprů, u kterých se dá předpokládat vyšší podíl podobně či ještě více tržně ceněného potomstva, bude u takových chovatelů snaha o co nejrychlejší ekonomické zhodnocení finančních prostředků investovaných do ryb. Zkrácení generačního intervalu a možnost časně reprodukce u takových ryb je tím nejlepším řešením.

Tato metodika vznikla ve spolupráci s Klatovským rybářstvím a.s., které se mimo jiného zajímá i o možnost zkrácení generačního intervalu u svých generačních ryb. Přesto, že tento subjekt nemá v současné době vlastní rybí líheň ani RAS, rád by si vytvořil a udržoval alespoň jedno své vlastní hejno generačních ryb se zvýšenou užitkovostí pro produkci užitkových obsádek určených k pokrytí poptávky po rybí surovině. Z toho důvodu podnikají selekční programy u kapra obecného a zkrácení generačního intervalu kapra pro rychlejší ekonomické zhodnocení vynaložených prostředků. Tato metodika byla tedy primárně vytvořena jako pomůcka pro tento subjekt. Metodika bude využita při úvahách o výstavbě vlastních objektů

(rybí líheň a RAS) či při hledání vhodných subdodavatelů a partnerů, jež by zajistili umělou reprodukci a/nebo chov ryb v RAS pro jejich kmenové generační hejno ryb.

6. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Hlavním cílem této metodiky je poukázat na možnost zrychlení selekčního procesu prostřednictvím zkrácení generačního intervalu kapra obecného. V metodikách od Prchala a kol. (2021a) a Kocoura a kol. (2010) byly nastíněny ekonomické přínosy v chovech při zavedení selekčních programů. Dle Prchala a kol. (2021) by za 20 let selekčního programu u podniku s produkcí kapra na úrovni 200 t činil nárůst hrubého zisku přibližně 1,999 mil. Kč. Dle Kocoura a kol. (2010) by nárůst hrubého zisku závisel na výši roční produkce ryb, typu selekce, strategie zpeněžování ryb (prodej v živém stavu, ve zpracovaném stavu) atd. U podniků s roční produkcí kapra 200 t a více by po 7 generacích selekčního programu mohl nárůst ročního hrubého zisku činit od cca 3 % až do 25 %. V případě, že by situace v chovu kapra obecného byla identická s tou, kdy byly předchozí kalkulace dělány, bylo by příznivých ekonomických výsledků užitím této metodiky dosaženo výrazně rychleji. Genetický zisk dosažený za 20 let při selekci bez zkrácení generačního intervalu by byl totiž dosažen za 10 let při zkrácení generačního intervalu na 3 roky a za 7 let při zkrácení generačního intervalu na 2 roky. Vícenáklady na odchov generačních ryb kapra obecného v RAS by v případě zavedeného RAS využívaného pro produkci ekonomicky ceněných druhů ryb nebyly výrazně vyšší než při odchovu generačních ryb v rybnících. Je to z těchto důvodů:

- V RAS by za necelý rok byly získány výtěruschopné ryby, zatímco v rybnících to trvá další 2-3 roky.
- Při konečné hustotě kapra obecného v RAS na úrovni 100 kg.m³ (doporučená hustota) nám generačního hejno kapra obecného o počtu 400 ks s konečnou průměrnou hmotností 3 kg zabere přibližně 12 m³ prostoru. To v RAS o velikosti 100 m³ odchovných kapacit (střední RAS) představuje 12 % odchovné kapacity (po dobu 8-10 měsíců každé 1,5-2 roky).

V současných podmínkách chovu se ale situace značně komplikuje, neboť cena krmiv, energií a dalších vstupů v chovu ryb neúměrně narostla. Není ale zatím jisté, jak se současná situace projeví na ceně kapra obecného a na jeho poptávce. To vše ovlivní kalkulaci ekonomických aspektů při uplatnění této metodiky. Pro kalkulaci ekonomické návratnosti bylo počítáno s parametry a výsledky v Tab. 7 na základě sofistikovaného odhadu, kdy:

- Vstupní data odpovídají přibližně parametrům podniku, kde došlo k uplatnění metodiky.
- Velkoobchodní prodejní cena tržních ryb byla odhadnuta dle míry inflace v roce 2022 a cen kapra v roce 2021.
- Další navýšení nákladů bylo odhadnuto procentem z původních tržeb (5 % pro L = 5, 10 % pro L = 3 a 15 % pro L = 2). Navýšení nákladů souvisí s potřebou lepšího technického vybavení, kvalifikovanějšího personálu a služeb (genotypování apod.) při selekčním programu a odpovídající části nákladů na chov generačních ryb v RAS (přímé náklady, podíl odpisů a režii souvisejících s výstavbou a provozem RAS, rozdíl v tržbách při provozu RAS, pokud místo ekonomicky zajímavějších druhů ryb vyčleníme část jeho kapacity pro odchov kapra a další nezahrnuté náklady související s odchylkami v cenách ryb a krmení). Náklady jsou počítány na 400 ks generačních ryb, které by měly zajistit dostatek K₀ pro příslušnou velikost podniku.

