

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Fakulta rybářství a ochrany vod  
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

## Bakalářská práce

### **Rozdíly ve vývoji gonád u kapra obecného ve věkové kategorii K2-K3 při rozdílných podmínkách chovu**

**Autor:** Jan Fábrik

**Vedoucí bakalářské práce:** doc. Ing. Martin Kocour, Ph.D.

**Konzultanti bakalářské práce:** M.Sc. Jinfeng Zhao, Ph.D., Ing. Martin Prchal, Ph.D.

**Studijní program:** Zootechnika

**Studijní obor:** Rybářství

**Forma studia:** Prezenční

České Budějovice, 2022

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma “Rozdíly ve vývoji gonád u kapra obecného ve věkové kategorii K2-K3 při rozdílných podmínkách chovu“ jsem vypracoval samostatně za použití pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne

Podpis:

## **Poděkování**

Chtěl bych tímto poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Martinovi Kocourovi, Ph.D., a konzultantům za odborné vedení a pomoc při řešení práce. Děkuji také Ing. Michalovi Pechovi za ochotný přístup a odbornou pomoc v oblasti histologie. V neposlední řadě bych také rád poděkoval své rodině a přátelům za podporu.

# JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta rybnářství a ochrany vod

Akademický rok: 2019/2020

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jan FÁBRIK**  
Osobní číslo: **V18B001P**  
Studijní program: **B4103 Zootechnika**  
Studijní obor: **Rybnářství**  
Téma práce: **Rozdíly ve vývoji gonád u kapra obecného ve věkové kategorii K2 – K3 při rozdílných podmínkách chovu**  
Zadávající katedra: **Výzkumný ústav rybnářský a hydrobiologický**

### Zásady pro vypracování

Kapr obecný se v podmínkách ČR využívá k umělé reprodukci poprvé zpravidla až ve věku 5 let. Samci se mohou využít i dříve, u samic je využití v ranějším věku problematické. Mladší ryby buď nejsou vůbec schopny umělého výtěru nebo vykazují špatné reprodukční ukazatele (relativní plodnost, oplozenost jiker) a vyšší ztráty způsobené celkovým stresem spojeným s umělým výtěrem (manipulace, hormonální stimulace apod.). Dlouhý generační interval u kapra je ale problémem např. při šlechtitelské práci a jeho zkrácení je žádoucí. Generační interval kapra v tropických oblastech je výrazně kratší (1-2 roky). Při selekčním programu na rychlost růstu lze dle předchozích výsledků vybírat ryby pro založení další generace v podmínkách ČR ve věkové kategorii K2 (po druhé vegetační sezóně), aniž by došlo k zásadnímu zhoršení genetického zisku ve srovnání se selekcí prováděnou na rybách v tržní velikosti. Nabízí se tedy možnost využít recirkulační akvakulturní systémy (RAS) s oteplenou vodou pro zkrácení generačního intervalu o jeden až dva roky. Cílem práce je popsat rozdíly ve vývoji gonád u ryb ve věkové kategorii K2 – K3 odchovávaných za standardních podmínek a v RAS. Ryby stejného původu a věku byly rozděleny na dvě části, z nichž jedna byla odchována v klasických rybníčních podmínkách a druhá v RAS při teplotě vody neklesající pod 17°C. Od dubna jednoho roku do dubna roku následujícího proběhlo či proběhne v měsíčních intervalech vzorkování ryb (6 samic a 6 samců z každého prostředí). Při každém vzorkování se zaznamenají údaje o hmotnosti ryb, délce těla a hmotnosti gonád. Vzorek gonád bude odebrán pro histologické vyšetření. Ze získaných údajů se vypočte gonadosomatický index (GSI) a provede se histologické vyšetření odebraných gonád. Stupeň vývoje gamet (velikost a vývojové stádium) z histologického vyšetření bude korelován s GSI, kumulativní teplotou vody a případně i růstem ryb. Z informací bude možno odhadnout, jak výrazně rozdílné odchovné podmínky mění vývoj gonád a dá tušit o možnostech zkrácení generačního intervalu kapra v ČR a využití takých ryb v praxi.

Rozsah pracovní zprávy: **30-50 stran**  
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

### Seznam doporučené literatury:

- Davies, P.R., Hanyu, I., 1986. Effect of temperature and photoperiod on sexual maturation and spawning of the common carp: I. Under conditions of high temperature. *Aquaculture* 51(3-4): 277-288.
- Davies, P.R., I. Hanyu, K. Furukawa & M. Nomura. 1986. Effect of temperature and photoperiod on sexual maturation and spawning of the common carp II. Under conditions of low temperature. *Aquaculture* 52: 51-58.
- Erkmen, B., K?rankaya, S.G., 2016. A preliminary histological study on ovarium development in mirror carp and scaled carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) introduced into gellingüllü reservoir, Turkey. *Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research* 2(4): 185-192.
- Gupta S, 1975. The development of carp gonads in warm wateraquaria. *Journal of Fish Biology*, 7: 775-782.

- Kucharczyk, D., Targońska, K., Hliwa, P., Gomułka, P., Kwiatkowski, M., Krejszef, S., Perkowski, J. 2008. Reproductive parameters of common carp (*Cyprinus carpio*L.) spawners during natural season and out-of-season spawning. *Reproductive Biology*, 8: 285-289.
- Linhart, O, Kudo, S, Billard, R, Slechta, V and Mikodina, V. 1995. Morphology, composition and fertilization of carp eggs: a review. *Aquaculture*, 129: 75-93.
- Nocillado, J.N., Elizur, A., 2008. Neuroendocrine regulation of puberty in fish: Insights from the grey mullet (*Mugil cephalus*) model. *Molecular Reproduction and Development* 75(2): 355-361
- Okuzawa, K., 2002. Puberty in teleosts. *Fish Physiology and Biochemistry* 26:31-41.
- Polícar, T., Podhorec, P., Stejskal, V., Kozak, P., Svinger, V., Alavi, S.M.H., 2011. Growth and survival rates, puberty and fecundity in captive common barbel (*Barbus barbus* L.) under controlled conditions. *Czech Journal of Animal Science* 56(10): 433-442.
- 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.
- Taranger, G.L., Carrillo, M., Schulz, R.W., Fontaine, P., Zanuy, S., Felip, A., Weltzien, F.A., Dufour, S., Karlisen, O., Norberg, B., Andersson, E., Hansen, T., 2010. Control of puberty in farmed fish. *General and Comparative Endocrinology* 165(3): 483-515.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Martin Kocour, Ph.D.**  
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Konzultanti bakalářské práce: **Ing. Martin Prchal, Ph.D.**  
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický  
**MSc. Jinfeng Zhao**  
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Datum zadání bakalářské práce: **20. února 2020**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **3. května 2021**

  
\_\_\_\_\_  
**prof. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.**  
děkan

L.S.

  
\_\_\_\_\_  
**prof. Ing. Tomáš Randák, Ph.D.**  
ředitel

## Obsah

1.	Úvod a cíl práce .....	8
2.	Literární rešerše .....	9
2.1	Základní informace o kapru obecném .....	9
2.1.1	Taxonomické zařazení .....	9
2.1.2	Vzhled kapra .....	9
2.1.3	Původ kapra .....	10
2.1.4	Přirozené prostředí a potrava .....	10
2.1.5	Rozmnožování .....	10
2.1.6	Optimální životní podmínky pro kapra .....	11
2.1.7	Produkce kapra .....	11
2.2	Pohlavní soustava kapra .....	12
2.2.1	Testes .....	12
2.2.2	Ovária .....	14
2.2.3	Vliv teploty na pohlavní dospívání .....	18
2.3	Umělý výtěr .....	18
2.3.1	Příprava generačních ryb před vlastním umělým výtěrem .....	19
2.3.2	Hormonální stimulace ryb před umělým výtěrem .....	20
2.3.3	Umělý výtěr jiker a mlíčí .....	21
2.4	Odchov kapra obecného .....	23
3.	Metodika .....	24
3.1	Testované ryby a jejich odchov .....	24
3.2	Získávání dat o rybách .....	25
3.3	Příprava histologických preparátů .....	28
3.4	Vyhodnocování histologických řezů .....	32
3.5	Vyhodnocování dat .....	33

4.	Výsledky .....	34
4.1	Hmotnostní a kondiční stav ryb .....	34
4.1.1	Hmotnostní a kondiční stav (Samice).....	34
4.1.2	Hmotnostní a kondiční stav (Samci) .....	35
4.2	Gonadosomatický index .....	37
4.3	Stupně vývoje gonád.....	38
4.3.1	Stupně vývoje gonád u samic .....	38
4.3.2	Stupně vývoje gonád u samců .....	47
4.3.3	Kumulace denních stupňů .....	51
4.4	Závislost GSI na průměru oocytů .....	52
5.	Diskuze .....	53
6.	Závěr .....	56
7.	Použitá literatura .....	57
8.	Seznam obrázků, tabulek a grafů .....	63
	Abstrakt .....	65
	Abstract.....	66

## 1. Úvod a cíl práce

Kapr obecný (*Cyprinus carpio*) je čtvrtým nejvíce chovaným druhem ryb na světě (FAO, on-line) a nejběžněji chovanou rybou na území České republiky. K roku 2020 bylo v České republice vyprodukováno 20,4 tis. tun ryb, z čehož 17,3 tis. tun bylo kapra obecného (FAO, on-line). Jedná se tedy o ekonomicky nejvýznamnější druh ryby na území České republiky. Světová produkce kapra činila zhruba 4 miliony tun k roku 2020 (FAO, on-line). Problém v produkci kapra představuje fakt, že tento druh dospívá na našem území velmi pomalu, z důvodu neideálních podmínek, zejména teploty vody. Kapr obecný, tedy především samice, dosahují pohlavní dospělosti až ve 4-5 roce života. Onen fakt má negativní dopad na šlechtění kapra. V oblastech subtropických a tropických dochází k pohlavní zralosti kapra dokonce během jednoho či dvou let (Horváth, 1985).

Kapr je prvním druhem ryby, jenž byl chován v rybníce. Pro chov v rybníce je kapr ideální zejména díky svým vlastnostem jako jsou rychlost růstu, odolnost vůči parazitům a chorobám a snadné reprodukci (Balon, 1995). Ideální teplotní podmínky pro nejefektivnější růst kapra obecného se pohybují v rozpětí 20–26 °C. Optimální kyslíkové koncentrace pro kapra se udávají 6-8 mg·l<sup>-1</sup> (Dubský a kol., 2003). Těchto podmínek jsme schopni docílit a udržovat je v kontrolovaném prostředí jako je recirkulační akvakulturní systém (RAS). S využitím RAS by mělo být možné dosáhnout i ranějšího pohlavního dospívání ryb.

Cílem práce bylo popsat rozdíly ve vývoji gonád u ryb chovaných v různých teplotních podmínkách. Předpokladem bylo, že jikernačky chované v RAS na vyšší teplotě počátkem jara a od září až do předjaří následujícího roku pohlavně dospějí a bude je možné úspěšně uměle vytrít ve věku tří let. Jako vedlejší efekt se předpokládalo, že díky optimálním životním podmínkám budou ryby z RAS ve velikosti blízké generačním rybám ve věku 5-6 let odchovávaných v rybnících. Tento experiment by měl přispět k usnadnění a zrychlení selekčního programu kapra obecného v našich podmínkách. Pomocí selekce jsme schopni zlepšit hlavní užitkové znaky jako jsou rychlost růstu, jateční výtěžnost a odolnost vůči některým nemocem. Šlechtitelské programy kapra obecného jsou pořád velmi prosté. Ve většině případů jsou založené na hybridizaci a selekční šlechtění se používá pouze ve výjimečných případech (Prchal a kol., 2020).



## 2. Literární rešerše

### 2.1 Základní informace o kapru obecném

#### 2.1.1 Taxonomické zařazení

Třída: *Osteichthyes* – Ryby

Nadřád: *Teleostei* – Kostnatí

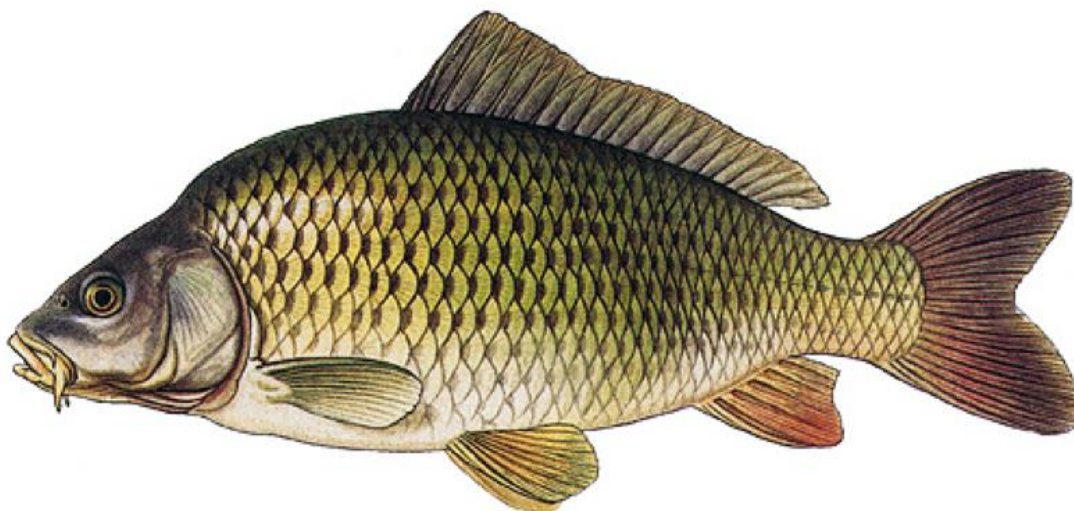
Řád: *Cypriniformes* – Máloostní

Podřád: *Cyprinoidei* – Kaprovci

Čeleď: *Cyprinidae* – Kaprovití

Rod: *Cyprinus* – Kapr

Druh: *Cyprinus carpio* – Kapr obecný (Linnaeus, 1758) – Obrázek 1



Obrázek 1. Kapr obecný (Pospíšil a Hlíška, 2020), ilustrace Hlíšek, K.

#### 2.1.2 Vzhled kapra

Vnější morfologie kapra obecného zahrnuje robustně vypadající tělo, které je mediálně zploštělé. Postavení úst u kapra obecného je spodní a kolem v okolí se nacházejí 2 páry hmatových vousků. Povrch těla kapra je pokryt cykloidními šupinami. Avšak

pomocí šlechtitelských prací vzniklo více variant ošupení kapra. Pomocí těchto variant rozeznáváme šupinatého, hladkého, lysého a řádkového kapra. (Dubský a kol., 2003).

### **2.1.3 Původ kapra**

Jedná se o druh, který je na našem území nepůvodní, ale pouze zdomácnělý. Na území České republiky se nachází pouze jedno povodí, kde se kapr obecný dá považovat za původní druh. Jedná se o povodí řeky Moravy, respektive povodí Dunaje (Dubský a kol., 2003). Jako původní areál výskytu kapra obecného je uváděno oblast Kaspického moře, povodí Aralského jezera a úmoří Černého moře. První zmínky o výskytu kapra obecného na našem území pochází z období 11. století našeho letopočtu (Hanel a Lusk, 2005). Co se týče chovu kapra obecného, tak první zmínky se datují zhruba v období 1000 př.n.l. a pocházejí z Číny (Balon, 1995). Avšak novější zdroje uvádějí, že historie chovu kapra sahá až do doby 6000 let př.n.l. a pocházejí z čínské provincie Che-nan (Nakajima a kol. 2019).

### **2.1.4 Přirozené prostředí a potrava**

Kapr obecný je ryba přirozeně vyskytující ve vodách jak stojatých, jako jsou nádrže a rybníky, tak i mírně tekoucího parmového a cejnového pásma. V zimních měsících vyhledává hlubší místa. Aktivita kapra je nevyšší v letních měsících za rozbřesku a při stmívání. Jedná se o hejnový druh. Co se potravy týče, tak je kapr obecný je všežravá ryba. Potravní složení ryby se mění v závislosti na vývojovém stádiu ryby. Ve stádiu plůdku se kapr živí zejména drobným zooplanktonem a fytoplanktonem. Postupně se kromě zooplanktonu a fytoplanktonu do potravy kapra přidává také bentos jako například nitěnky, hmyz, larvy hmyzu, ale i rostliny, ať už nižší (řasy) tak i části vyšších (Hanel a Lusk, 2005).

### **2.1.5 Rozmnožování**

Kapr obecný v podmínkách České republiky pohlavně dospívá ve 3-5 letech. Jikernačky (samice) dospívají zpravidla ve 4-5 letech, kdežto mlíčáci (samci) již ve 3-4 letech. Přirozený výtěr kapra probíhá při teplotě vody 18-20 °C, tedy koncem jara

v období května až června (Dubský, 2015). Při výtěru klade jikry na vodní vegetaci, čímž se řadí mezi ryby fytofilní. Délka inkubace larev přímo závisí na teplotě vody, což lze vyjádřit tzv. denními stupni [ $1\text{ }^{\circ}\text{D}$ ]. Jeden denní stupeň odpovídá jednomu dni při průměrné teplotě  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Larvy se kulí z jiker po dosažení  $60\text{--}70\text{ }^{\circ}\text{D}$  (denních stupňů) (Gela a kol., 2009). Rozmnožování samotné je hormonálně regulováno (viz kapitoly 2.2.1 a 2.2.2). Orgány, které stojí za řízením gametogeneze jsou hypotalamus, hypofýza a gonády (viz kapitola 2.3.2.).

### **2.1.6 Optimální životní podmínky pro kapra**

Ideální teplotní podmínky pro nejefektivnější růst kapra obecného se pohybují v rozpětí  $20\text{--}26\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Optimální kyslíkové koncentrace pro kapra se udávají  $6\text{--}8\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Kapr dokáže krátkodobě přežít i v koncentraci kyslíku pouhých  $2\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  (Dubský a kol., 2003), avšak při těchto nízkých hodnotách a vyšší teplotě vody mohou být tyto hodnoty pro jedince letální (Velíšek a kol., 2014). Kapr obecný rovněž vykazuje vysokou toleranci vůči výkyvům pH vody. Jako optimum se uvádí pH vody mezi 7 až 8,3 (Hartman a Regenda, 2016), avšak starší jedinci tohoto druhu jsou schopni přežít v rozmezí pH 5 – 10 (Dubský a kol., 2003).