- Kalkulace po 20 letech jsou dělány v cenách roku 2022, neboť odhad míry inflace, růstu mezd, ostatních výrobních nákladů i prodejní ceny ryb jsou v dnešní době velmi obtížné. Předpokládá se ale, že poměr mezi změnou nákladů a cenou ryb zůstane přibližně stejný (např. pokud vzrostou náklady na výrobu 1 kg kapra o 50 %, vzroste cena ryb přibližně o stejnou výši).

Z uvedené tabulky je zřejmé, že čím kratší bude generační interval, tím razantnější navýšení hrubého ročního zisku z chovu kapra můžeme po 20 letech selekčního programu očekávat. Roční hrubý zisk bychom mohli zvýšit v rozmezí od cca 10 % při L = 5 až po 23 % při L = 2.

Tab. 7. Kalkulace ekonomické efektivity po 20 letech selekčního programu bez zkrácení generačního intervalu a při zkrácení generačního intervalu na 3 a 2 roky u podniku o velikosti 2 000 ha rybníků a počáteční produkci kapra cca 800 t tržních ryb. **SP** – selekční program, **L** – generační interval (roky), **ΔG** = genetický zisk růstu.

	L = 5	L = 3	L = 2
Vstupní informace, situace před selekcí			
• Celková výměra rybníků (CVR) (ha)	2000		
• Produkce tržního kapra (PK) (t)	800		
• Výměra hlav. ryb. (VHR) (ha) = 0,6 * CVR (Hartman a Regenda, 2016)	1200		
• Průměrná hm. ryb před selekcí (PH) (kg)	2,0		
• Tržních ryb na 1 ha hl. rybníků před selekcí (kg) [= (PK * 1000) / VHR]	667		
• Počet tržních ryb (PTR) (tis. ks) [= PK * 1000 / PH]	400		
• Cena za 1 kg tržních ryb (Kč) - 1. jakostní kateg. (1,2-2,5 kg)	50		
• Cena za 1 kg tržních ryb (Kč) – jakostní kateg. výběr (nad 2,5 kg)	52		
• Tržby (T) za ryby před selekcí (tis. Kč) [= PK * 50]	40000		
Situace po selekci			
• Průměrná hm. ryb po selekci (PHS) (kg) při ΔG = 8 % a délce SP = 20 let	2,52	3,17	4,00
• Produkce tržního kapra (PKS) (t) po selekci [= PTR * PHS]	1008	1268	1600
• Tržních ryb na 1 ha hl. rybníků (kg) po selekci [= (PKS * 1000) / VHR]	840	1057	1333
• Tržby za ryby po selekci (TS) (tis. Kč) [= PKS * 52]	52416	65936	83200
• Rozdíl v tržbách (RT) (tis. Kč) [= TS - T]	12416	25936	43200
• Navýšení nákladů chovu (NN) (tis. Kč) celkem. Z toho (tis. Kč):	8240	19210	34000
- Přikrmování	6240	15210	28000
- Další náklady	2000	4000	6000
Rozdíl ročního hrubého zisku (tis. Kč) (+ = zisk; - = ztráta) [= (RT - NN)]	4 176	6 726	9 200

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Abdulfatah, A., Fontaine, P., Kestemont, P., Gardeur, J.N., Marie, M., 2011. Effects of photothermal kinetics and amplitude of photoperiod decrease on the induction of the reproduction cycle in female Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Aquaculture* 322–323: 169–176.
- Aksnes, A., Gjerde, B., Roald S.O., 1986. Biological, chemical and organoleptic changes during maturation of farmed Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture* 53(1): 7-20.
- Ammar, I.B., Milla, S., Ledoré, Y., Teletchea, F., Fontaine, P., 2020. Constant long photoperiod inhibits the onset of the reproductive cycle in roach females and males. *Fish Physiology and Biochemistry* 46(1): 89-102.
- Ammar, I.B., Teletchea, F., Milla, S., Ndiaye, W.N., Ledoré, Y., Missaoui, H., Fontaine, P., 2015. Continuous lighting inhibits the onset of reproductive cycle in pikeperch males and females. *Fish Physiology and Biochemistry* 41: 345–356.
- Ammar, I.B., Teletchea, F., Milla, S., Ndiaye, W.N., Ledoré, Y., Missaoui, H., Fontaine, P., 2015. Continuous lighting inhibits the onset of reproductive cycle in pikeperch males and females. *Fish Physiology and Biochemistry* 41: 345–356.
- Angilletta, J.R., 2009. Thermal adaptation: a theoretical and empirical synthesis, 1st edition. Oxford University Press, USA. 302 pp.
- Antonopoulou, E., Tsikliras, A.C., Kocour, M., Žlábek, V., Flajšhans, M., Gela, D., Piačková, V., Scott, A.P., 2011. Teleost maturation-inducing hormone, 17,20 β -dihydroxypregn-4-en-3-one, peaks after spawning in *Tinca tinca*. *General and Comparative Endocrinology* 172 (2): 234-242.
- Ayelén M.B., 2020. Hypothalamic- and pituitary-derived growth and reproductive hormones and the control of energy balance in fish. *General and Comparative Endocrinology* 287: 113322.
- Baruš, V., Oliva, O., 1995. Mihulovci (*Petromyzontes*) a ryby (*Osteichthyes*) 2.díl. Praha: Academia. Fauna ČR a SR. 441 s. ISBN 80-200-0218-9.
- Begtashi, I., Rodríguez, L., Moles, G., Zanuy, S., Carrillo, M., 2004. Long-term exposure to continuous light inhibits precocity in juvenile male European sea bass *Dicentrarchus labrax*, L. I. Morphological aspects. *Aquaculture* 241(1-4), 539-559.
- Biran, J., Palevitch, O., Ben-Dor, S., Levavi-Sivan, B., 2012. Neurokinin Bs and neurokinin B receptors in zebrafish-potential role in controlling fish reproduction. *Agricultural Sciences* 109(26): 10269-10274.
- Blazquez, M., Bosma, P.T., Chang, J.P., Docherty, K., Trudeau, V.L., 1998. Gamma-aminobutyric acid up-regulates the expression of a novel secretogranin-II messenger ribonucleic acid in the goldfish pituitary. *Endocrinology* 139: 4870– 4880.
- Bromage, N., Porter, M., Randall, C., 2001. The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. *Aquaculture* 197: 63–98.
- Bromage, N., Randall, C., Davies, B., McAndrew, B., 1992. The control of reproduction in salmonid fish. *Icelandic Agricultural Sciences* 6: 11-23.
- Brown, P., Sivakumaran, K.P., Stoessel, D., Giles, A., 2005. Population biology of carp (*Cyprinus carpio* L.) in the mid-Murray River and Barmah Forest Wetlands. Australia. *Marine and Freshwater Research* 56: 1151–1164.
- Canosa, L.F., Lopez, G.C., Scharrig, E., Lesaux-Farmer, K., Somoza, G.M., Kah, O., Trudeau, V.L., 2011. Forebrain mapping of secretoneurin-like immunoreactivity and its colocalization with

- isotocin in the preoptic nucleus and pituitary gland of goldfish. *J. Comp. Neurol.* 519: 3748-3765.
- Chebanov, M.S., Galich, E.V., 2013. Sturgeon Hatchery Manual. FAO. Ankara. pp. 2-12. ISBN 978-92-5-106823-6.
- Crivelli, A., 2006. The biology of the common carp, *Cyprinus carpio* L. in the Camargue, southern France. *Journal of Fish Biology.* 18. 271 - 290.
- Davies, B., Bromage, N., Swanson, P., 1999. The brain–pituitary–gonadal axis of female rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: Effects of photoperiod manipulation. *Gen. Comp. Endocrinol.* 115: 155–166.
- Davies, B., Bromage, N., 2002. The effects of fluctuating seasonal and constant water temperatures on the photoperiodic advancement of reproduction in female rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 205: 183–200.
- Davies, P.R., Hanyu, I., Furukawa, K., Nomura, M., 1986. Effect of temperature and photoperiod on sexual maturation and spawning of the common carp: III. Induction of spawning by manipulating photoperiod and temperature. *Aquaculture*, 52(2): 137-144.
- Debes, P.V., Piavachenko, N., Ruokolainen, A., Ovaskainen, O., Moustakas-Verho, J.E., Parre, N., Aykanat, T., Erkinaro, J., Primmer, C.R., 2019. Large single-locus effects for maturation timing are mediated via condition variation in Atlantic salmon. *bioRxiv*: 780437.
- Dubský, K., 2015. Chov ryb v rybnících pro stavební zaměření. 2. vyd. SRŠ a VOŠ Vodního hospodářství a ekologie ve Vodňanech. 93,115-116 s. ISBN 978-80-87096-20-8.
- Dubský, K., Šrámek, V., Kouřil, J., 2003. Obecné rybářství. Praha: Informatorium. 139-167 s. ISBN 80-7333-019-9.
- Duston, J., Bromage, N.R., 1986. Photoperiodic mechanisms and rhythms of reproduction in the female rainbow trout. *Fish Physiol. Biochem.* 2: 35–51.
- Duston, J., Bromage, N.R., 1987. Constant photoperiod regimes and the entrainment of reproduction in the female rainbow trout *Salmo gairdneri*. *Gen. Comp. Endocrinol.* 65: 373–384.
- Falcón, J., Besseau, L., Sauzet, S., Boeuf, G., 2007. Melatonin effects on the hypothalamo–pituitary axis in fish. *Trends in Endocrinology & Metabolism* 18(2): 81-88.
- Flajšhans M., Hulák M., Kašpar V., Rodina M., Kocour M., Gela D., 2009. Metodika uchování genetických zdrojů ryb v živé genové bance. *Edice Metodik, FROV JU Vodňany*, č. 91, 23 s.
- Garcia de Leaniz, C., Fleming, I.A., Einum, S., Verspoor, E., Jordan, W.C., Consuegra, S., Aubin-Horth, N., Lajus, D., Letcher, B.H., Youngson, A.F., Webb, J.H., Vøllestad, L.A., Villanueva, B., Ferguson, A. and Quinn, T.P., 2007. A critical review of adaptive genetic variation in Atlantic salmon: implications for conservation. *Biological Reviews*, 82: 173-211.
- Gela, D., Kocour, M., Rodina, M., Flajšhans, M., Beránková, P., Linhart, O., 2009. Řízená reprodukce kapra obecného. Certifikovaná metodika. *Edice metodik, FROV JU, Vodňany*, č. 99, 41 s.
- Gonzalez, R., Shepperd, E., Thiruppugazh, V., Lohan, S., Grey, C.L., Chang, J.P., Unniappan S., 2012. Nesfatin-1 regulates the hypothalamo-pituitary-ovarian axis of fish. *Biol. Reprod.* 87(4): 84.
- Good, C., Weber, G.M., May, T., Davidson, J., Summerfelt, S., 2016. Reduced photoperiod (18 h light vs. 24 h light) during first-year rearing associated with increased early male maturation in Atlantic salmon *Salmo salar* cultured in a freshwater recirculation aquaculture system. *Aquaculture Research* 47(9): 3023–3027.
- Gozlan, R.E., Andreou, D., Asaeda, T., Beyer, K., Bouhadad, R., Burnard, D., Caiola, N., Cakic, P., Djikanovic, V., Esmaeili, H.R., Falka, I., Golicher, D., Harka, A., Jeney, G., Kováč, V., Musil,