### **2.1.7 Produkce kapra**

Kapr se díky svým vlastnostem stal na našem území nejvíce produkovanou rybou (Hanel a Lusk, 2005). Kapr obecný byl základním kamenem produkce ryb v České republice již na počátku rybníkářství, což je možné doložit pomocí evidovaných výlovů vypracovaných rybáři a rybníkáři již od 13. století našeho letopočtu (Dubský, 2015). Na našem území se v roce 2018 podle zprávy Produkce a trh ryb Rybářského sdružení České republiky vyprodukovalo 18 430 tun kapra (tržního). Produkce kapra v Evropě se pohybovala kolem 134 tis. tun (FAO, on-line). Celková produkce kapra v Evropské unii se pohybuje zhruba na 2 % celé světové produkce. Hlavní část světové produkce tvoří Čína, která produkuje kolem 80 % celkové světové produkce kapra a Indonésie (FAO, on-line).

## 2.2 Pohlavní soustava kapra

Jedná se od druh s odděleným pohlavím. Samci se nazývají mlíčáci, kdežto samice jikernačky. Mlíčáci mají močopohlavní papilu štěrbinovitou a protáhlou. Oproti jikernačkám jsou štíhlejší, zejména pak v předvýtěrovém období. V době tření mohou mít mlíčáci třecí vyrážku na hlavě, v oblasti postranní čáry, na ocasním násadci a na tvrdých paprscích hřbetní a řitních ploutví. Jikernačky mají zvětšenou dutinu břišní, která je v průběhu roku tvrdá a před výtěrem změkne. Oproti mlíčákům mají močopohlavní papilu okrouhlou tvaru hvězdičky, zduřelou a narůžovělou (Dubský a kol., 2003).

Kapří pohlavní orgány u jikernaček jsou párové vaječníky s vejcovody. U mlíčáků jsou párové varlata (testes) a chámovody. K diferenciaci gonocytů (pohlavních buněk) od buněk somatických (tělních) dochází již v období embryogeneze. Avšak gonocyty nejsou rozděleny na samčí a samičí. K této diferenciaci dochází po vzniku spermiogeneze a ovogeneze až po 5-7 měsících (Krupauer, 1966).

U dospělých mlíčáků jsou testes zbarveny do bílé barvy. Spermie se tvoří v centrálních a postranních váčcích (Dubský a kol., 2003). Nejdříve nastává spermatogeneze, při které vzniká spermatida, ze které následně spermiogenezí vzniká spermie. Spermie kapra mají fylogeneticky primitivní stavbu, tzn. kulatou hlavičku (2 – 3  $\mu\text{m}$ ) bez akrozomu s velmi tenkým a dlouhým (40 – 60  $\mu\text{m}$ ) bičíkem (Pšenička a kol., 2006). Objem spermatu z jednoho mlíčáka se pohybuje mezi 5 ml až 50 ml (Linhart a kol., 2011). Koncentrace spermií v 1 ml se pohybuje mezi 8 – 28 mld. ks (Čítek a kol., 1998). Aktivace spermií nastává při kontaktu s vodou s aktivní pohyblivostí 90 - 120 s (Steffens, 1975).

Ovária tvoří tzv. ovogenezí zralá vajíčka (jikry) ve folikulech. Relativní plodnost kapra obecného se pohybuje v rozmezí 100 000 – 300 000 ks $\cdot$ kg<sup>-1</sup> živé hmotnosti. Jikry kapra jsou vzhledově zbarvené do žlutozelené barvy a jsou evolučně lepivé a mírně bobtnavé v souvislosti na kladeném podkladu (Linhart a kol., 1995). Před nabobtnáním jsou jikry velké asi 1 – 1,2 mm a po nabobtnání 1,5 mm – 2 mm (Dubský, 1998).

### 2.2.1 Testes

Gonády v raném stádiu se velice obtížně identifikují, z důvodu, že zárodečné buňky zůstávají poměrně dlouhou dobu neaktivní (Nakamura kol., 1998). U testes toto období

trvá podstatně déle než u ovárií (Dietrich a Krieger, 2009). K identifikaci pohlaví lze použít uspořádání somatických buněk, jenž je v častém případě pro každé pohlaví specifické. Mezi další diferenciační znaky pro rané testes patří krevní papily, které se nacházejí v distální a proximální části na rozdíl od ovárií. U ovárií se krevní papily nacházejí v laterální části (Nakamura a kol., 1974).

Testes se vyvíjejí v šesti na sebe navazujících fázích (viz. tabulka 1). Primární spermatogonie vzniká uzavřením v lůžku Sertoliho buňky, kde následně dochází k mitotickému dělení. Dochází k vytvoření sekundární spermatogonie, jenž se následně seskupuje do cyst. Za vývoj jsou odpovědny Sertoliho buňky, jenž ovlivňují také celkové množství vytvořených spermií. (Genten a kol., 2009). Cysty se vytvářejí po obklopení spermatogonie Sertoliho buňkami, kdy dochází jak ke zvýšení počtu zárodečných buněk, tak i Sertoliho. V cystách dochází k meiotickému dělení sekundárních spermatogonií. V tomto okamžiku dochází k replikaci homologních chromozomů a následnému vzniku primárních spermatocytů. U primárních spermatocytů následně dochází k metafázi I, anafázi I a telofázi I, za vzniku sekundárních spermatocytů. Sekundární spermatocyty podléhají druhému meiotickému dělení tedy: Profáze II, Metafáze II, Anafáze II a poslední Telofáze II. Produktem sekundárního meiotického dělení jsou haploidní spermatidy, jenž se stále nachází v cystách (Uribe a kol., 2014). Dále následuje spermiogeneze, při které dochází ke změně spermatid na spermie a vytvoření bičíku. Spermie se uvolňují z cyst a zaplňují kanálek lobulu. Následně se dostávají do odvodných kanálek a dochází ke zrání spermií, hromadění spermatu v chámovodu a semenných váčcích. Dalším typem buněk podílejících se na tvorbě spermií jsou tzv. Leydigovy buňky. Tyto buňky jsou zodpovědné za produkci hormonů, jenž ovlivňují zrání spermií.

Hormony ovlivňující tvorbu spermií a obecně vývoj testes je několik. Nejdůležitější je GnRH (gonadotropiny uvolňující hormon). Jedná se o hormon, který je produkován hypotalamem, který následně působí na hypofýzu. Hypofýza pak uvolňuje LH (luteinizační hormon) a FSH (folikuly stimulující hormon). LH působí na Leydigovy buňky za účinkem produkce steroidních hormonů. Hormon se nazývá 11 keta-testosteron a je zodpovědný za stimulaci spermatogeneze a spermiogeneze. FSH naopak působí na Sertoliho buňky, jenž má za následek produkci steroidů Sertoliho buňkami (estradiol, aktivin a inhibin), řídí spermatogenezi a rozmnožování Sertoliho buněk. Také má vliv na tvorbu růstového hormonu a tvorbu 11 keta-testosteronu (Uribe a kol., 2014).

**Tabulka 1. Stupně vývoje testes (Horváth, 1985)**

<b>Stupně vývoje testes</b>	<b>Popis</b>
1. Stádium mladosti	Testes jsou pouze úzké lišty. Pohlaví nelze snadno rozdělit.
2. Stádium klidu	Pouze u ryb, které dospívají poprvé. Testes jsou drobné (špatně odlišitelné od ovarii). Je možné re rozdělit na základě faktu, že ovaria mají velké krevní cévy a je u nich možno pozorovat žlutkové partikly, což u testes chybí.
3. Stádium dozrávání	Testes se zvětšují, ale při tlaku na břišní dutinu ještě nedochází k uvolňování spermatu. Pokud dojde k naříznutí okraje testes, testes zachovávají homogenní povrch, který je kvůli prokrvení růžové barvy.
4. Stádium zralosti	Testes jsou plně vyvinuté bílé barvy, a při tlaku na břišní dutinu dochází k uvolňování spermatu.
5. Stádium výtěrové	Samovolná spermiace.
6. Stádium po výtěru	Po dokončení spermiace, se ryba vrací do stádia 2-4. Pokud se teplota dostane nad 18°C, dochází k produkci spermatu.

### **2.2.2 Ovaria**

U kostnatých ryb, jak již bylo zmíněno, dochází k diferenciaci ovarii dříve, než u testes (Dietrich a kol., 2009). Ovariální rozlišení je možné uznávat již v případě, kdy dochází k nástupu mitotického dělení zárodečných buněk. Následně v meióze a vzniku somatických buněk, které se specificky uspořádávají, což vede k vytvoření ovariální dutiny. Ovaria se vyvíjejí v šesti na sebe navazujících stádiích (tabulka 2).

Proces, při kterém dochází k vzniku samičích pohlavních buněk se nazývá oogeneze. Oogeneze se dělí do tří fází – předvitelogenní fáze, vitelogenní a fáze zrání. Většina kostnatých ryb má typ buněk tzv. folikulární. Primární oogonie, jenž jsou obaleny primárním folikulem (jednovrstevný epitel) se mitoticky dělí a vzniká sekundární oogonie. Sekundární oogonie vytváří théku (více vrstevný epitel), což je rostoucí folikul. Ten následně vytváří zralý folikul s vajíčkem tzv. Gráfův folikul (Genten a kol., 2009). Folikuly jsou zodpovědné za kontrolu celého procesu oogeneze, vitelogenezi a produkci steroidních hormonů.

Ze sekundární oögonie vzniká primární oöcyt. Primární oöcyt následně podléhá meióze, přesněji profázi I a dochází zde k jeho růstu. Tento proces je ovlivňován hormonálně 17- $\beta$ -estradiolem. Uvnitř dochází k produkci rRNA (ribozomální ribonukleová kyselina), mRNA (mediátorová ribonukleová kyselina) a následně formování kortikálních granulí z glykoproteinů. Dochází i k rozvoji ovocytárních lipidů. Na tuto fázi navazuje vitelogenní fáze, v nichž dochází k syntéze hormonu vitelogeninu. Vitelogenin je glykofosfolipoprotein, k jehož syntéze dochází v játrech a je transportován cévním systémem. U teplotních druhů, jako je kapr, je vitelogeneze zapříčiněna produkcí luteinizačního hormonu (Patiño a Sullivan, 2002). Vitelogenin se následně dostává přes veškeré vrstvy folikulu až do oölemy, kde se naváže na specifický receptor. Dále z něj vzniká žlutkový protein, jenž představuje asi 80 % sušiny vajíčka u sladkovodních ryb. Žlutkový protein je také nezbytným zdrojem živin pro ranná vývojová stádia ryb (Kishida a Specker, 1993).

Oöcyty následně rostou a vyvíjejí se v několika na sebe navazujících fázích (tabulka 2). První jsou chromatinové jaderné oöcyty, které jsou větší a mají více cytoplazmy. Další jsou perinukleární oöcyty, u nichž se objevují vakuoly. Kortikální alveolární oöcyty obsahují kortikální alveoly a lze u nich pozorovat chorion. Poslední jsou vitelogenní oöcyty. Dělí se na ranně vitelogenní a pozdně vitelogenní. Lze u nich pozorovat kulovité žlutkové granule (Johnson a kol., 2010). Následuje zrání oöcytu, jenž začíná migrací jádra k obvodu buňky (Johnson a kol., 2010). Zrání je řízeno hormonálně, tedy především luteinizačním hormonem (LH) tvořeným hypofýzou. LH působí na receptory v théce, kde dojde k produkce zrajících hormonů. U ryb jsou důležité dva - 17,20 $\beta$ -P a 17,20 $\beta$ ,21-P. Následně dojde k meióze, která je způsobena působením LH. Dojde k rozpadu zárodečného váčku a vzniku polárního tělíska. Po dokončení prvního meiotického dělení vzniká sekundární oöcyt. Ten po hormonální stimulaci podléhá metafázi II meiotického dělení (Lubzens a kol., 2010).

Ovulace je řízena prostaglandiny a hormony indukující zralost. V první řadě dojde k prasknutí zralého Gráfova folikulu. Následně navazuje proces, při kterém dojde k přesunutí vajíčka do vejcovodů a z nich poté putují do volného prostředí, nebo dojde k jejich resorpci (Patiño a Sullivan, 2002).

**Tabulka 2. Fáze vývoje oocytů (Horváth, 1985)**

<b>Fáze I.</b> Stádium mladosti	Ovária jsou pouze úzké lišty připomínající provazce buněk. Jsou přichycené ke stěně dutiny břišní. V této fázi není vizuálně možné diferenciovat pohlaví. Ovária se skládají z oogonií různých velikostí, přičemž většina je ve fázi mitózy. Cytoplazma je acidofilní a jádro obsahuje jedno jadérko. Průměr oogonií se pohybuje mezi 8-12 $\mu\text{m}$ a velikost jádra 6-8 $\mu\text{m}$ .
<b>Fáze II.</b> Stádium mladosti	Charakteristická primárními oocyty stále s jedním jadérkem v jádře, ale cytoplazma je bazofilní. Průměr oocytu se pohybuje mezi 12-40 $\mu\text{m}$ a jádra 10-12 $\mu\text{m}$ .
<b>Fáze III.</b> Stádium mladosti	Dominují zde rostoucí oocyty. Počet jadérek v jádře se začíná zvyšovat a dochází k zesílení bazofilního charakteru cytoplazmy. Nenachází se zde ještě žádné vakuoly či žloutkové partikly. Průměr oocytu je v rozmezí 40-200 $\mu\text{m}$ a průměr jádra je 12-17 $\mu\text{m}$ .
<b>Fáze IVa.</b> Stádium klidu	Pohlavní buňky jsou velice malé. Diferenciace pohlaví je částečně možná kvůli faktu, že ovária oproti testes mají velké krevní cévy a je možné u části jiker pozorovat žloutkové partikly. Na obvodu cytoplazmy se začínají objevovat vakuoly. Později se vakuoly dělí na obaly. Průměr oocytu je 200-300 $\mu\text{m}$ a jádra 80-150 $\mu\text{m}$ . Tato fáze se vyskytuje u ryb po výtěru, nebo u prvně dospívajících.
<b>Fáze IVb.</b> Stádium klidu	Narůstající na velikosti se vakuoly v oocytech utvářejí několik vrstev na obvodu buňky. První část žloutkových částic obsahující lipoprotein se objevuje v perinukleární části cytoplazmy. Průměr oocytu je 300-350 $\mu\text{m}$ jádra 150-180 $\mu\text{m}$ .
<b>Fáze V.</b> Stádium dozrávání	Ovária vyplňují 1/3 tělní dutiny. Jikry jsou neprůhledné. Jikry drží pohromadě v malých shlucích po nařiznutí ovaríí. Jedná se nejdlejší období. V této fázi jsou vakuoly v oocytech největší a prakticky zaplňují celý objem cytoplazmy. Pár žloutkových částic je rozptýleno mezi vakuolami, které je přemísťují z jádra na okraj. Průměr oocytů je 350-600 $\mu\text{m}$ a jádra 150-200 $\mu\text{m}$ .



**Pokračování Tabulka 2. Fáze vývoje oocytů (Horváth, 1985)**

<p><b>Fáze VI.</b> Stádium zralosti</p>	<p>Ovária vyplňují 2/3 zvětšené tělní dutiny. Gonády jsou plně vyvinuté a na povrchu mají velké množství cév. Jenotlivé provazce jsou od sebe odděleny. Díky silnému mimobřišnímu tlaku může občas dojít k uvolnění malého množství jiker ze zvětšené pohlavní papily. Toto období je velmi krátké. Vakuoly jsou uspořádány ve dvou až třech řadách po obvodu oocyty. Společně s rostoucími žlutkovými částicemi vyplňují celý objem cytoplazmy. Jádro je stále vprostřed oocyty a obsahuje množství jadérek, jež jsou přichycené k buněčné membráně. Průměr oocyty je 600-900 μm a velikost jádra je nezměněna. Na konci této fáze skoro dosáhly buňky jejich definitivní velikosti.</p>
<p><b>Fáze VIIa.</b> Stádium výtěrové</p>	<p>V tomto období dochází k ovulaci jiker. Pokud by došlo ke zvednutí ryby vertikálně nebo by došlo k vyvinutí tlaku na břišní partie, dojde k vypuštění jiker. Oocyty a žlutkové částice se zvětšili pouze nepatrně. Jadérka se přesouvají ke středu jádra dál od jaderné membrány. Jádro se může částečně posunout směrem k mikropyle. Průměr oocyty je 900-1000 μm a jádra 200 μm.</p>
<p><b>Fáze VIIb.</b> Stádium výtěrové</p>	<p>Jádro je možné najít na obvodu oocyty v závislosti na mikropyle. Veškeré jadérka jsou koncentrována ve středu jádra. Nedochozí ke zvětšení oocyty ani jádra.</p>
<p><b>Fáze VIIc.</b> Stádium výtěrové</p>	<p>Vitelogeneze je v oocyty dokončena a jaderná membrána včetně jadérek není viditelná. V oblasti mikropyle v cytoplazmě je možné pozorovat chromozomy v ranné metafázi. Díky hydrataci dochází k zvětšení průměru buňky na zhruba 1200 μm.</p>
<p><b>Fáze VIII</b> Stádium po výtěru</p>	<p>Dochází k resorpci u ryb se synchronní ovulací – gonády jsou vyprázdněné. Dutina tělní je stále zvětšená a nevrátila se do původního stavu, z tohoto důvodu vypadá dutina tělní povisle. Gonády jsou zmenšené a obsahují spoustu krevních sraženin kvůli popraskaným kapilárám z důvodu námahy při výtěru. Po pár dnech se břišní partie navrácí do původního stavu a gonády se vrací do fáze 2 až 4. Pokud je teplota na 18 °C, dochází ke kontinuálnímu dozrávání.</p>

### **2.2.3 Vliv teploty na pohlavní dospívání**

Velice významným faktorem gametogeneze je teplota vody. V předchozím textu bylo zmíněno, že kapr obecný v místech s vyšší průměrnou teplotou pohlavně dospívá dříve. Horváth (1985) uvádí, že v podmínkách střední Evropy lze u samic nástup pohlavní dospělosti odhadnout dle posbíraných denních stupňů vody. Počítá se ale pouze období, kdy průměrná denní teplota vody přesáhne 15 °C.