- J., Nocita, A., Povz, M., Poulet, N., Virbickas, T., Wolter, C., Serhan Tarkan, A., Tricarico, E., Trichkova, T., Verreycken, H., Witkowski, A., Guang Zhang, C., Zweimueller, I., Britton, J., 2010. Pan-continental invasion of *Pseudorasbora parva*: towards a better understanding of freshwater fish invasions. *Fish and Fisheries* 11, 315-340.
- Hara, A., Hiramatsu, N., Fujita, T., 2016. Vitellogenesis and choriogenesis in fish. *Fish Sci.* 82(2): 187–202.
- Hardeland, R., Pandi-Perumal S.R., Cardinali, D.P., 2006. Melatonin. *The International Journal of Biochemistry and Cell Biology* 38(3): 313-316.
- Hartman, P., Regenda, J., 2016. *Praktika v rybníkářství*. FROV JU, 2. vydání, Vodňany, 375 s.
- Hendry, A.P., Beall, E., 2004. Energy use in spawning Atlantic salmon. *Ecology of Freshwater Fish* 13(3): 185-196.
- Hermelink, B., Kleiner, W., Schulz, C., Kloas, W., Wuertz, S., 2017. Photo-thermal manipulation for the reproductive management of pikeperch *Sander lucioperca*. *Aquaculture International* 25: 1– 20.
- Horváth, L., 1985. Egg development (oogenesis) in the common carp (*C. carpio* L.) In: Muir J.F. and Roberts R.J. (Editors), *Recent Advances in Aquaculture*, Vol. II. Croom Helm. London and Westview Press, Boulder Co., pp. 31-77.
- Kadri, S., Mitchell, D.F., Metcalfe, N.B., Huntingford, F.A., Thorpe, J.E., 1996. Differential patterns of feeding and resource accumulation in maturing and immature Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture* 142(3-4): 245-257.
- Kah, O., Pontet, A., Danger, J.M., Dubourg, P., Pelletier, G., Vaudry, H., Calas, A., 1989. Characterization, cerebral distribution and gonadotropin release activity of neuropeptide Y (NPY) in the goldfish. *Fish. Physiol. Biochem.* 7: 69–76.
- Kause, A., Kiessling, A., Martin, S.A., Houlihan, D., Ruohonen, K., 2016. Genetic improvement of feed conversion ratio via indirect selection against lipid deposition in farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). *Br J Nutr.* 116: 1656-1665.
- Kocour, M., Flajšhans, M., Gela, D., Rodina, M., Hulák, M., Kašpar, V., Linhart, O., 2010. Metodické postupy při aplikaci selekčního programu zaměřeného na zvyšování užitkovosti ryb v podmínkách českého rybářství. *Edice Metodik, FROV JU Vodňany, č. 103*, 86 s.
- Kocour, M., Prchal, M., Kocour Kroupová, H., Piačková, V., Gela, D., Veselý, T., Lipka, J., Voráček, V., 2017. FISHBOOST – Evropský projekt na podporu a rozvoj selekčních programů hospodářsky významných druhů ryb. In: Urbánek, M. (Ed.). *Sborník referátů 4. ročníku odborné konference Rybářského sdružení ČR, 9. – 10. února, 2017, České Budějovice*. s. 7-15.
- Kocour, M., Zhao, J., Prchal, M., Steinbach, Ch., Křišťan, J., Gela, D., Kocour Kroupová, H., Malinovskyi, O., Policar, T., 2021. The way to shorten the generation interval in selection program of common carp reared under temperate climate. In: *Book of abstracts, Aquaculture Europe 2021, 4–7 October 2021, Funchal (Madeira), Portugal*. pp. 640-641.
- Kolářová, J., Nepejchalová, L., Policar, T., 2019. Řešení zdravotní problematiky v intenzivních chovech ryb využívajících RAS (recirkulační akvakulturní systém). *Certifikovaná metodika. Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 180*, 58 s.
- Kolářová, J., Svobodová, Z., 2009. Léčebné a preventivní postupy v chovech ryb. *Edice metodik, FROV JU, Vodňany, č. 88*, 30 s.
- Kornis, M.S., Mercado-Silva, N., Vander Zanden, M.J., 2012. Twenty years of invasion: a review of round goby *Neogobius melanostomus* biology, spread and ecological implications. *J. Fish Biol.* 80: 235-285.

- Kouřil, J., Hamáčková, J., Hulová, I., Barthová, J., 1999. Hormonální indukce ovulace u kapra pomocí čištěného extraktu kapří hypofýzy. Edice metodik, VÚRH JU, Vodňany, č. 61, 4 s.
- Kouřil, J., Hamáčková, J., Stejskal, V., 2008. Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. Edice Metodik (Technologická řada), VÚRH JU, Vodňany, 36 s.
- Leclercq, E., Migaud, H., Taylor, J.F., Hunter, D., 2010. The use of continuous light to suppress pre-harvest maturation in sea-reared Atlantic salmon *Salmo salar* can be reduced to a four-month window. *Aquaculture Research* 41(10): 709-714.
- Linhart, O., Rodina, M., Kašpar, V., 2015. Common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) male fertilization potency with secure number of spermatozoa per ova. *Journal of Applied Ichthyology* 31(S1): 169-173.
- Liu, Q., Duston, J., 2016. Preventing sexual maturation in arctic charr by 24h light overwinter and suppressing somatic growth. *Aquaculture* 464: 537-544.
- Liu, Q., Duston, J., 2018. Efficacy of 24h light to reduce maturation in Arctic charr *Salvelinus alpinus* is dependent on both the start date and duration. *Aquaculture* 484: 44-50.
- Loh, K., Herzog, H., Shi, Y-C., Regulation of energy homeostasis by the NPY system. *Trends in Endocrinology & Metabolism* 26(3): 125-135.
- Love, R.M., 1980. Maturation. In: *The Chemical Biology of Fishes II*. Academic Press, London, pp. 36-46.
- Lucas, J.S., Southgate, P.C., Tucker, C.S., 2019. *Aquaculture: farming aquatic animals and plants*. Third edition. Hoboken, NJ: Wiley Blackwell. pp. 363-385.
- Lundová, K., Matoušek, J., Prokešová, M., Vanina, T., Šebesta, R., Urban, J., Stejskal, V., 2018. The effects of a prolonged photoperiod and light source on growth, sexual maturation, fin condition, and vulnerability to fungal disease in brook trout *Salvelinus fontinalis*. *Aquac. Res.* 50(1): 256-267.
- Marty, L., Rochet, M.J., Ernande, B., 2014. Temporal trends in age and size at maturation of four North Sea gadid species: Cod, haddock, whiting and Norway pout. *Marine Ecology Progress Series* 497: 179-197.
- McCrimmon, H. 1968. Carp in Canada. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 165: 1-93.
- Migaud, H., Wang, N., Gardeur, J.N., Fontaine, P., 2006. Influence of photoperiod on reproductive performances in Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Aquaculture* 252: 385-393.
- Mobley, K.B., Aykanat, T., Czorlich, Y., House, A., Kurko, J., Miettinen, A., Moustakas-Verho, J., Salgado, A., Sinclair-Waters, M., Verta, J.P., Primmer, C.R., 2021. Maturation in Atlantic salmon (*Salmo salar*, Salmonidae): A synthesis of ecological, genetic, and molecular processes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 31(3): 523-571.
- Morita, K., Morita, S.H., Fukuwaka, M., Matsuda, H., 2005. Rule of age and size at maturity of chum salmon *Oncorhynchus keta*: implications of recent trends among *Oncorhynchus* spp. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62(12): 2752-2759.
- Ohga, H., Selvaraj, S., Matsuyama, M., 2018. The roles of kisspeptin system in the reproductive physiology of fish with special reference to chub mackerel studies as main axis. *Front. Endocrinol.* 9: 147.
- Okuzawa, K., 2002. Puberty in teleosts. *Fish Physiology and Biochemistry* 26(1): 31-41.
- Páez D.J., Bernatchez L., Dodson J.J., 2011. Alternative life histories in the Atlantic salmon: genetic covariances within the sneaker sexual tactic in males. *Proc. R. Soc. B.* 278: 2150-2158.
- Parameswaran, S., K.H. Alikunhi & K.K. Sukamaram. 1972. Observations on the maturation, fecundity and breeding of the common carp, *Cyprinus carpio* Linnaeus. *Indian J. Fish.* 19: 110-124.