Horváth (1985) prováděl sledování vývoje gonád u dvou věkových kategorií kapra. Samice ve věku dvou let mají v podmínkách střední Evropy oocyty ve IV fázi. Ty jsou v začátku fáze tvorby vakuol, kterou můžeme očekávat po 5000 °D. Když byla jedna skupina takových ryb držena při teplotě 15 °C, posunula se po nasbírání dalších 4500 °D ovária ryb do druhé fáze trofoplazmatického růstu (žloutek se začíná ukládat ve vakuolách). Druhá skupina byla držena při 20-22 °C a za stejné období ryby nasbíraly 6200 °D, což mělo za následek, že některé z nich dosáhly již VII(a) fáze (oocytů), tedy připravenosti k výtěru. Obdobné sledování bylo prováděno i u tříletých ryb, které měly z předchozího odchovu nasbíráno již 7500 °D s teplotami nad 15 °C a jejich ovaria docházela do fáze VI. Ryby, které byly drženy při 15 °C nevykazovaly prakticky žádný další vývoj, kdežto u ryb, které byly drženy při teplotě 20-22 °C došlo k vývinu oocytů až do ovulační fáze po 3500 °D.

## **2.3 Umělý výtěr**

Umělý výtěr kapra se na našem území začal používat až po roce 1970 (Čítek a kol., 1998). Z velké části umělý výtěr nahradil poloumělý výtěr a Staročeskou metodu (přirozený výtěr) (Horváth a kol., 2002). Jedná se o plně řízenou reprodukci, která má za úkol odstranit nepříznivé vlivy, které by mohli ovlivnit množství a kvalitu kapřího plůdku ( $K_0$ ), což například u poloumělého výtěru (Dubraviova metoda) nelze zcela ovlivnit. Oproti Staročeské metodě je však u Dubraviovy metody ta výhoda, že jsme schopni použít hypofyzaci (Čítek a kol., 1998).

Při umělém výtěru se využívá jak teplotní, tak hormonální stimulace, což nám umožňuje uspišit reprodukci a synchronizovat výtěr většiny ryb do jednoho dne. Umělým

výtěrem se dosáhne i zvýšení množství a kvality pohlavních produktů. Snižují se tak ztráty jiker a snižuje se i potřebné množství generačních ryb při zakládání užitkových obsádek, z důvodu kontrolovanějšího nakládání s pohlavními produkty, oproti poloumělému výtěru. (Mareš a Burleová, 1983).

Důležitými faktory úspěšné umělé reprodukce ryb jsou: správný výběr generačních ryb, optimální předvýtěrová příprava, správné načasování termínu reprodukce a hormonální stimulace a šetrné zacházení s rybami při výtěru. Ve všech fázích je nutné zajistit rybám optimální podmínky: kvalitní krmivo, kvalitní voda, minimalizace stresových faktorů, mezi které patří hlavně již zmíněné šetrné zacházení (Gela a kol., 2009). Ke snížení stresových faktorů při manipulaci s rybami se využívání anestetik (Kolářová a kol., 2007).

### 2.3.1 Příprava generačních ryb před vlastním umělým výtěrem

Odlovené generační ryby se přesouvají blízko rybí líhně do manipulačních nádrží s kvalitní vodou, která má stejnou teplotu jako rybník, ze kterého byly odloveny. Ryby roztřídíme do několika skupin, jak je ukázáno v tabulce 3. Vybraným rybám k výtěru se pomalu (zhruba po 1 °C za den) zvyšuje teplota vody, až na hodnotu 20 – 22 °C (Dubský, 1998). Ryby musí mít, kromě kvalitní a kyslíkaté vody také dostatek prostoru.

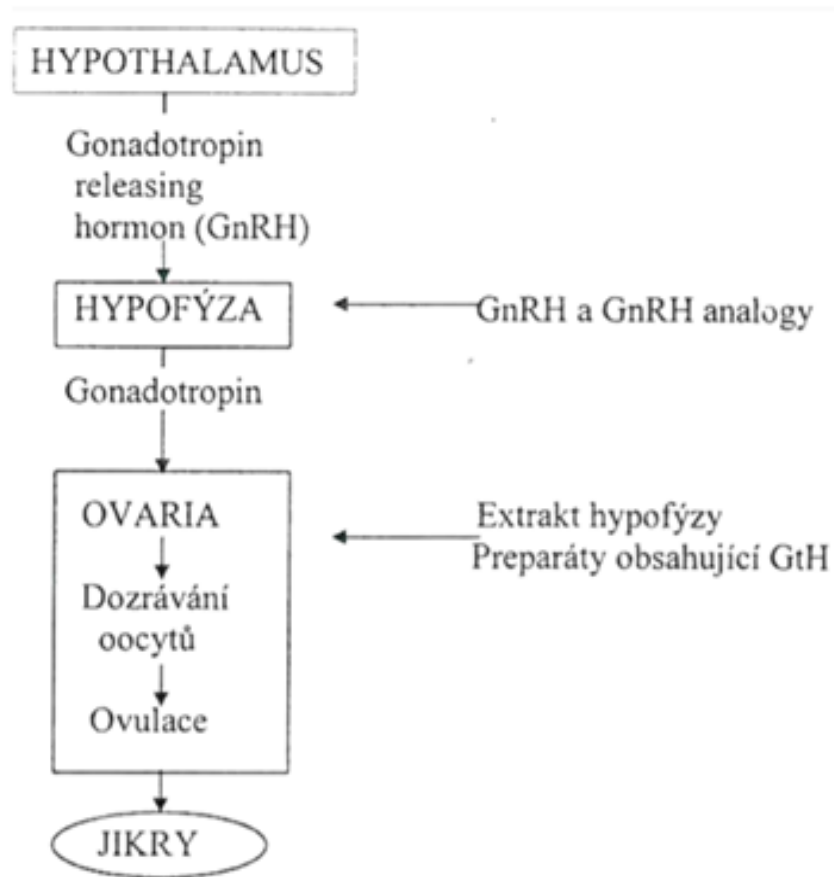
*Tabulka 3. Selekcce ryb před výtěrem (Sedlár a kol., 1987)*

Samice	Stav	Akce
1.skupina	Mají měkké břicho	Okamžité přemístění do nádrží s ohřívanou vodou.
2.skupina	Jsou zjevně vhodné pro výtěr, ale jejich břicho není měkké (nedošlo k ovulaci jiker)	Přesunutí do manipulačních nádrží pro příští výtěr.
3.skupina	Nemají dostatečně vyvinuté jikry. Tvrdé břicho.	Ryby nejsou použity pro výtěr v daném roce.

**Pokračování Tabulka 3. Selekce ryb před výtěrem (Sedlár a kol., 1987)**

Mlíčáci		
1.skupina	Při jemné manipulaci pouští mlíčí	Umístění do nádrže s teplejší vodou
2.skupina	Neuvolňují mlíčí	Přesunutí do manipulační nádrže pro příští výtěr.

**2.3.2 Hormonální stimulace ryb před umělým výtěrem**



**Obrázek 2. Zjednodušené schéma hormonální stimulace ovulace ryb**

Aplikací hormonálních přípravků chceme docílit k synchronizování výtěru mlíčáků a jíkernaček. K aplikaci hormonální stimulace se nejčastěji používá injekčních přípravků. Rybě se injekce aplikuje nejčastěji dvěma způsoby. Do hřbetní svaloviny nebo do dutiny

tělní. Při aplikaci do dutiny tělní je potřeba aplikovat injekci v oblasti báze prsní ploutve (Čítek a kol., 1998).

Nejčastěji používaným přípravkem je kapří hypofýza. Další přípravky jsou buď na bázi kapří hypofýzy nebo jsou čistě syntetické, nejčastěji na bázi GnRH. Příklad dalších přípravků: Repro – Genol (na bázi kapří hypofýzy) a ovopel (peleta – syntetický přípravek) (Gela a kol., 2009). Rozdíl v působení kapří hypofýzy a syntetických preparátů v rámci hormonální osy je znázorněn na obrázku 2.

Kapří hypofýza se získává z rybích zpracoven, kdy se zejména v zimních měsících (prosinec) odebírají hypofýzy při zpracování ryb. Odebraná hypofýza se musí zbavit vody. To se provádí pomocí acetonu. Kapří hypofýza obsahuje zejména hormon gonadotropin, což je glykoprotein stimulující vývoj gonád (Kouřil a kol., 1999). Dávkování kapří hypofýzy u mlíčáků a jikernaček je různé. U jikernaček se aplikace kapří hypofýzy provádí 2x. První dávka 0,3-0,5 mg.kg<sup>-1</sup> se podává 24 hodin před ovulací. Jejím úkolem je aktivace ovocytů. Zhruba po 12 hodinách se aplikuje druhá dávka 2,5-2,7 mg.kg<sup>-1</sup>. U mlíčáků se používá pouze jedna dávka 12-24 hodin před výtěrem. Dávka kapří hypofýzy se pohybuje mezi 0,5 až 1,5 mg.kg<sup>-1</sup> živé hmotnosti (Gela a kol., 2009).

### 2.3.3 Umělý výtěr jiker a mlíčí

U umělého výtěru se používají dva postupy. První postup je vytrít první jikernačky a potom mlíčáky a druhým postupem je vytrít první mlíčáky a poté jikernačky. Pokud se používá postup, při kterém se první vytírají mlíčáci je nutno mlíčí do doby, než se vytrou jikernačky, uschovat v chladném prostředí bez přístupu vzduchu (Gela a kol., 2009).

Postup při výtěru je následující. První, když se ryba v anestezii vytáhne z koupele, tak se vloží do vlhké utěrky či pytle. Poté se rybě musí otřít břišní partie. Na odběr jiker se vždy používá suchá, čistá miska. Ryba se musí držet nízko nad miskou z důvodu, že by se jikry mohly poškodit vysokým pádem (Pokorný a kol., 2003). Při odběru spermií se může použít odsávačka na principu vývěvy (Linhart a kol., 2011). Samostatný výtěr se provádí tak, že po otření břišních partií se začíná masírovat břicho směrem od hlavy k řitnímu otvoru (Krupauer a Kubů, 1985). Jikry tečou proudem při masáži přímo do misky, musí se dávat pozor, aby nedošlo ke kontaminaci močí nebo výkaly. Mlíčí se odebírá při masáži odsávačkou, která se skládá z nádoby (50-200 ml) do které se mlíčí

jímá. Dále je tvořena trubičkou a přístroje, který vytváří podtlak (malý kompresor, popř. ústa). Při odsávání se musí dávat pozor, aby se nekontaminovalo mlíčí výkaly či močí.

Veškerá manipulace s rybou musí být naprosto šetrná, aby nedošlo k poškození ryb. S manipulací nám právě pomáhají použítá anestetika (Sedlár a kol., 1987).

Po získání mlíčí a jiker se provádí inseminace. Inseminace se provádí buď přímo, kdy se mlíčí vytírá z ryby přímo do misky s jikrami, nebo se k jikrám přidává mlíčí odebrané odsávačkou z různých nádob. Druhý způsob se používá, pokud potřebuje jikry osemeňovat dle určitého stanoveného schématu, např. při plemenitbě či experimentech (Gela a kol., 2009). U provozního výtěru, kdy zakládáme užitkové obsádky se nejčastěji používá tzv. heterosperma. Heterosperma je směs mlíčí nejméně 3 mlíčáků. (Mareš a Burleová, 1983). Po proběhnutí inseminace musí dojít k aktivaci gamet. Toho se docílí přidáním vody. V momentě, kdy se přidá voda, začnou se spermie pohybovat a tím dojde k oplození jikry přes tzv. mikropyle. Jikra začne pomocí osmózy bobtnat a vytváří se lepivá vrstva na povrchu jikry. Lepivá vrstva je tvořená hlavně proteiny (Gela a kol., 2009).

Dalším krokem je zbavení lepivosti jiker. Tento krok se také nazývá jako odlepkování. K odlepkování se přistupuje, aby se jikry na inkubačních aparátech neslepily do větší masy. Nedocházelo by k dokonalému proudění vody kolem všech jiker. Nedostatečné proudění vody má za následek špatné zásobování vyvíjejících se zárodků kyslíkem a může dojít k jejich úhynu a následnému zaplísnění (Čítek a kol., 1998). Pro odlepkování se používá několik způsobů. U kapra se běžně používá plnotučné kravské mléko, ať už čerstvé nebo sušené. Čerstvé mléko se používá v poměru 1:9 l a sušené 1:30 l. Lze také používat talek, jíl či tanin (Gela a kol., 2009).

Oplozené odlepkované jikry se následně transferují do inkubačních lahví. Nejčastěji používané jsou tzv. Zugské lahve o objemu 9 litrů. U lahve musí být zajištěn přítok čisté vody o takové síle proudu, aby docházelo k jemnému víření jiker. Přitékající voda by měla mít teplotu od 15 do 22,5 °C (Peňáz a kol., 1983). Vyšší teploty vývoj inkubace urychlují, nižší naopak prodlužují (Dubský a kol., 2003).

Po vykulení se embryo přesouvá do různých kolébek či velkých inkubačních aparátů s kruhovým prouděním vody, např. typu „Dněpr“. Do kolébek se dávají různé materiály, na které se může plůdek před rozplaváním zavěsit (Dubský, 1998).

## 2.4 Odchov kapra obecného

Kapr obecný se nejběžněji chová v rybnících v monokulturních či polokulturních obsádkách. Pro odchov plůdku kapra se používají plůdkové rybníky, což jsou mělké rybníčky (cca 1 m) nejlépe s možností komorování. Dále záleží, zda plůdek chováme Staročeskou metodou (produktem je  $K_1$ ), nebo dochází k přelovení (produktem je  $K_r$  a následně  $K_1$ ). Dále dochází k chovu  $K_1$  do velikosti násady (zpravidla  $K_2$ ). Tento chov probíhá ve výtažnicích. Buď následuje takzvaný jednohorkový nebo dvouhorkový chov. Ryby se třídí podle váhy. Pokud jsou lehké (200-300 g), tak se využívají ke dvouhorkovému chovu a produktem je  $K_4$  (tržní ryba). Naopak pokud jsou těžší (400-500 g), tak se využívají v jednohorkovém chovu a produktem je  $K_3$ . Na odchov tržních ryb se využívají hlavní rybníky, které se loví zpravidla na podzim pro vánoční prodej (Dubský, 1998).

Intenzivní chov ryb ve speciálních rybochovných zařízeních je v dnešní době jedna z nejnávštěvnějších metod chovu (Kouřil a kol., 2008). Je to prakticky jediný možný způsob řízeného chovu ryb v zemích bez rybníčních ploch nebo s omezenou plochou rybníků. Hlavní charakteristiky intenzivního chovu jsou zejména vysoká produkce ryb, malý objem spotřebované vody a malá potřebná plocha. Jedním z nejběžnějších rybochovných zařízení jsou recirkulační akvakulturní systémy (RAS). RAS jsou vhodné i pro odchov kapra obecného, ale pro produkci tržních kaprů se prakticky nevyužívají vzhledem k rentabilitě takových provozů. Nicméně v některých RAS lze kontrolovat podmínky chovu včetně teploty vody (Kouřil a kol., 2008).

Prchal a kol. (2018) zjistili, že selekci na rychlejší růst i vyšší podíl jedlých částí těla u kapra v rybníčních podmínkách chovu lze provádět dostatečně efektivně i u ryb ve věku dvou let (po druhé vegetační sezóně). Po selekci ryb v tomto věku lze tedy uvažovat o využití RAS s možností řízení teploty vody ke zkrácení generačního intervalu v rámci selekčního programu.

### 3. Metodika

#### 3.1 Testované ryby a jejich odchov

K experimentu bylo využito plemeno amurského lysce (AL), na kterém je na FROV JU realizován selekční program na zvýšení rychlosti růstu. Obsádka ryb AL ve věku  $K_2$  odchovávaná do té doby v rybníčních podmínkách byla rozdělena na tři skupiny:

- **Skupina A** – náhodný výběr části obsádky čítající 218 ks. Tyto ryby byly od poloviny dubna 2019 odchovávány v RAS na experimentálním rybochovném pracovišti ve Vodňanech. Tyto ryby po celou dobu chovány za teploty 17-23 °C, s počáteční hustotou obsádky 30 kg · m<sup>-3</sup> vody v nádrži a krmeny kompletní krmnou směsí (GROWER-13 EF 6.0, Coppens) s denní krmnou dávkou 1,0 - 1,5% hmotnosti obsádky.
- **Skupina B** – náhodný výběr části obsádky čítající 328 ks. Tyto ryby byly i nadále odchovávány v rybníce za podmínek běžných pro rybníční chov v ČR při polo-intenzivním způsobu hospodaření (Hartman a Regenda, 2014) s počáteční hustotou obsádky 1000 kg · ha<sup>-1</sup>. Ryby byly umístěny do rybníčku na pokusnictví FROV JU ve Vodňanech. Na zimní období byly ryby kvůli možnosti jejich vzorkování přeneseny do PVE vaku ve „žlabovně“ genetického rybářského centra FROV JU. Zde byly ryby na průtoku vody z venkovních podmínek s provzdušňováním.

V obou případech byly do vody umístěny registrační teploměry (Minikin Tie, EMS Brno), které pravidelně zaznamenávaly teplotu vody pro pozdější kalkulaci nabíraných denních stupňů. Údaje o teplotě vody byly dostupné i z předchozího odchovu ryb za období  $K_0 - K_2$ .



### 3.2 Získávání dat o rybách

Ryby z obou skupin (A a B) byly od května 2019 do dubna 2020 vždy po měsíci pravidelně vzorkovány. Vzorkovalo se vždy 6 samců a 6 samic z každé skupiny. V dubnu 2019 se rovněž udělalo počáteční vzorkování ryb před jejich rozdělením na skupiny, opět u 6 samic a 6 samců. Při každém vzorkování byly ryby po jejich odchytu převezeny do pitevny, kde došlo k přiřazení kódu, jejich zvážení (obrázek 3) a následnému usmrcení úderem tupým předmětem do temene hlavy a vykvrvením přeříznutím žaberních oblouků. Po usmrcení byla každé rybě změřena délka těla. Délka těla ryby je měřena od hlavy po bázi ocasního násadce (viz. obrázek 4.). Poté byla rybě nůžkami otevřena dutina tělní (obrázek 5) stříhem po bázi břicha od řitního otvoru až k hlavě a byly jí vyjmuty vnitřní orgány. Následně byly odděleny gonády (obrázek 6 a 7) od zbytku vnitřních orgánů. Gonády se zvážily a pro histologické vyšetření byly dle velikosti zafixovány celé gonády nebo cca 2 cm<sup>3</sup> tkáně. Vzorek gonády byl umístěn do histologických plastových kazet, označen a fixován v nádobě s Buenovým roztokem. Veškeré měřené hodnoty a čísla vzorků gonád byly zaznamenány do tabulky k příslušné rybě.



Obrázek 3. Ukázka vážení kapra. Ilustrační foto.