- Peter, R.E., Yu, K.L., 1997. Neuroendocrine regulation of ovulation in fishes: Basic and applied aspects. *Rev. Fish Biol. Fisher.* 7: 173–197.
- Pinder, A.C., Gozlan, R., Britton, R., 2005. Dispersal of the invasive topmouth gudgeon *Pseudorasbora parva* in the UK: A vector for an emergent infectious disease. *Fisheries Management and Ecology* 12: 411 - 414.
- Polícar, T., Kříšťan, J., Hampl, J., Blecha, M., Kolářová, J., 2018a. Provozní manuál sloužící k efektivnímu provozu intenzivní akvakultury využívající RAS. Certifikovaná metodika. Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 169, 54 s.
- Polícar, T., Fuka, T., Blecha, T., 2018. Nové postupy a technologické komponenty a možnosti jejich využití v akvakultuře. Certifikovaná metodika. Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 170, 56 s.
- Prášek, V., 2006. Biologie hlavačky mramorované (*Proterorhinus marmoratus*), nového druhu ichthyofauny České republiky. Disertační práce. Masarykova univerzita, Brno. 80 s.
- Prchal, M., Gela, D., Flajšhans, M., Piačková, V., Kocour Kroupová, H., Kocour, M., 2021a. Využití amurského lysce pro zefektivnění produkce kapra v rybniční akvakultuře ČR. FROV Vodňany, Edice metodik (technologická řada) č. 189, 51 s.
- Prchal, M., Kause, A., Vandeputte, M., Gela, D., Allamelou, J.M., Girish, K., Bestin, A., Bugeon, J., Zhao, J., Kocour, M., 2018b. The genetics of overwintering performance in two-year old common carp and its relation to performance until market size. *PLoS ONE* 13(1): e0191624.
- Prchal, M., Vandeputte, M., Gela, D., Doležal, M., Buchtová, H., Rodina, M., Flajšhans, M., Kocour, M., 2018a. Estimation of genetic parameters of fatty acids composition in flesh of market size common carp (*Cyprinus carpio* L.) and their relation to performance traits revealed that selective breeding can indirectly affect the flesh quality. *Czech Journal of Animal Science* 63: 280 – 291.
- Prchal, M., Zhao, J., Gela, D., Kašpar, J., Lepič, P., Kašpar, V., Kocour, M., 2021b. Simplified method for genetic slaughter yields improvement in common carp under European pond conditions. *Aquaculture Reports* 21, 100832.
- Qi, X., Salem, M., Zhou, W., Sato-Shimizu, M., Ye, G., Smitz, J., Peng, C., 2016. Neurokinin B exerts direct effects on the ovary to stimulate estradiol production. *Endocrinology* 157(9): 3355-3365.
- Qi, X., Zhou, W., Li, S., Liu, Y., Ye, G., Liu, X., Peng, C., Zhang, Y., Lin, H. 2015. Goldfish neurokinin B: Cloning, tissue distribution, and potential role in regulating reproduction. *General and Comparative Endocrinology*, 221: 267-277.
- Randall, C.F., Bromage, N., 1998. Photoperiodic history determines the reproductive response of rainbow trout to changes in daylength. *J. Comp. Physiol.* 183: 651–660.
- Reed, T.E., Prodöhl, P., Bradley, C., Gibbey, J., McGinnity, P., Primmer, C.R., Bacon, P.J., 2018. Heritability estimation via molecular pedigree reconstruction in a wild fish population reveals substantial evolutionary potential for sea-age at maturity, but not size within age-classes. *Canadian J Fish Aquat Sci.* 76(5): 790-805.
- Reinecke, M., 20010 Insulin-like growth factors and fish reproduction. *Biology of Reproduction* 82: 656-661.
- Rodríguez, L., Begtashi, I., Zanuy, S., Shaw, M., Carrillo, M., 2001. Changes in plasma levels of reproductive hormones during first sexual maturation in European male sea bass *Dicentrarchus labrax* L. under artificial day lengths. *Aquaculture* 202: 235-248.
- Rodríguez, L., Begtashi, I., Zanuy, S., Shaw, M., Carrillo, M., 2001. Changes in plasma levels of reproductive hormones during first sexual maturation in European male sea bass *Dicentrarchus labrax* L. under artificial day lengths. *Aquaculture* 202: 235-248.

- Roh, H., Park, J., Kim, A., Kim, N., Lee, Y., Kim, B.S., Vijayan, J., Lee, M.K., Park, C.-I., Kim, D.-H., 2020. Overfeeding-induced obesity could cause potential immuno-physiological disorders in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Animals* 10: 1499.
- Shewmon, L.N., Godwin, J.R., Murashige, R.S., Daniels, H.V., 2007. Environmental manipulation of growth and sexual maturation in yellow perch *Perca flavescens*. *J. World Aquacult. Soc.* 38: 383–394.
- Shu, H., Yang, L., Zhang, Y., Liu, X., Lin, H., Li, S., 2018. Identification and functional characterization of two Secretogranin II genes in orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*). *General and Comparative Endocrinology* 261: 115-126.
- Sinclair-Waters, M., Ødegård, J., Korsvoll, S.A., Moen, T., Lien, S., Primmer, C.R., Barson, N.J., 2020. Beyond large-effect loci: large-scale GWAS reveals a mixed large-effect and polygenic architecture for age at maturity of Atlantic salmon. *Genet Sel Evol* 52: 9.
- Small, B.C., Nonneman, D., 2001. Sequence and expression of a cDNA encoding both pituitary adenylate cyclase activating polypeptide and growth hormone-releasing hormone-like peptide in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *General and Comparative Endocrinology* 122(3): 354-363.
- Smith, B.B., Walker, K.F., 2004. Spawning dynamics of common carp in the River Murray, South Australia, shown by macroscopic and histological staging of gonads. *Journal of Fish Biology* 64: 336-354.
- Srimai, W., Koonawootrittriron, S., Manee-aphai, W., Chatchaiphan, S., Koolboon, U., Nakhorn, U., 2019. Genetic parameters and genotype-environment interaction for growth traits of North African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Aquaculture* 501: 104-110.
- Stejskal V., Gebauer R., Matoušek J., Šebesta R., Prokešová M., Mráz J., Kouřil J., 2018. Technologie a technické prvky recirkulačních akvakulturních systémů pro chov ryb. FROV Vodňany, Edice metodik č. 174. 106 s.
- Svåsand, T., Jorstad, K.E., Ottera, H., Kjesbu, O.S., 1996. Differences in growth performance between Arcto-Norwegian and Norwegian coastal cod reared under identical conditions. *Journal of Fish Biology*, 49(1): 108-119.
- Svobodová, Z., Máchová, J., Poleszczuk, G., Hůda, J., Hamáčková, J., Kroupová, H., 2005. Nitrite Poisoning of Fish in Aquaculture Facilities with Water-recirculating Systems: three Case Studies. *Acta veterinaria Brno*, 74: 129-137.
- Sze, K H., Zhou, H., Yang, Y., He, M., Jiang, Y., Wong, A.O., 2007. Pituitary adenylate cyclase-activating polypeptide (PACAP) as a growth hormone (GH)-releasing factor in grass carp: II. Solution structure of a brain-specific PACAP by nuclear magnetic resonance spectroscopy and functional studies on GH release and gene expression. *Endocrinology*, 148(10): 5042-5059.
- Tarangel, G.L., Carrillo, M., Schultz, R.W., Fontaine, P., Zanuy, S., Felip, A., Weltzien, F.A., Dufour, S., Karlsen, Ø., Norberg, B., Andersson E., Hansen, T., 2010. Control of puberty in farmed fish. *General and Comparative Endocrinology* 165(3): 483-515.
- Tessema, A., Getahun, A., Mengistou, S., Fetahi, T., Dejen E., 2020. Reproductive biology of common carp *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 in Lake Hayq, Ethiopia. *Fish. Aquatic Sci.* 23(16): 1-10.
- Thorpe, J.E., 2007. Maturation responses of salmonids to changing developmental opportunities. *Marine Ecology Progress Series* 335: 285-288.
- Trombley, S., Schmitz, M., 2013. Leptin in fish: possible role in sexual maturation in male Atlantic salmon. *Fish Physiology and Biochemistry* 39(1): 103-106.

- Trudeau, V.L., Spanswick, D., Fraser, E.J., Larivière, K., Crump, D., Chiu, S., MacMillan, M., Schulz, R.W., 2000. The role of amino acid neurotransmitters in the regulation of pituitary gonadotropin release in fish. *Biochem Cell Biol.* 78(3): 241-59.
- Trudeau, V.L., Martyniuk, C.J., Zhao, E., Hu, H., Volkoff, H., Decatur, W.A., Basak, A., 2012. Is secretoneurin a new hormone? *General and Comparative Endocrinology* 175(1): 10-18.
- Tsikliras, A. C., Stergiou, K. I., 2014. Age at maturity of Mediterranean marine fishes. *Mediterranean Marine Science*, 16(1): 5–20.
- Valová, Z., Konečná, M., Janáč, M., Jurajda, P., 2015. Population and reproductive characteristics of a non-native western tubenose goby (*Proterorhinus semilunaris*) population unaffected by gobiid competitors. *Aquatic Invasions* 10(1): 57 – 68.
- van Ginneken, V.J.T., Maes, G.E., 2005. The European eel *Anguilla anguilla* Linnaeus, its lifecycle, evolution and reproduction: a literature review. *Rev. Fish Biol. Fisher.* 15: 367–398.
- Vargas, R., Vásquez, I.C., 2017. Effects of overfeeding and high-fat diet on cardiosomatic parameters and cardiac structures in young and adult zebrafish. *Fish Physiology and Biochemistry* 43: 1761-1773.
- Virote, B.D.C.R., Moreira, A.M.S., Silva Souza, J.G.D., Castro, T.F.D., Melo, N., Carneiro, W.F., Drummond, C.D., Vianna, A.R.D.C.B., Murgas, L.D.S., 2020. Obesity induction in adult zebrafish leads to negative reproduction and offspring effects. *Reproduction* 160(6): 833-842.
- Vladic, P., Petersson, E., 2015. Mating behavior, mate choice and mating success in Atlantic salmon. In *Evolutionary Biology of the Atlantic salmon*, 1st edition. CRC Press, pp. 153-175.
- Wang, N., Teletchea, F., Kestemont, P., Milla, S., Fontaine, P., 2010. Photothermal control of the reproductive cycle in temperate fishes. *Reviews in Aquaculture* 2(4): 209-222.
- Wong, A.O., Leung, M.Y., Shea, W.L., Tse, L.Y., Chang, J.P., Chow, B.K., 1998. Hypophysiotropic action of pituitary adenylate cyclase-activating polypeptide (PACAP) in the goldfish: immunohistochemical demonstration of PACAP in the pituitary, PACAP stimulation of growth hormone release from pituitary cells, and molecular cloning of pituitary type I PACAP receptor. *Endocrinology* 139(8): 3465-3479.
- Wong, A.O., Li, W.S., Lee, E.K., Leung, M.Y., Tse, L.Y., Chow, B.K.C, Lin, H.R., Chang, J.P., 2000. Pituitary adenylate cyclase activating polypeptide as a novel hypophysiotropic factor in fish. *Biochemistry and Cell Biology* 78(3): 329-343.
- Zhao, E., Basak, A., Trudeau, V.L., 2006. Secretoneurin stimulates goldfish pituitary luteinizing hormone production. *Neuropeptides* 40(4): 275-282.
- Zhong, H., Hu, Y., Yu, F., 2021. A review on ghrelin and fish reproduction. *Reproduction and Breeding* 1(2): 128-135.
- Zhu, D., Yang, K., Gul, Y., Song, W., Zhang, X., Wang, W., 2014. Effect of photoperiod on growth and gonadal development of juvenile topmouth gudgeon *Pseudorasbora parva*. *Environmental Biology of Fishes* 97(2): 147-156.
- Zmora, N., Wong, T.-T., Stubblefield, J., Levavi-Sivan, B., Zohar, Y., 2017. Neurokinin B regulates reproduction via inhibition of kisspeptin in a teleost, the striped bass. *J. Endocrinol.* 233: 159-174.
- Zohar, Y., Muñoz-Cueto, J.A., Elizur, A., Kah, O., 2010. Neuroendocrinology of reproduction in teleost fish. *Gen. Comp. Endocrinol.* 165(3): 438-455.