**Obrázek 4. Měření délky těla. Ilustrační foto.**



**Obrázek 5. Otevřená dutina tělní s viditelnými samčími gonádami (označeny šipkou). Ilustrační foto.**



**Obrázek 6. Vážení gonád. Ilustrační foto.**

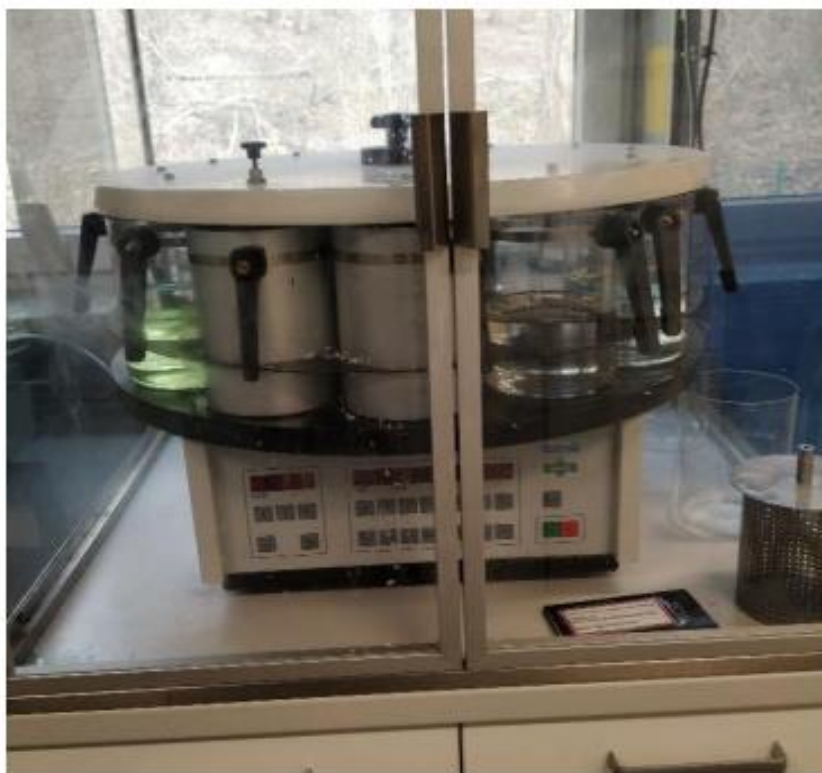


**Obrázek 7. Vypreparované samčí gonády. Ilustrační foto.**

### 3.3 Příprava histologických preparátů

Dalším krokem bylo získat histologické řezy gonád kapra, ze kterých se následně určovalo vývojové stádium gonád a u ovárií (vaječníků) se zjišťovala i průměrná velikost oocytů. Histologie byla prováděna podle návodu Slaoui a kol. (2011).

Histologie se dělí do několika kroků. Prvním krokem je postupné přenesení kazet s gonádami z Buenova roztoku do 70 % ethanolu, což trvá 3 tři dny. Následně se kazety s gonádami v ethanolu mohou uchovávat při pokojové teplotě až do dalšího kroku. Tímto krokem je dehydratace. Ta se provedla v tzv. tkáňovém procesoru Histomaster (Model 2052/1,5) (Obrázek 8.) pomocí odstupňované koncentrace ethanolu, následně xylenu a v posledním kroku parafinu. Proces trval 10-12 hod.



**Obrázek 8. Tkáňový procesor Histomaster (Model 2052/1,5)**

Po dokončení dehydratace putovaly vzorky na zalití do parafinových bločku. K tomu využila zalévací linka Leica EG 1150H (obrázek 9.). Vzorek je vložen do vhodně zvolené kovové formy. Formička byla předem zhruba do třetiny naplněná parafínem. Na ni se vložila histologická kazeta a bloček byl nadále doplněn zbytkem parafínu. Bločky byly následně přesunuty do chladničky, aby došlo k plnému zatuhnutí parafínu.



**Obrázek 9. Zalévací linka Leica EG 1150H**

Po zatuhnutí se bločky přesunuly k mikrotomu (obrázek 10), kde byly nařezány na 4,5  $\mu\text{m}$  plátky. Po dokončení byly tyto řezy vkládány do teplé vodní lázně, aby došlo k narovnání/napnutí řezu. K tomu byl využit přístroj Medite TFB 55 (obrázek 11), který ohříval vodu na nastavených 40 °C. Z vodní lázně byly řezy vytahovány na předem patřičně označená laboratorní sklíčka. Ta byla následně přesunuta na topnou desku Sakura 1452 (obrázek 12) nastavenou na teplotu 40 °C, kde došlo k fixaci řezu na sklíčko. Laboratorní sklíčka se poté vložila do stojánků (obrázek 13), které byly přesunuty do sušárny. V sušárně došlo k odstranění parafínu a následoval poslední krok přípravy preparátů, tedy barvení. Vzorky na sklíčkách se obarvily v barvicím automatu Tissue-Tek DRS 2000 (obrázek 14) pomocí barviv hematoxylin a eosin. Proces trval cca 1,5 hod. Po obarvení se vzorky překryly krycím sklíčkem, které se přilepilo pomocí lepidlem. Takto připravené histologické řezy již putovaly pod mikroskop (Olympus BXE), kde se pořídily snímky na něm umístěným fotoaparátém (Olympus 600 IS). Pro každou vyšetřovanou rybu se zhotovily tři snímky z různých řezů s tím, že při focení vkládal počítačový program pro analýzu obrazu Quick photo micro 2.3. dle nastaveného zvětšení ke snímkům měřítko



**Obrázek 10. Mikrotom**



**Obrázek 11. Vodní lázeň Medite TFB 55**



**Obrázek 12. Topná deska Sakura 1452**



**Obrázek 13. Stojánek s zafixovanými histologickými řezy**



Obrázek 14. Barvící automat Tissue-Tek DRS 2000

### 3.4 Vyhodnocování histologických řezů

Dalším krokem bylo získané histologické řezy vyhodnotit. K tomu byl použit počítačový program ImageJ. Jelikož u samců již řezy z prvního vzorkování naznačovaly, že většina samců byla v 4. stádiu vývoje testes, zaměřilo se vyhodnocování řezů především na samice. V programu bylo potřeba určit průměrnou velikost oocytů u každé samice. Pomocí programu a správně nastaveného měřítka bylo vždy z každého snímku změřeno 8 ovocytů. Ke každé rybě byly vždy alespoň 3 snímky. Z 24 naměřených hodnot se tedy stanovila průměrná velikost oocytů u každé samice. Získané hodnoty byly zapsány do excelovského dokumentu s ostatními výsledky (hmotnost, hmotnost gonád, délka těla). Snímky byly rovněž prohlédnuty subjektivně a na základě průměrné velikosti oocytů a charakteristických rysů (viz tab. 2) jednotlivých stadií dle Horvátha (1985) bylo stanoveno vývojové stádium, které se rovněž zapsalo do tabulky k dalším zjišťovaným parametrům.



### 3.5 Vyhodnocování dat

Hodnoty v excelovském dokumentu (hmotnost gonád, hmotnost ryby, délka těla, průměr oocytů) se dále zpracovávaly. Další hodnoty, které bylo potřeba získat byly gonadosomatický index (GSI) a Fultonův koeficient (FK).

- **GSI** se vypočítávalo pomocí vzorce  $GSI = \left(\frac{Hg}{Hr}\right) \times 100$  (Hassanin a kol, 2002), kde Hg představovalo hmotnost gonád v gramech a Hr představovalo hmotnost ryby, také v gramech.
- **FK** se vypočítávalo pomocí vzorce  $FK = \left(\frac{Hr}{DT^3}\right) \times 100$  (Bolger a Connolly, 1989), kde Hr představovalo hmotnost ryby v gramech a DT představovalo délku těla ryby v cm. Délka těla představuje délku od rypce až po bázi ocasního násadce.

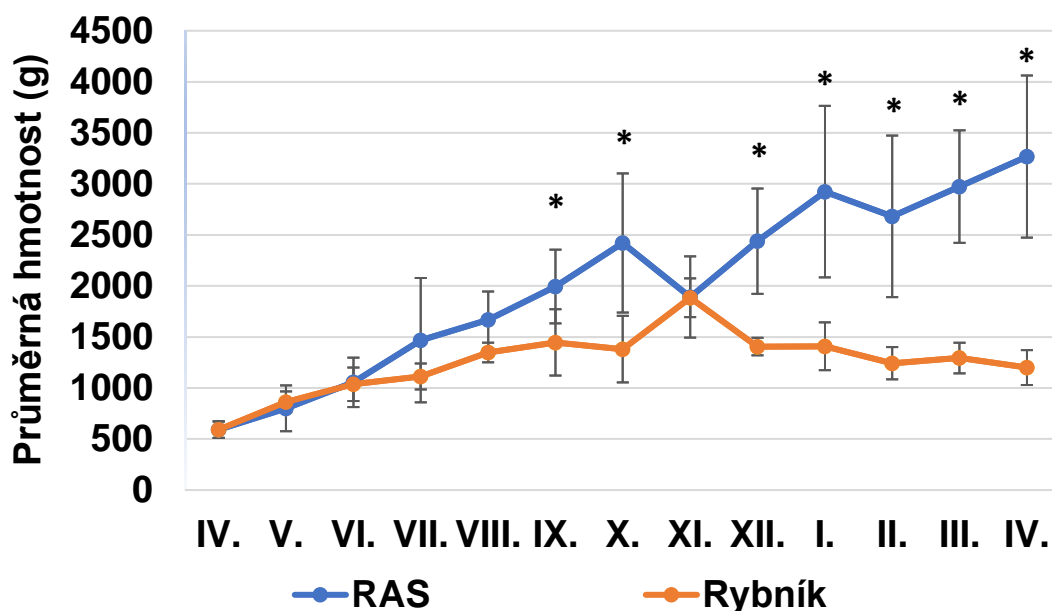
Rozdíly mezi vypočítanými daty se srovnávaly pomocí programu STATISTICA verze číslo 12 (firma StatSoft CR s.r.o.). Použita byla jednofaktorová analýza variance (ANOVA) s Tukeyho (při stejné velikosti souborů) nebo HSD testem (při nestejně velikosti souborů) pro porovnání vícečetných souborů nezávislých proměnných. Hladina významnosti byla stanovena na  $p < 0,05$ . Výsledné hodnoty byly zaznamenány do tabulek nebo grafů.

## 4. Výsledky

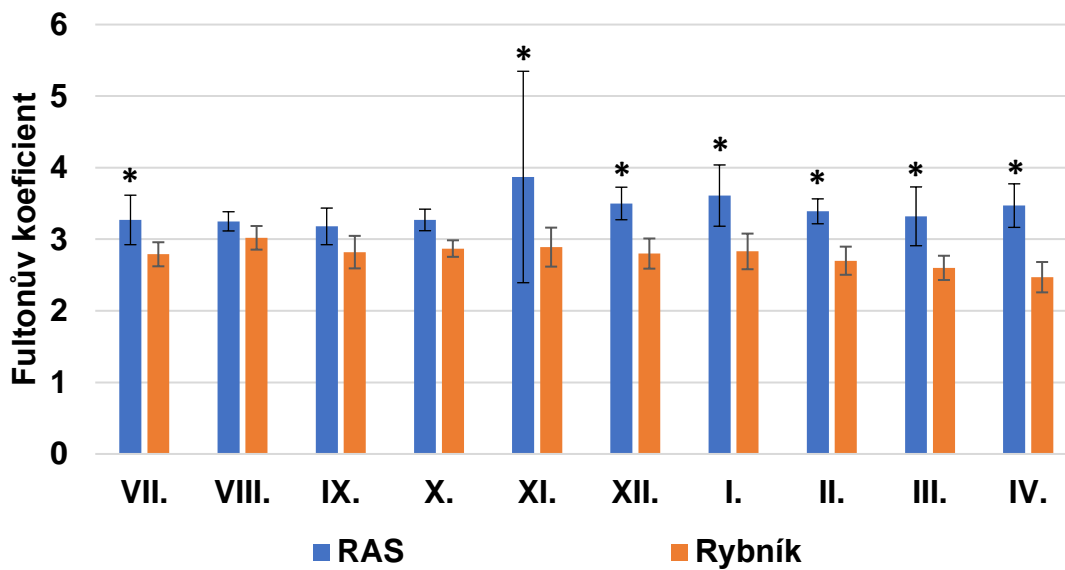
### 4.1 Hmotnostní a kondiční stav ryb

#### 4.1.1 Hmotnostní a kondiční stav (Samice)

Hmotnost samic chovaných v RAS se od hmotnosti samic v rybníce začala statisticky významně odlišovat od září 2019. Na konci sledování byla průměrná hmotnost samic v RAS přes 3200 g, zatímco v rybníce to bylo kolem 1200 g. Nejvyšší hmotnost samic v rybníce při vzorkování byla zjištěna v listopadu 2019 a činila  $1884 \pm 190,1$  g. Vzorkování bylo náhodné, nehomogenní rozdíly ve vývoji hmotností mezi měsíci nejsou neobvyklé. Trend vývoje hmotností byl ale zřejmý a lze konstatovat, že u ryb v RAS docházelo k postupnému nárůstu hmotností, zatímco u ryb v rybníce docházelo v podzimních a zimních měsících spíše k vylehčování ryb. Z grafu 2 lze vyčíst, že Fultonův koeficient, jenž znázorňuje stupeň vyživenosti, nabýval větších hodnot pro ryby chované v RAS, což značí lepší kondici u samic z RAS oproti z rybníku.



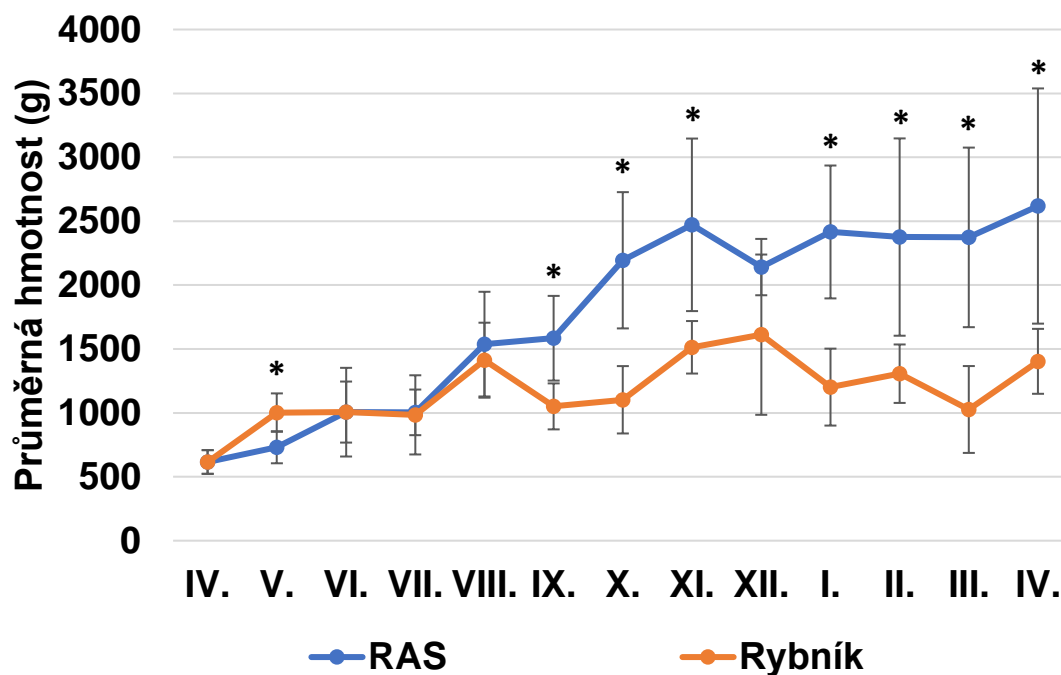
Graf 1. Průměrná hmotnost jikernaček v měsících (hvězdička označuje hodnoty s významnými statistickými rozdíly)



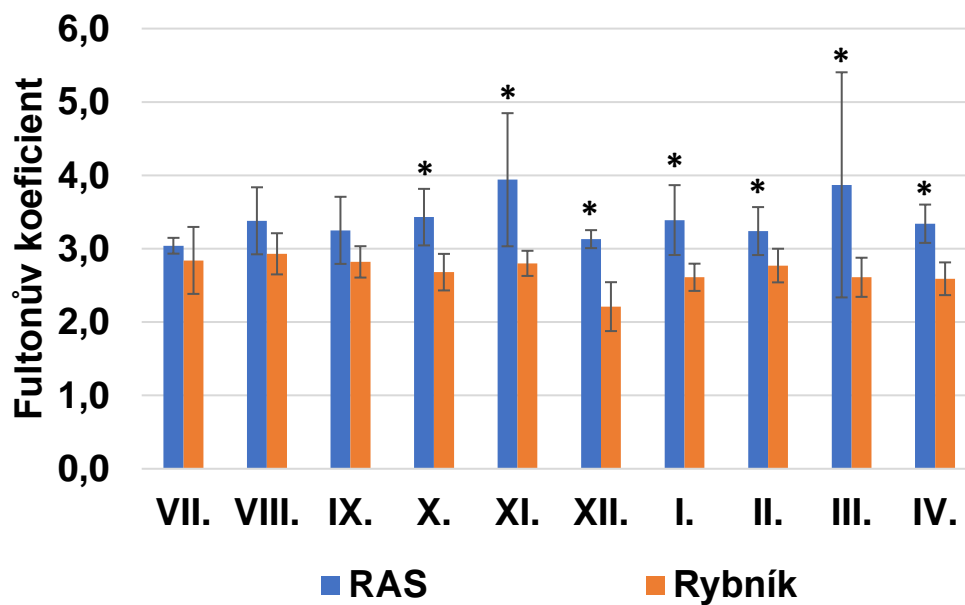
Graf 2. Fultonův koeficient u samic (hvězdička označuje hodnoty s významnými statistickými rozdíly)

#### 4.1.2 Hmotnostní a kondiční stav (Samci)

Z Grafů 3 a 4 je patrné, že samci z RAS byli z pohledu kondiční stránky na tom lépe než samci chovaní v rybníce. Co se týče hmotností, tak ta byla u samců chovaných v rybníce znatelně nižší než u samců chovaných v RAS.



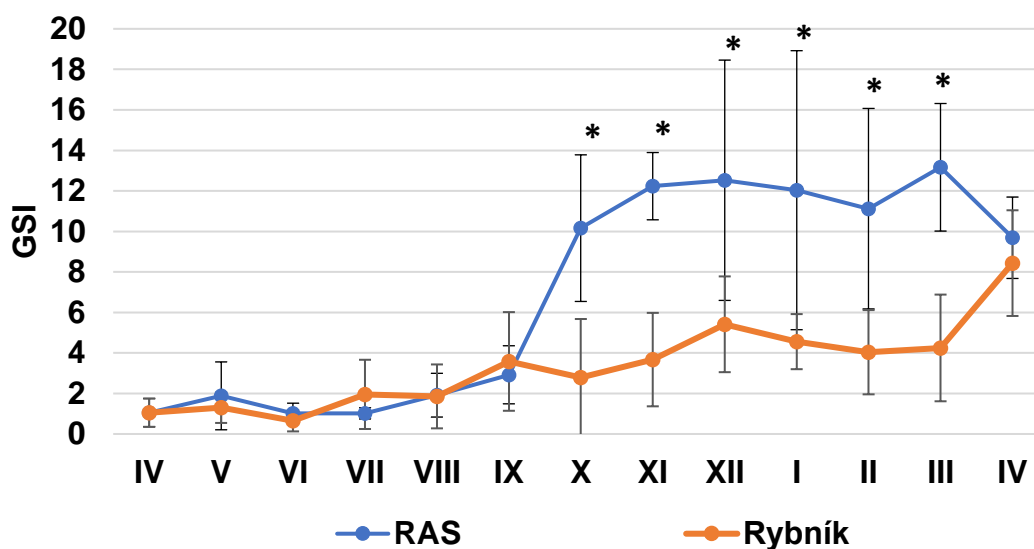
Graf 3. Průměrná hmotnost mlíčáků v měsících (hvězdička označuje hodnoty s významnými statistickými rozdíly)



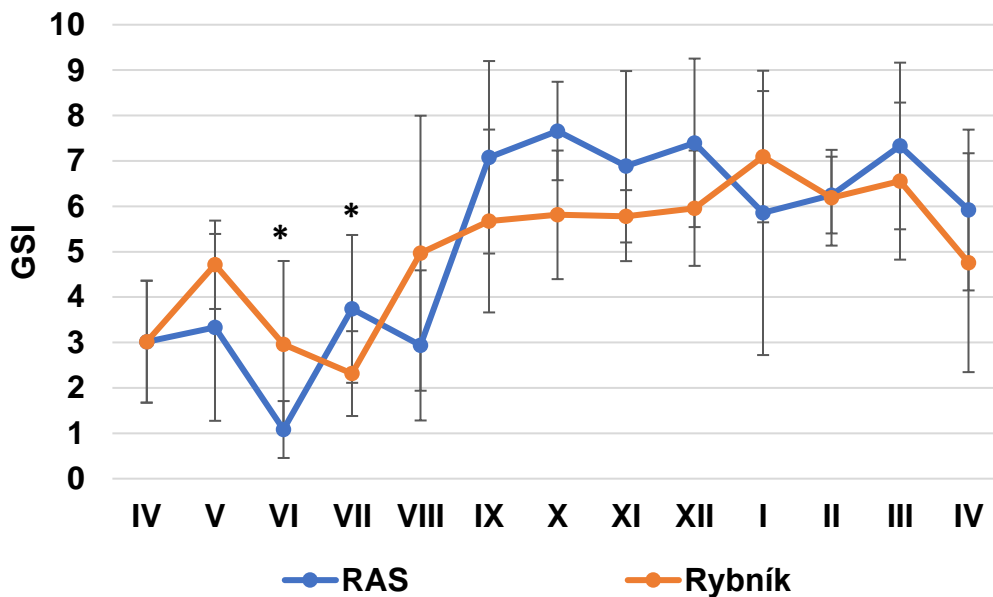
Graf 4. Fultonův koeficient u mlíčáků (hvězdička označuje hodnoty s významnými statistickými rozdíly)

## 4.2 Gonadosomatický index

Grafy 5 a 6 pojednávají o rozdílech GSI (gonadosomatického indexu) u ryb z RAS a rybníka. V grafu 5 lze vidět, že GSI začal od 9. měsíce rychle stoupat. Hodnoty GSI se držely na vyšších hodnotách u samic z RAS, oproti samicím z rybníka. V prvních měsících však bylo možné vidět, že mezi RAS a rybníkem byly pouze nepatrné rozdíly v hodnotách GSI. Graf 6 uvádí hodnoty GSI u samců. Z grafu je patrné, že i když ve většině případů bylo GSI větší u samců z RAS oproti samcům z rybníka, tak rozdíly mezi jednotlivými prostředími byli nepatrné. U samců z RAS byly počáteční hodnoty GSI nižší vůči samcům z rybníka, avšak od 8. a 9. měsíce 2019 došlo u samců z RAS k velkému nárůstu hodnot GSI.



Graf 5. Gonadosomatický index u samic



Graf 6. Gonadosomatický index u samic

### 4.3 Stupně vývoje gonád

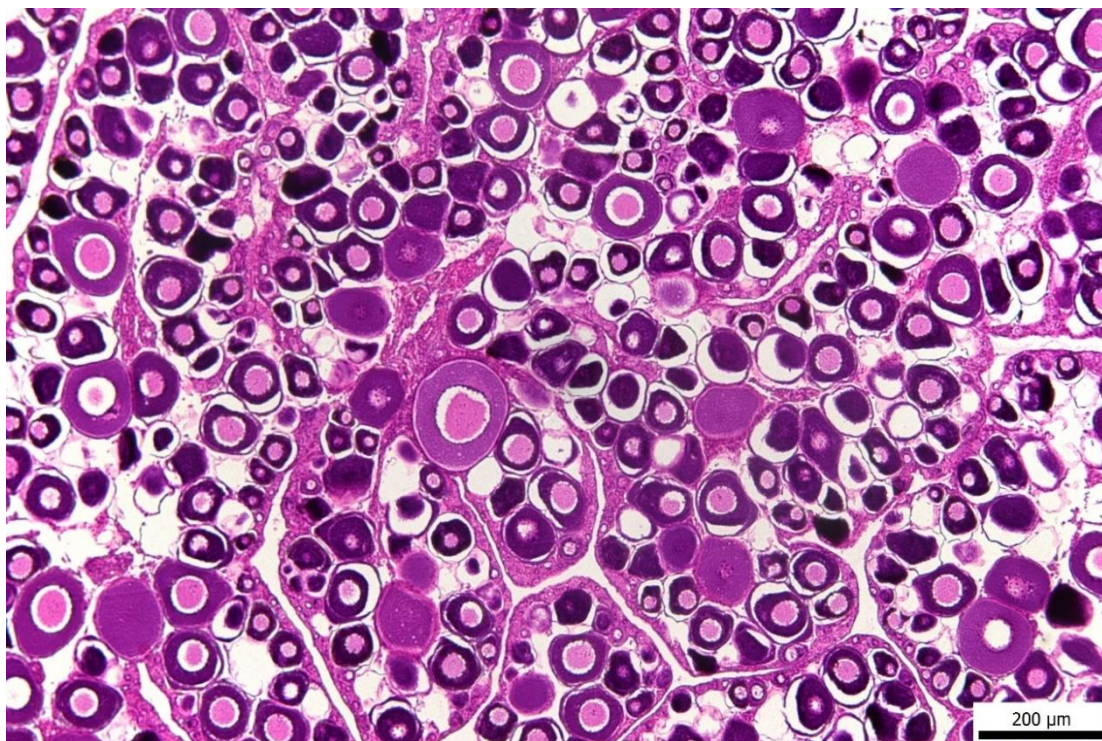
#### 4.3.1 Stupně vývoje gonád u samic

V tabulce číslo 4 jsou ukázány průměrné hodnoty velikosti (průměru) oocytů a stupně zralosti gonád u samic z RAS a rybníka. Je patrné, že u ryb z RAS se objevovaly větší, vyvinutější oocyty oproti samicím z rybníku. Statisticky významné rozdíly mezi samicemi z RAS a rybníka byly ale pozorovány až v posledních dvou měsících sledování a pak ještě v říjnu 2019. Významné rozdíly ve velikosti oocytů v rámci prostředí mezi měsíci byly rovněž pozorovány, což nasvědčovalo postupnému vývoji gonád. S ohledem na počet vyšetřovaných ryb v rámci měsíce byly ale statisticky významné rozdíly pozorovány většinou jen mezi vzdálenějšími měsíci.

Na obrázku 15 lze vidět oocyty nacházející se ve fázi III. (Horváth, 1985). Oocyty jsou nedovyvinuté, neobsahují dominantní vakuoly. Jsou v previtelogenní fázi vývoje a jejich velikost byla v průměru 139  $\mu\text{m}$ .

**Tabulka 4. Průměrná velikost oocytů a stupeň vývoje gonád v RAS a rybníce. Abecední znaky v horním indexu indikují významnost rozdílů hodnot ( $p < 0,05$ ) v rámci prostředí mezi měsíci; \* - indikuje významnost rozdílů ( $p < 0,05$ ) mezi prostředími v rámci měsíce.**

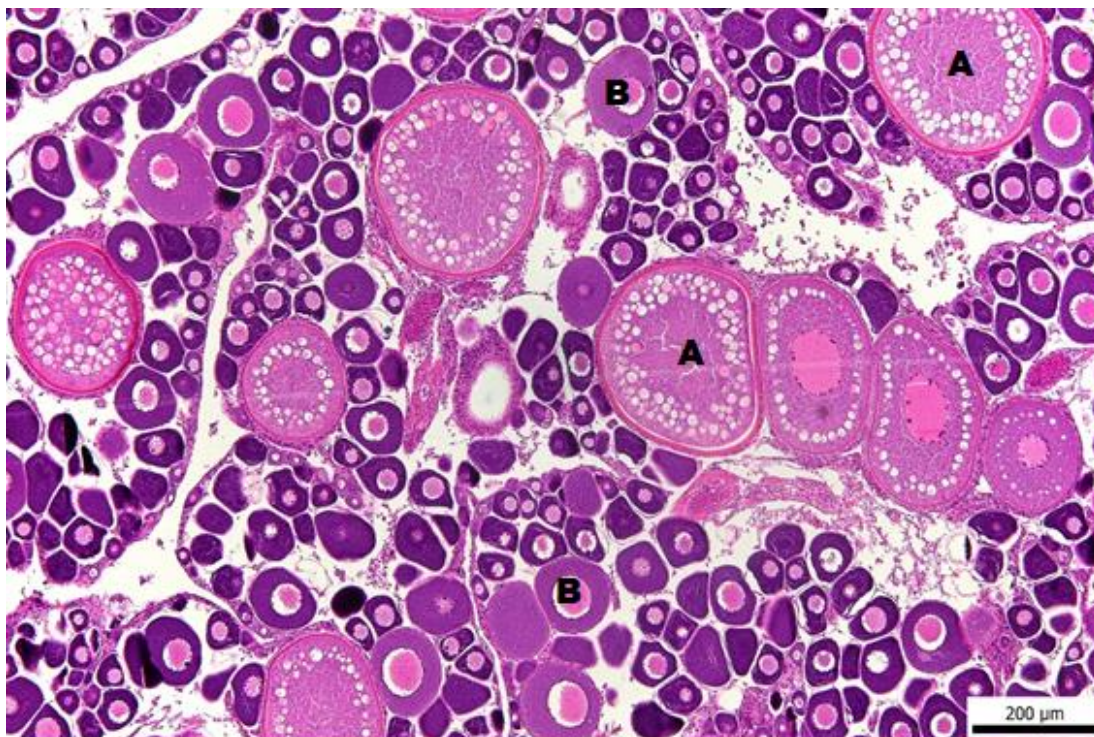
Měsíc	Prům. oocytů(μm) Rybník	Prům. oocytů(μm) RAS	Prům. stupeň zralosti Rybník	Prům. stupeň zralosti RAS
IV	139,47		III	
V	234,41 <sup>abc</sup>	227,04 <sup>ab</sup>	IV	IV
VI	135,70 <sup>a</sup>	215,46 <sup>ab</sup>	III	IV
VII	270,32 <sup>bcd</sup>	190,68 <sup>a</sup>	IV	III-IV
VIII	212,12 <sup>ab</sup>	319,95	III	IV
IX	361,81 <sup>bcde</sup>	384,00 <sup>ab</sup>	IV	V
X	374,57 <sup>bcde</sup>	504,08 <sup>bc*</sup>	IV-V	V
XI	416,38 <sup>bcdef</sup>	504,23 <sup>cde</sup>	V	V
XII	447,87 <sup>def</sup>	540,60 <sup>cde</sup>	V	V
I	482,14 <sup>ef</sup>	500,45 <sup>cd</sup>	V	V
II	468,73 <sup>ef</sup>	518,34 <sup>cde</sup>	V	V
III	425,30 <sup>cdef</sup>	651,92 <sup>de*</sup>	V	VI
IV	596,71 <sup>f</sup>	693,26 <sup>e*</sup>	V	VI



**Obrázek 15. Gonády u samic (nerozdělná skupina) s previtelogenními oocyty – 10x zvětšeno**

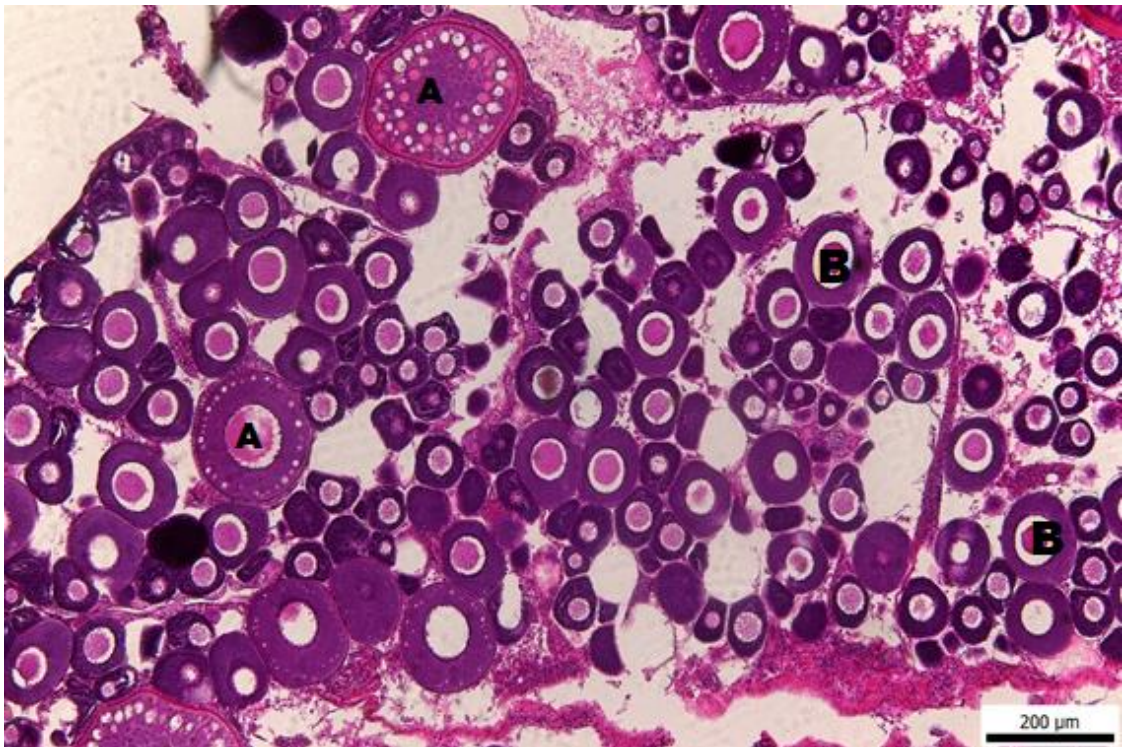
Na obrázcích 16 a 17 lze vidět rozdíl mezi velikostí oocytů u samic z RAS a rybníka. Gonády byly odebrány samicím v měsíci květnu 2019. Na obrázku číslo 18 lze pozorovat nižší (fáze vývoje IVb.) vývoj oproti samicím z obrázku 16 (fáze vývoje IVa.). U samic z rybníka převažují previtelogenní oocyty bez vakuol. U samic z RAS byl podíl výskytu previtelogenní oocytů s vakuolami vyšší a průměrná velikost oocytů se pohybovala kolem 230  $\mu\text{m}$ .

Na fotografiích 18 a 19 je možné vidět porovnání mezi gonádami samic z RAS a rybníka z období července 2019. Ze snímků je možné vyčíst, že se vývoj pohybuje mezi III a IV fází. Stále dominovaly previtelogenní oocyty bez vakuol, avšak bylo možné pozorovat oocyty ve fázi previtelogenní s vakuolami. Rozdíl byl v tom, že u samic z rybníka byl počet previtelogenních oocytů s vakuolami menší, než u samic z RAS a byly také velikostně menší.

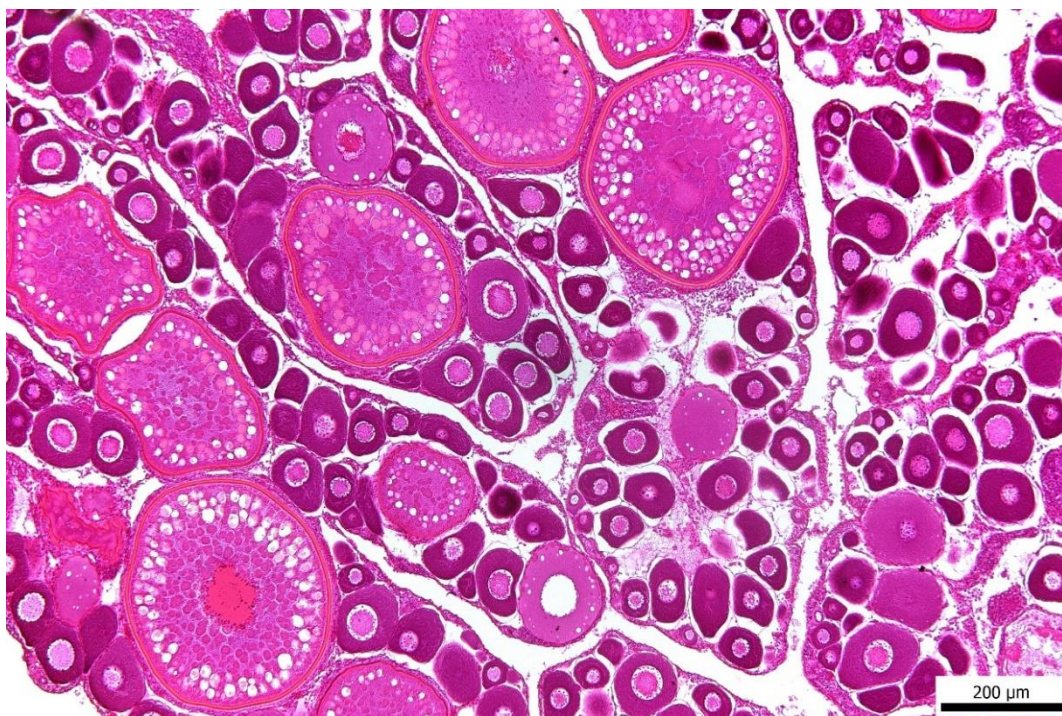


**Obrázek 16. V.2019 – RAS – 10x zvětšeno, A - previtelogenní oocyty s vakuolami, B – previtelogenní oocyty bez vakuol**

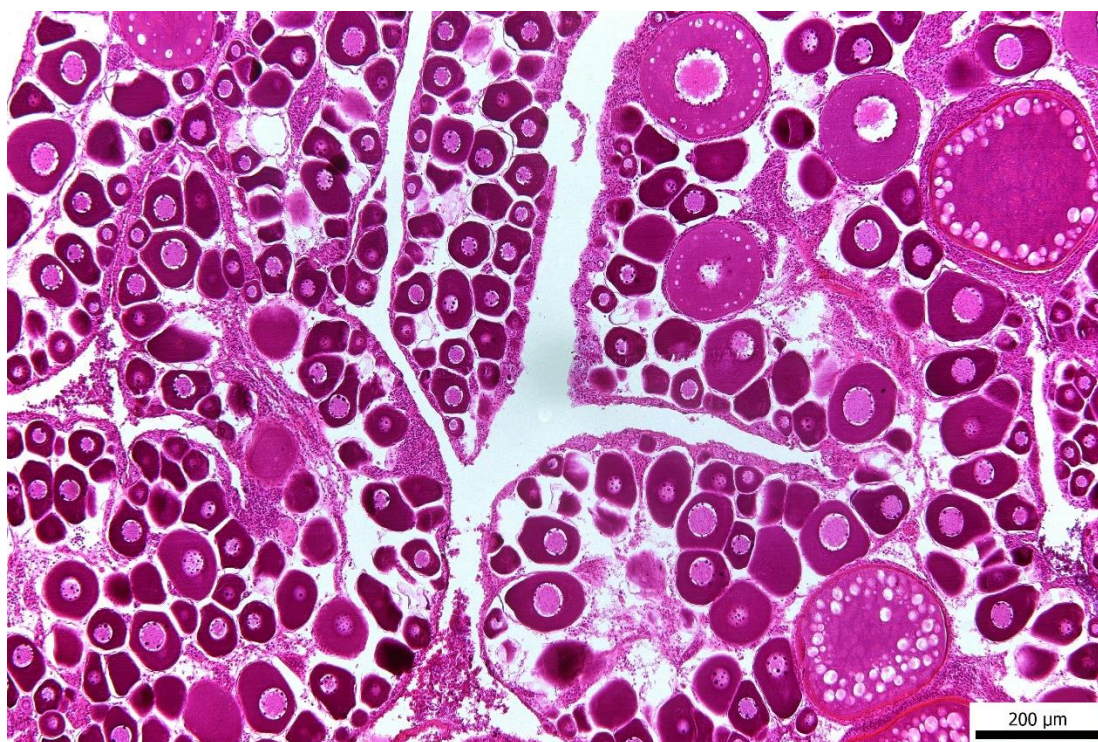




Obrázek 17. V.2019 – Pond – 10x zvětšeno A - previtelogenní oocyty s vakuolami, B – previtelogenní oocyty bez vakuol



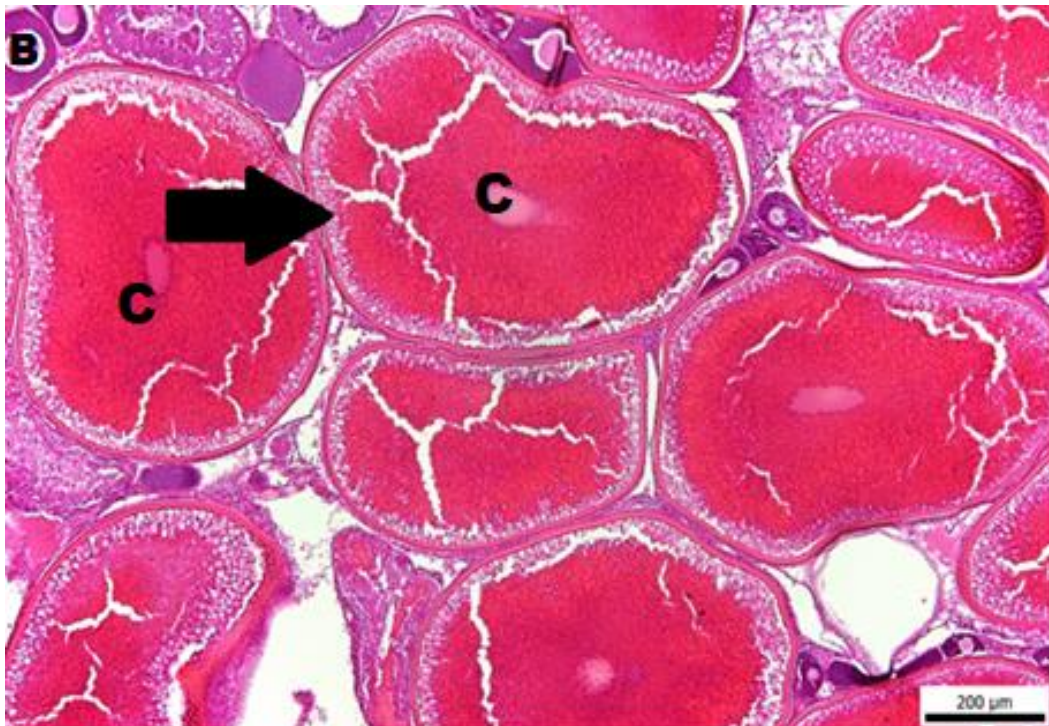
**Obrázek 18. VII.2019 – RAS – 10x zvětšeno – Větší počet previtelogenních oocytů s vakuolami**



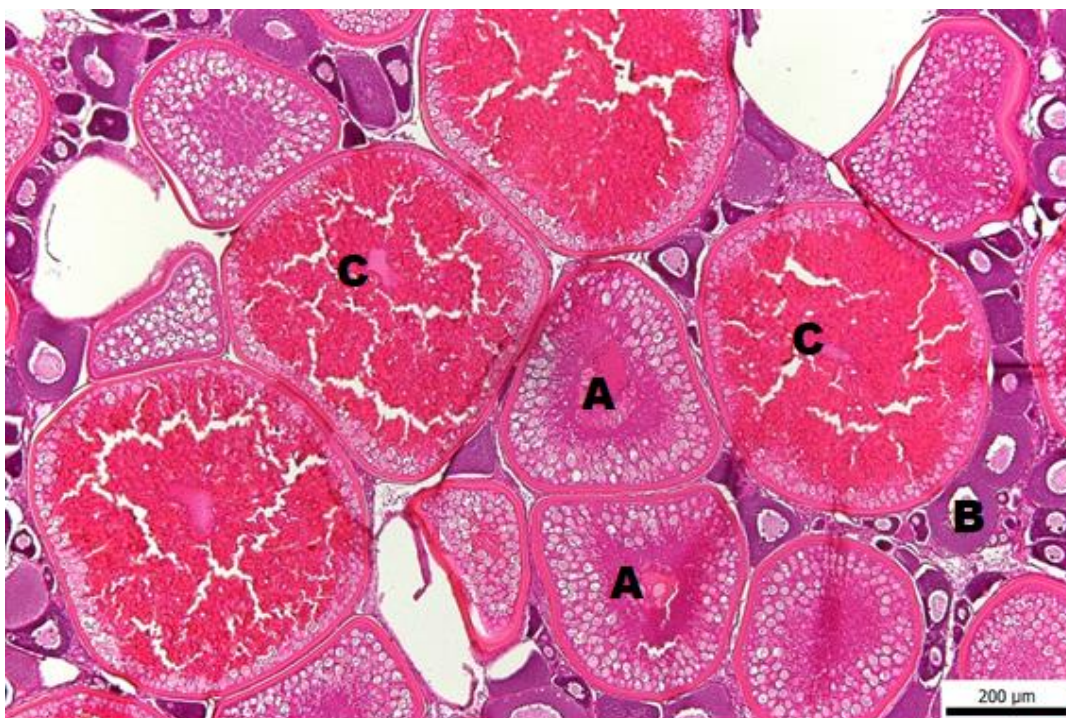
**Obrázek 19. VII.2019 – Rybník – 10x zvětšeno – Objevuje se zde malý počet menších previtelogenních oocytů s vakuolami. Stále převažují previtelogenní oocyty bez vakuol.**

Na obrázcích 20 a 21 je možné spatřit, že se oocyty u samic v RAS a rybníce liší. Oocyty u samic z RAS jsou sice stejně jako oocyty v rybníce ve fázi V., avšak vitelogenní oocyty (vyskytující se ve fázi V.) u samic z RAS byly větší a ve vyšším stádiu vývoje. U samic z rybníka bylo možné vitelogenní oocyty také pozorovat, avšak ne tak vyvinuté a v menším počtu. Velikost oocytů u samic z RAS se pohybovala kolem 540  $\mu\text{m}$  kdežto u rybníku se velikosti pohybovali kolem 440  $\mu\text{m}$ .

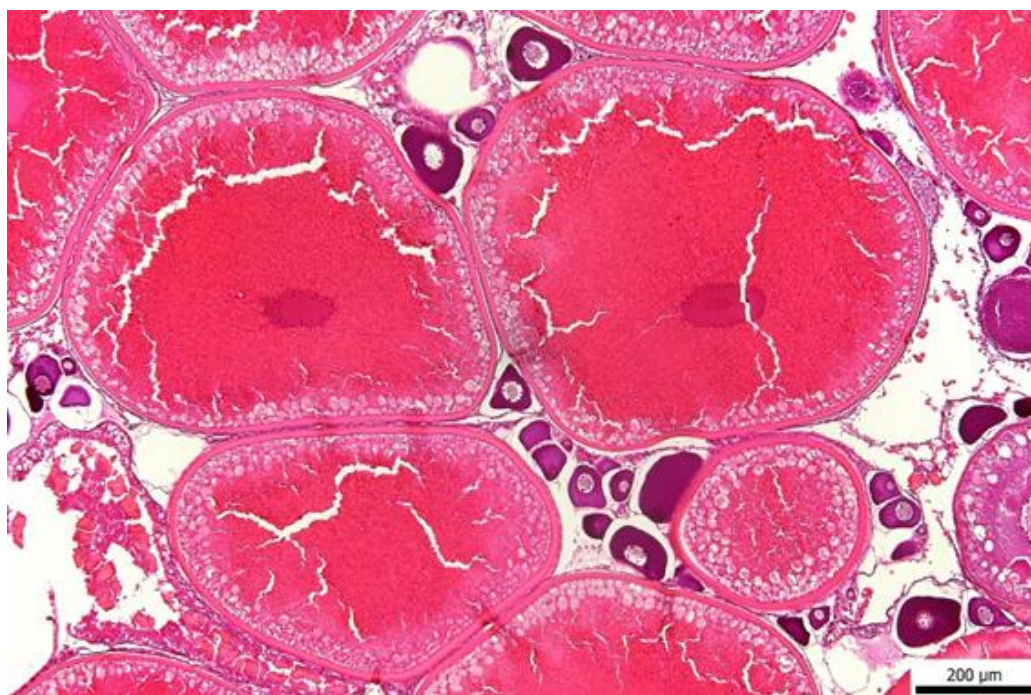
U obrázků 22 a 23 lze vidět, že oocyty z RAS jsou ve fázi VI, kdežto oocyty z rybníka pouze ve fázi V. Tento fakt lze pozorovat i u oocytů na snímcích 24 a 25. Z těchto hodnot lze usoudit, že samice z RAS byly prakticky připraveny k výtěru, kdežto samice z rybníka nikoli. Velikost vitelogenních oocytů u samic z RAS se pohybovala kolem 650-700  $\mu\text{m}$ , kdežto u ryb z rybníka byly hodnoty od 425 do 600  $\mu\text{m}$ .



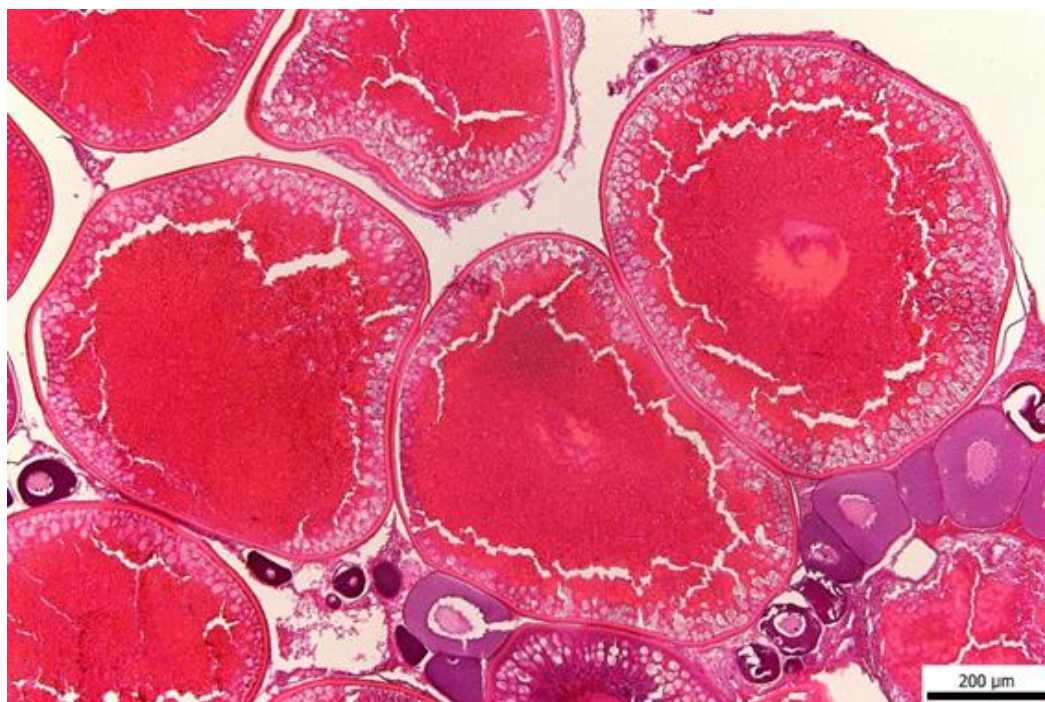
**Obrázek 20. XII.2019 – RAS – 10x zvětšeno A - previtelogenní oocyty s vakuolami, B – previtelogenní oocyty bez vakuol, C – vitelogenní oocyty**



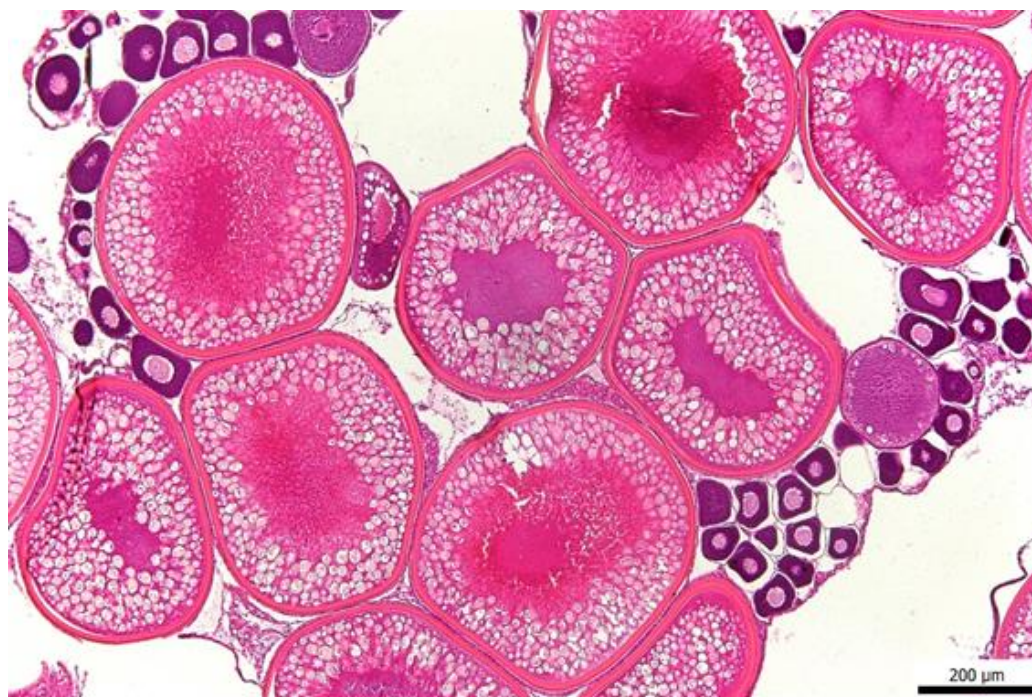
Obrázek 21. XII.2019 – Rybník – 10x zvětšeno A - previtelogenní oocyty s vakuolami, B – previtelogenní oocyty bez vakuol, C – vitelogenní oocyty



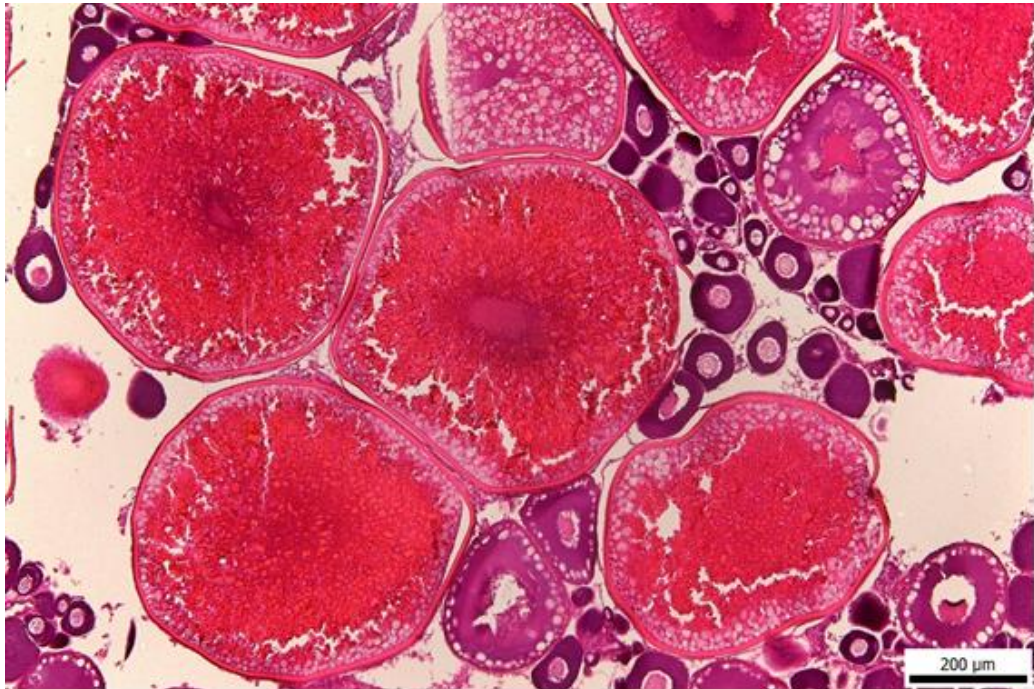
Obrázek 22. III.2020 – RAS – 10x zvětšeno Dominující oocyty ve vitelogenní fázi o velikosti 514-739 µm



**Obrázek 23. III.2020 – Rybník – 10x zvětšeno – Vitelogenní oocyty byly menší. Oocyty dosahovaly 300 do 530  $\mu\text{m}$**



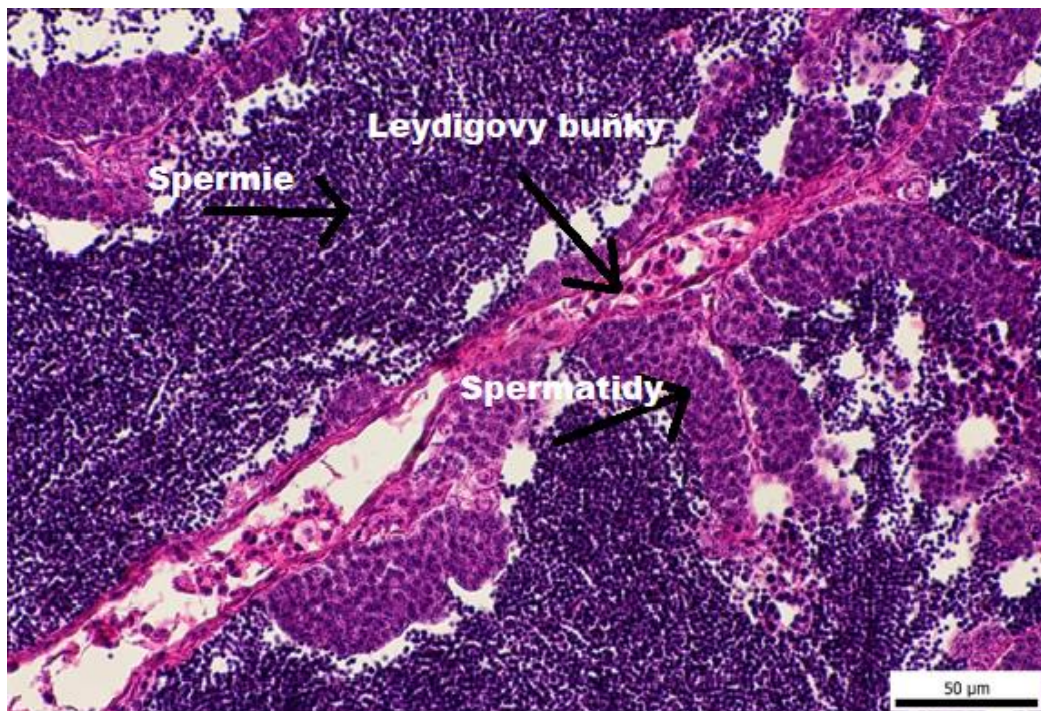
**Obrázek 24. IV.2020 – RAS – 10x zvětšeno – Vitelogenní oocyty byly větší (690-720  $\mu\text{m}$ ), začaly se zde objevovat oocyty nižších vývojových fází**



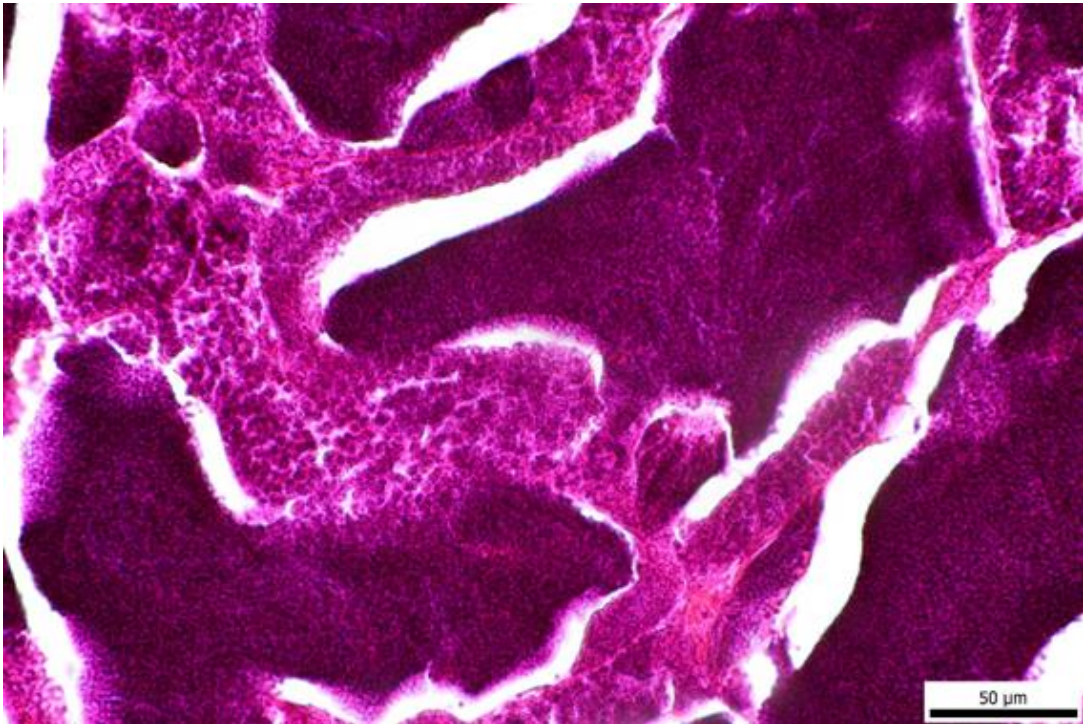
**Obrázek 25. IV.2020 – Rybník – 10x zvětšeno – U oocytů nedošlo k příliš velkým změnám oproti předešlým měsícům.**

#### 4.3.2 *Stupně vývoje gonád u samců*

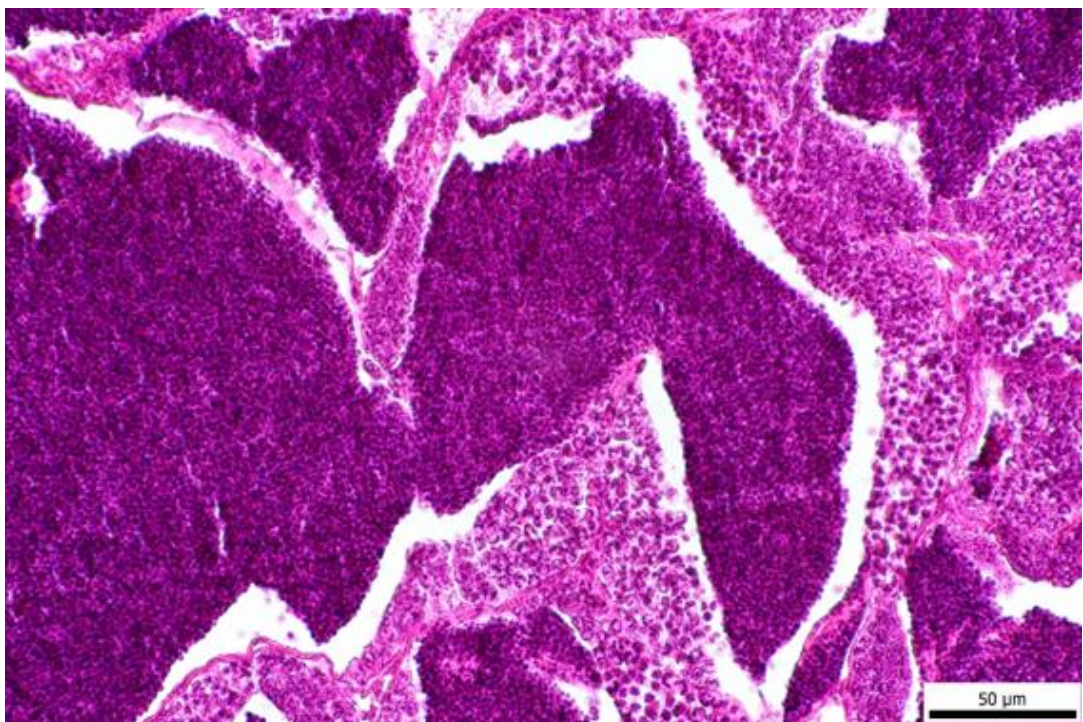
Gonády u samců byly prakticky plně vyvinuté ještě předtím, než došlo k rozdělení ryb do RAS a rybníka. Gonády samců se nacházely ve fázi IV. Na obrázcích 27 až 32 lze vidět porovnání samčích gonád. Z obrázků je patrné, že jsou si velice podobné a lze na nich pozorovat vyvinuté spermie v semenných kanálcích. Světlá místa znázorňovala testikulární tkáň.



Obrázek 26. IV.2019 Gonády u samců (nerozdělená skupina) – 60x zvětšeno

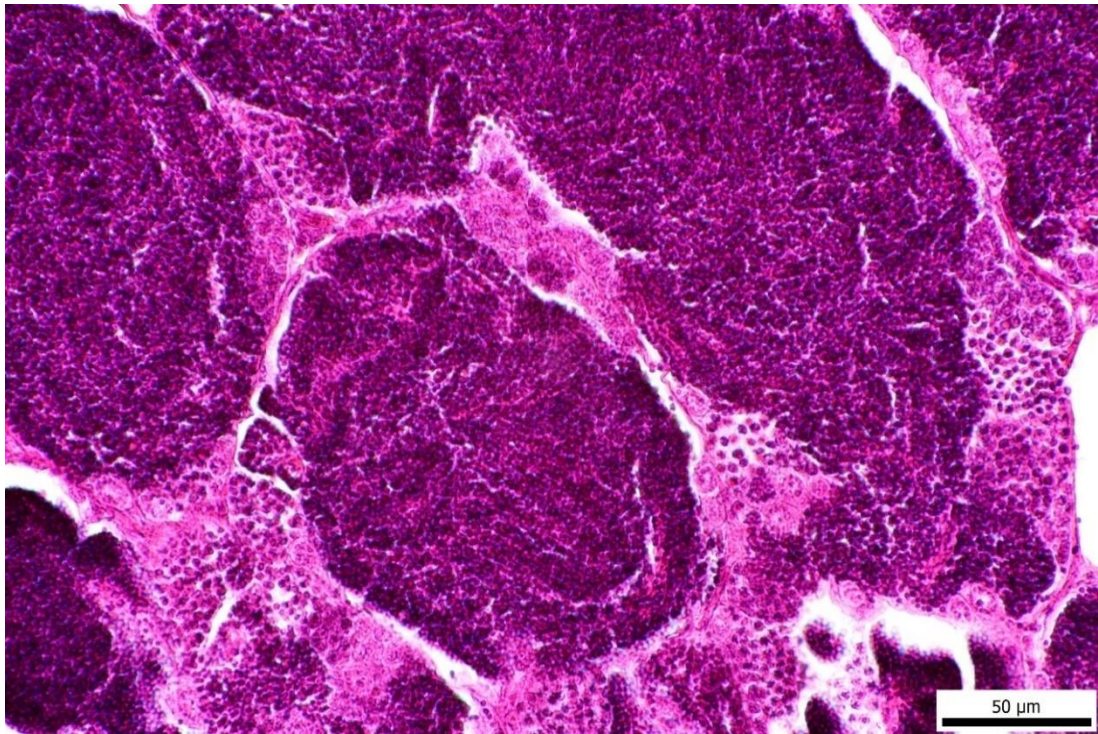


**Obrázek 27. VIII.2019 Gonády u samců RAS (60x zvětšeno)**

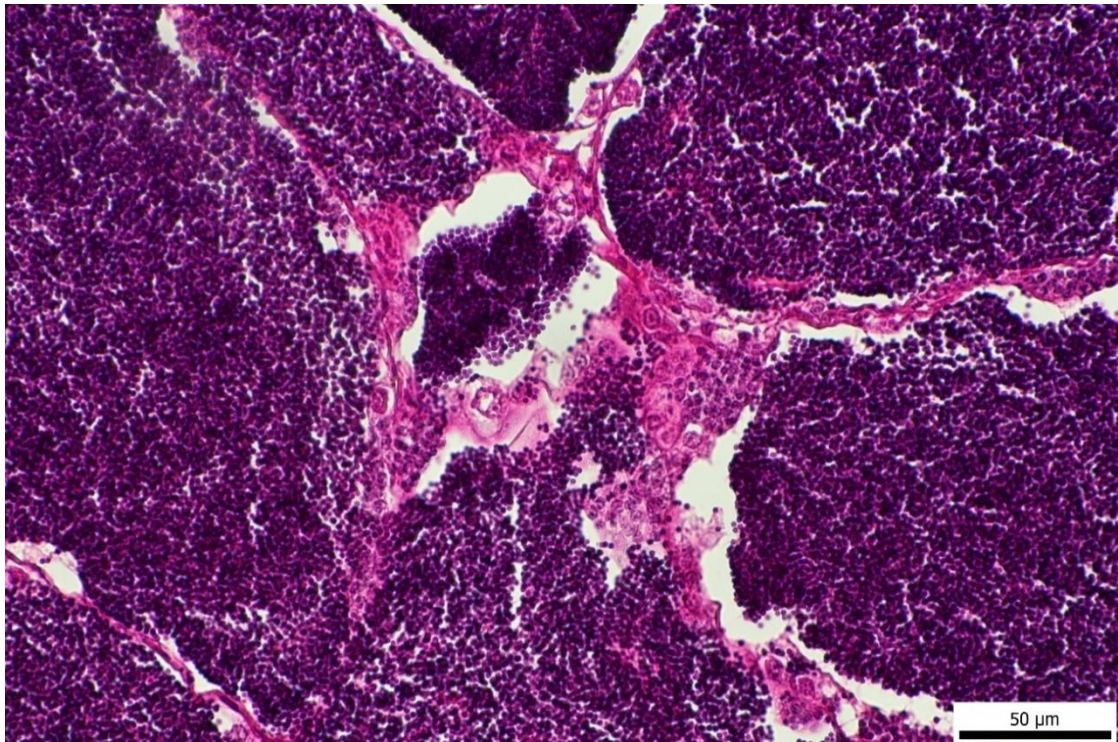


**Obrázek 28. VIII.2019 Gonády u samců Pond (60x zvětšeno)**

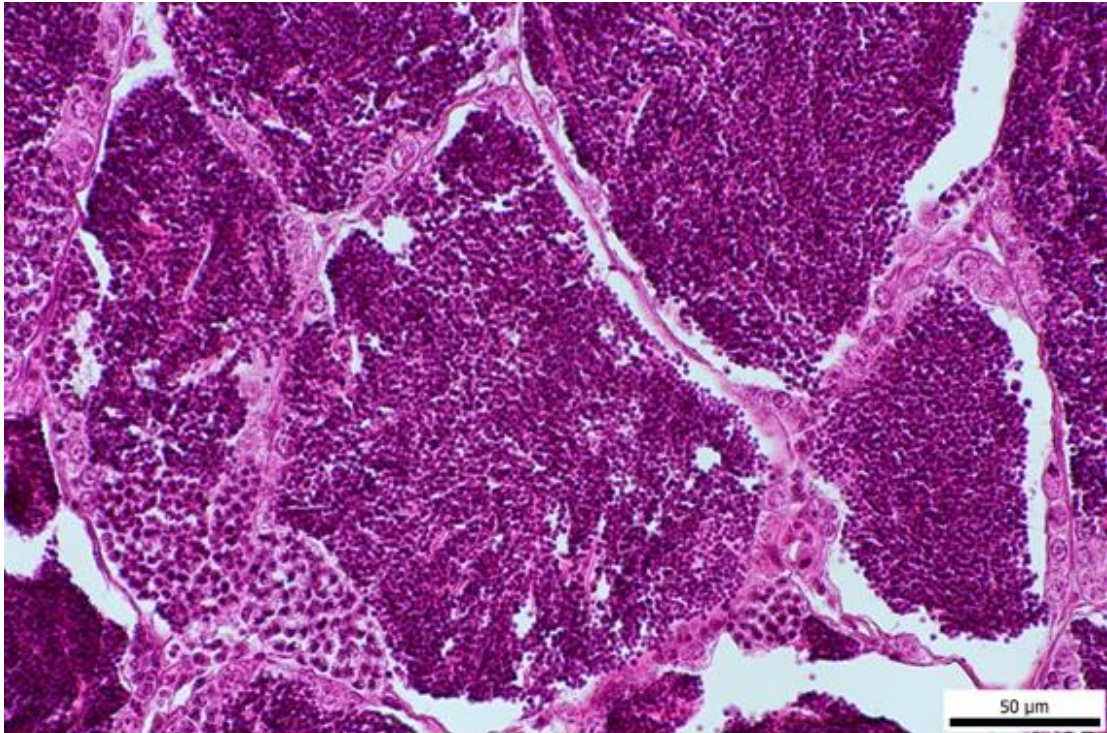




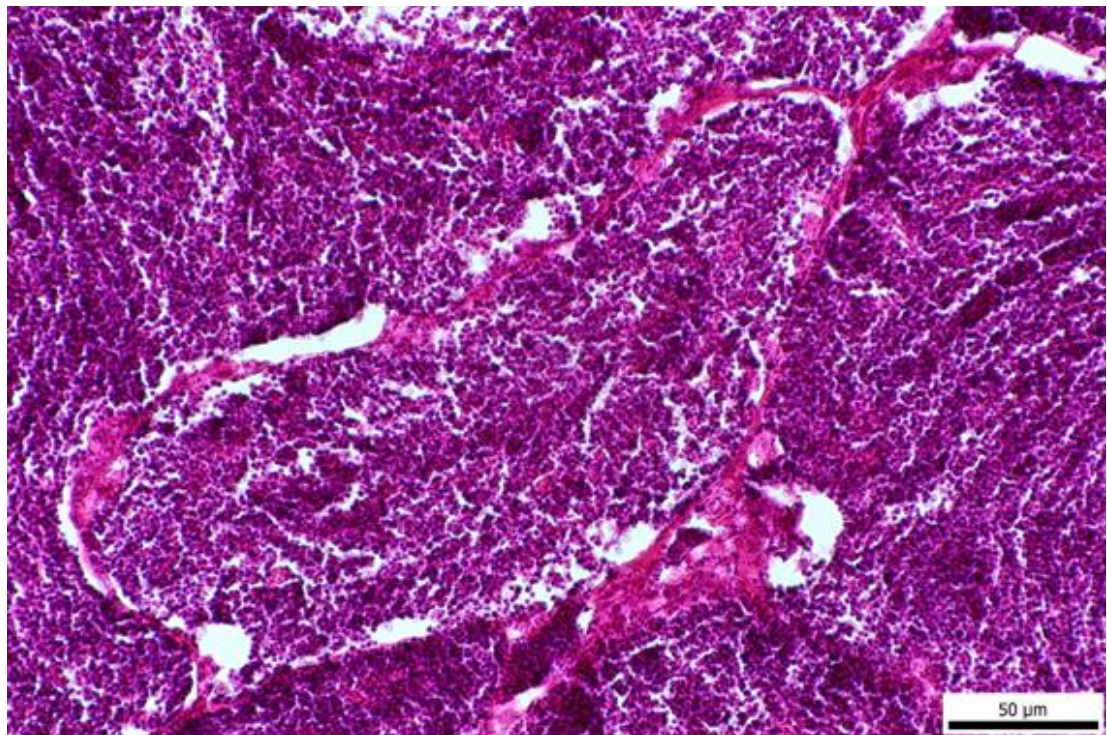
**Obrázek 29. XII.2019 Gonády u samců RAS (10x zvětšeno)**



**Obrázek 30. XII.2019 Gonády u samců Pond (60x zvětšeno)**



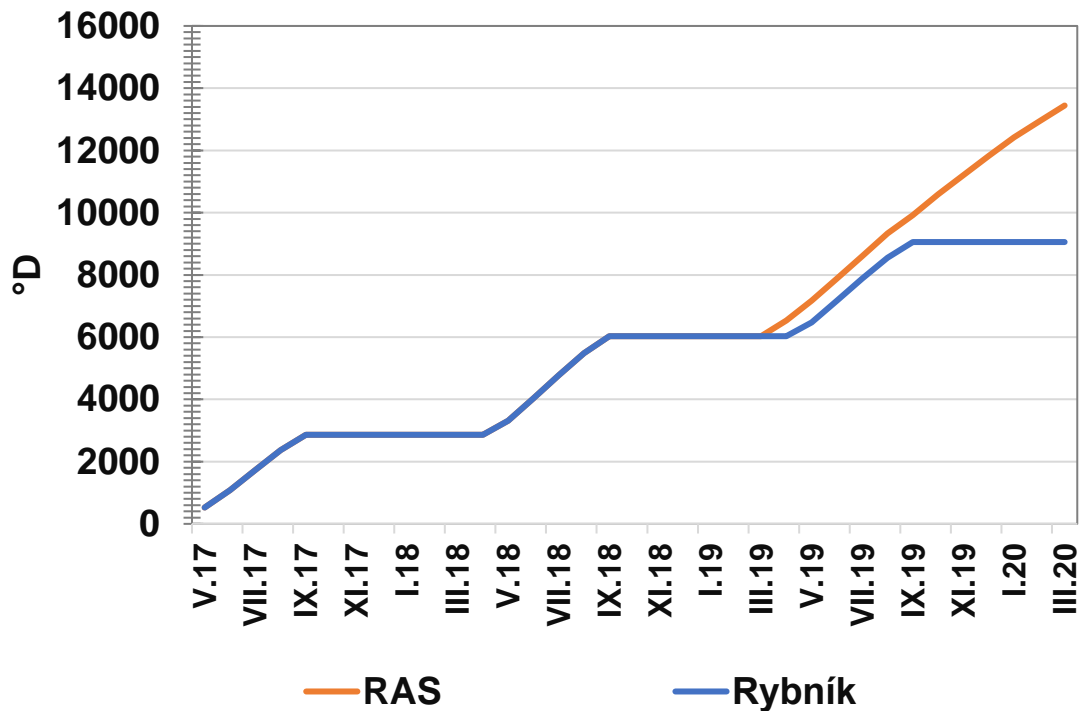
**Obrázek 31. IV.2020 Gonády u samců RAS (60x zvětšeno)**



**Obrázek 32. IV.2020 Gonády u samců Pond (60x zvětšeno)**

### 4.3.3 Kumulace denních stupňů

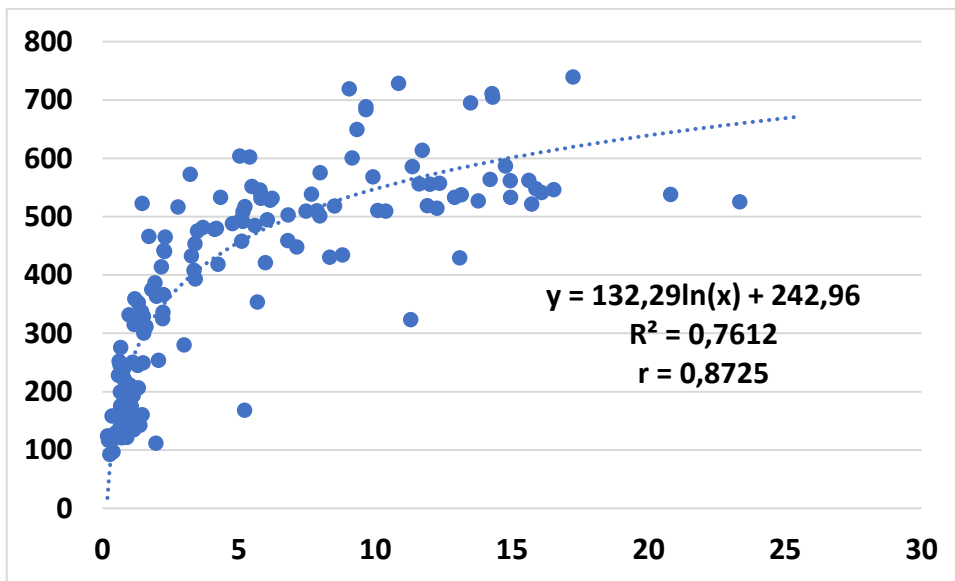
V grafu 7 je možné vidět kumulaci denních stupňů u ryb v RAS a v rybníce včetně období před rozdělením ryb na skupiny. Počet nasbíraných denních stupňů s průměrnou teplotou nad 15 °C úzce souvisí s vývojem gonád (Horváth, 1985). U ryb z RAS je možné vidět, že na konci sledování nasbíraly přes 13000 °D, zatímco ryby v rybníce pouze kolem 9000 °D.



**Graf 7. Vývoj denních stupňů** – Plochá místa u ryb z rybníku značí dobu, kdy Průměrná denní teplota nedosahovala alespoň 15 °C.

#### 4.4 Závislost GSI na průměru oocytů

Graf 8 pojednává o závislosti GSI (gonadosomatického indexu) a průměru oocytů. Závislost podle výše koeficientu opakovatelnosti ( $R^2$ ) a korelačního koeficientu ( $r$ ) nejlépe odpovídala logaritmické funkci. Závislost lze charakterizovat jako velmi významnou.



**Graf 8. Závislosti GSI a průměru oocytů celkově** – V grafu lze vidět i korelační koeficient ( $r$ ) jehož hodnota se pohybuje v intervalu pro silnou závislost.

## 5. Diskuze

Tato bakalářská práce měla za cíl zjistit rozdíly ve vývoji gonád při různých teplotních podmínkách u kapra obecného.

Přednostně nás zajímaly oocyty samic, a to z důvodu, že u samců bylo možné pozorovat spermie již v počátku experimentu. Podle práce od Sua (2014) by měla být v mírném klimatu většina samců kapra pohlavně dospělá již zhruba ve věku 19 měsíců, což se potvrdilo i v našem případě. U samic nás zajímaly průměry a následně také určení fáze vývoje oocytů. Toto určení se provádělo podle popisu fází vývoje od Horvátha (1985). Z výsledků vyplynulo, že samice chované v RAS po završení experimentu, tedy v dubnu 2020, dosahovaly fáze vývoje VI. (Horváth, 1985). Podle Horvátha (1985) je ryba pohlavně dospělá a schopná výtěru až ve fázi VII. vývoje oocytů. Přejít mezi VI. a VII. fází však probíhá velmi rychle a ryby tak během měsíce, než došlo k umělému výtěru přešly do fáze VII. Pouze samice z RAS byly schopny výtěru, což se následně potvrdilo úspěšným vytřením ryb v květnu 2020. U ryb odchovaných v rybníce k pokusu o výtěr ani nedošlo. Ryby byly již na první pohled menší oproti RAS a měly horší kondici (což se potvrdilo pomocí hodnot FK). Podle Horvátha (1985) by měl kapr obecný v mírném klimatu dosahovat vývoje gonád ve třetím roce života fáze III. až IV., tedy fáze dozrávání až zralosti. Oocyty by se měli podle něj pohybovat ve fázi V. až začátek VI., tedy někde mezi 400 až 800  $\mu\text{m}$ , což by odpovídalo hodnotám v mé práci. Oocyty byly u samic z rybníka ve velikosti okolo 600  $\mu\text{m}$ . U ryb z RAS, tedy chovaných v teplejší vodě, by podle Horvátha (1985) měly samice dosahovat fáze vývoje oocytů VI. a z části VIIa., což se shoduje i s hodnotami v této práci. Vývoj gonád u ryb je závislý na teplotě vody, tedy přesněji závisí na množství nasbíraných denních stupních ( $^{\circ}\text{D}$ ) (Horváth, 1985). Na konci experimentu se počet nasbíraných denních stupňů pohyboval u ryb z RAS zhruba na 13400  $^{\circ}\text{D}$ , kdežto u ryb z rybníka nabývala hodnota pouze kolem 9000  $^{\circ}\text{D}$ . Hodnoty porovnané podle grafu vývoje oocytů v závislosti na teplotě od Horváth (1985) ukazují, že u ryb z rybníka, které se dostaly na hodnotu 9000  $^{\circ}\text{D}$ , odpovídala hodnota vývoje oocytů fáze V. (dle jeho definice). Tento fakt, že ryby byly ve fázi V. značil, že ryby nebyly schopny výtěru (nebyly pohlavně dospělé). K dosažení pohlavní dospělosti je potřeba dosáhnout 10000 až 12500  $^{\circ}\text{D}$ , čehož dosáhly pouze ryby chované v RAS. Oocyty v této fázi mají velikost od 350 do 600  $\mu\text{m}$ .

S rychlejším dosažením pohlavní dospělosti a výtěrem souvisí také fotoperioda. Pokud se fotoperioda prodlouží z 12 hodin světla a 12 hodin tmy na 16 hodin světla a 8 hodin tmy (16L-8D), dochází k rychlejšímu dosažení pohlavní dospělosti a schopnosti výtěru. U ryb s delší fotoperiodou došlo k výtěru u 4/5 ryb již po 3 měsících, kdežto u ryb s kratší fotoperiodou došlo k částečnému výtěru u 50 % po 6 měsících. Dále se zjistilo, že pokud dojde k dalšímu prodloužení fotoperiody z 16L-8D na 22L-2D, tak nedojde k dalšímu urychlení vývoje gonád (Davies a kol., 1986). Když došlo ke zvýšení teploty z 16 °C na 22-25 °C, došlo u ryb s delší fotoperiodou k úplné ovulaci, kdežto u ryb s kratší fotoperiodou došlo k ovulaci při teplotě 20-24 °C. (Davies a kol., 1986).

Dalším faktorem, který byl sledován, byly rozdíly ve hmotnostech ryb chovaných v RAS a ryb chovaných v rybníce. Z výsledků je možné vyčíst, že ryby z RAS ať samci, tak samice, dosahovaly větších hmotností než ryby chované v rybníce. Tento fakt je zapříčiněn tím, že ryby chované v RAS jsou při konstantní teplotě po celou dobu experimentu, kdežto voda v rybníce je ovlivňována přírodními vlivy a ročním obdobím. Při snížené teplotě kapr nepřijímá tolik potravy v souvislosti s tím, že se jedná o poikilotermní organismy a jejich životní funkce (aktivita) přímo koreluje s okolní teplotou. Ryby v chladnějším prostředí nepřijímají větší množství potravy, jelikož by nebyly schopny ji strávit a také vyloučit odpadní produkt, kterým je amoniak. V porovnání s hodnotami od Gely a kol. (2003) dosahovaly ryby v rybníce hmotnosti u samic 1601,9 g ± 208,7 a u samců 1623,4 g ± 222,2. V tomto případě byly naměřeny hodnoty hmotností u ryb z rybníka u samic 1884,2 g a u samců 1612 g. V práci od Prchala a kol. (2018) dosahovaly ryby v rybníce hmotnosti kolem 1847 g. Další práce od Vandeputteho a kol. (2020) obsahovaly hodnoty hmotností u kapra obecného 1910 g ± 284,6. Podle Hartmana a Regendy (2014) by měl kapr K3 dosahovat v rybníce váhy od 1,5 do 2 kg.

Gonadosomatický index (GSI) v mé práci nabýval hodnot v od 1,1 do 13,1 u samic a od 3 do 7 u samců. V porovnání s hodnotami v publikaci od Kocoura a kol. (2005), kdy se dosažené hodnoty pohybovaly v rozmezí od 4,3 do 5,1, byly jeho hodnoty vyšší vůči mé práci v počátku intervalu, avšak koncové hodnoty byly v mé práci vyšší. U samců bylo GSI vyšší v počátku testu, a to z důvodu, že samci dosahují pohlavní dospělosti dříve než samice, což se shoduje s prací Gely a kol. (2003), Kocoura a kol. (2005) a Buchtové

a kol. (2006), kde byl taktéž prokázán vyšší gonadosomatický index u samců oproti samicím.

Fultonův koeficient v rámci porovnání RAS a rybníka nabýval u obou případů, jak u samců, tak i samic vyšších hodnot u RAS. V RAS se hodnoty FK pohybovaly u samic v rozmezí od 3,2 do 3,9, kdežto u samic z rybníka dosahovaly hodnoty od 2,5 do 3, což značí, že samice z RAS byly v lepším výživném stavu. U samců nabývaly hodnoty FK od 3 do 3,9 v RAS a od 2,2 do 2,9 v rybníce. V tomto případě se také potvrdilo, že ryby z rybníka budou v nižší kondici než ryby v RAS. Interval Fultonova koeficientu se trochu lišil od výsledků práce Kocoura a kol. (2005), kdy výsledné hodnoty FK byly v rozmezí 3,5-3,6. U ryb z RAS dosahovaly hodnoty vyšší FK, v porovnání s prací Kocoura a kol. (2005) a naopak u ryb z rybníka byly hodnoty nižší než ve zmiňované práci. V práci od Prchala a kol. (2018) dosahoval FK hodnot  $2,85 \pm 0,25$  pro ryby z rybníčního chovu. Hodnoty FK u Gely a kol. (2003) se pohybovaly u samic  $3,2 \pm 0,4$  a u samců  $3,0 \pm 0,4$  v rybníčním chovu. V porovnání s hodnotami v této práci, byly hodnoty FK nižší oproti hodnotám Gely a kol (2003). Melka (2014) uvádí podobné hodnoty FK a to  $3,29 \pm 0,17$  pro ryby z rybníka. Tyto hodnoty byly opět o něco vyšší než v této práci. Je to nejspíše zapříčiněno rozdílnou skladbou krmiv a rozdílným počasím, které není každý rok konstantní.

GSI a velikost oocytů vykazují závislost. Tento fakt je znázorněn v grafu 8. Hodnoty korelačního koeficientu vycházely zhruba 0,87 a tím pádem spadaly do hodnot velmi silné závislosti. Hodnoty velmi silné závislosti jsou podle de Vause (2002) v rozmezí od 0,7 do 0,89. Tudíž můžeme konstatovat, že je možné na základě znalosti GSI s určitou přesností určit velikost oocytů a tím pádem je možné i určit, v jaké fázi vývoje se budou oocyty nacházet.

## 6. Závěr

Mým úkolem bylo vyhodnotit získaná data jako byly váha ryby, GSI, změření velikosti oocytů, určení fáze vývoje a výpočet Fultonova koeficientu. Zaměření bylo spíše na samice než samce. Výsledky vypadaly následovně:

**Váhy ryb** – Ryby chované v RAS, ať už samci, či samice dosahovaly násobně vyšších hodnot hmotnosti, oproti rybám držených v rybníce.

**GSI** – Gonadosomatický index u samic z RAS nabýval vyšších hodnot od 9. měsíce 2019 až do konce pokusu. U samců byl GSI velmi podobný a kopíroval tvar samců jak z RAS, tak z rybníka. Hodnoty GSI u samců z rybníka byly větší v počáteční fázi, avšak měli pomalejší tendenci růstu, tedy hodnoty RAS následně dosahovaly vyšších hodnot.

**Fáze vývoje gonád** – Fáze vývoje gonád byly posuzovány dle průměrné velikosti oocytů a dalších znaků dle popisu od Horvátha (1985). V této oblasti jsem se zaměřoval na porovnávání samic, jelikož u samců bylo známo, že již v začátku experimentu (duben 2019) byli pohlavně dospělí a samovolně po tlaku na břišní partie uvolňovali mlíčí. U samic z RAS byly výsledné hodnoty na konci pokusu takové, že se nacházely ve fázi vývoje VI., což značilo jejich pohlavní dospělost. U ryb z rybníka, došla fáze vývoje pouze do fáze V., tudíž u nich výtěr nebyl možný (nebyly pohlavně dospělé). Velikosti oocytů se pohybovaly u samic z RAS na hodnotách kolem 700  $\mu\text{m}$ , kdežto u samic z rybníka dosahovaly průměru pouze necelých 600  $\mu\text{m}$ . Vývoj souvisel také s množstvím nasbíraných denních stupňů. Počet denních stupňů potřebných k pohlavní dospělosti samic je zhruba 10000 - 12500  $^{\circ}\text{D}$ . Samice z RAS dosáhly hodnot 13000  $^{\circ}\text{D}$ , kdežto samice z rybníka pouze 9000  $^{\circ}\text{D}$ . To je dalším důvodem, proč samice z rybníka nedosáhly pohlavní dospělosti a dále se nepoužívaly k výtěru daný rok (duben-květen 2020).

**Fultonův koeficient** – FK tedy koeficient kondice ukazoval na fakt, že ryby držené v RAS ať