8. SEZNAM VÝSTUPŮ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- Kocour, M., Zhao, J., Prchal, M., Steinbach, Ch., Křišťan, J., Gela, D., Kocour Kroupová H., Policar, T., 2020. Využití RAS s cílem zkrátit generační interval u kapra obecného v rámci šlechtitelského programu u plemene amurského lysce. Odborný seminář "Využití intenzivní akvakultury a biotechnologických postupů v českém produkčním rybářství", 8.12.2020, Vodňany, ČR. On-line prezentace: http://web.frov.jcu.cz/files/veda-vyzkum/odborny-seminar/prezentace/13_Kocour_a_kol.pdf.
- Kocour, M., Zhao, J., Prchal, M., Steinbach, Ch., Křišťan, J., Gela, D., Kocour Kroupová, H., Malinovskyi, O., Policar, T., 2021. The way to shorten the generation interval in selection program of common carp reared under temperate climate. In Book of abstracts, Aquaculture Europe 2021, 4–7 October 2021, Funchal (Madeira), Portugal. pp. 640-641.
- Prchal, M., Gela, D., Flajšhans, M., Piačková, V., Kocour Kroupová, H., Kocour, M., 2021. Využití amurského lysce pro zefektivnění produkce kapra v rybníční akvakultuře ČR. FROV Vodňany, Edice metodik (technologická řada) č. 189, 51 s.
- Prchal, M., Kause, A., Vandeputte, M., Gela, D., Allamelou, J.M., Girish, K., Bestin, A., Bugeon, J., Zhao, J., Kocour, M., 2018. The genetics of overwintering performance in two-year old common carp and its relation to performance until market size. PLoS ONE 13(1): e0191624.
- Prchal, M., Zhao, J., Gela, D., Kašpar, K., Lepič. P., Kašpar, V., Kocour, M., 2021. Simplified method for genetic slaughter yields improvement in common carp under European pond conditions. Aquaculture Reports 21, 100832.

Dedikace

Metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu podpořeného Ministerstvem zemědělství České republiky prostřednictvím Národní agentury pro zemědělský výzkum č. QK1910430 – Inovace technologických prvků v chovu kapra obecného za účelem maximálního využití vysokého potenciálu selekčních programů v podmínkách rybníčního hospodaření

Externí odborný oponent

Prof. Ing. Radovan Kopp, Ph.D.
Mendelova univerzita v Brně, Oddělení rybářství a hydrobiologie
Zemědělská 1, 613 00 Brno

Interní odborný oponent

Ing. Marek Rodina, 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

Oponent za státní správu

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

Osvědčení o uplatněné certifikované metodice č. ze dne

vydalo Ministerstvo zemědělství ČR, Odbor státní správy lesů, myslivosti a rybářství, Oddělení rybářství a včelařství, Těšnov 65/17, 110 00 Praha 1

Adresa autorského kolektivu

doc. Ing. Martin Kocour, Ph.D. 40 %
Ing. Martin Prchal, Ph.D. 30 %
Ing. David Gela, Ph.D. 5 %
doc. Ing. Hana Kocour Kroupová, Ph.D. 5 %
M.Sc. Christoph Steinbach, Ph.D. 5 %
Bc. Margaréta Garayová 5 %
doc. Ing. Tomáš Policar, Ph.D. 10 %

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 Metodik (technologická řada) vydala Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, www.frov.jcu.cz;
přidělený editor: prof. Ing. Martin Flajšhans, Dr.rer.agr.; redakce: Zuzana Dvořáková;
náklad: 200 ks, 1. vydání; metodika uplatněna v roce 2022; vytištěna v roce 2022;
grafický design a technická realizace: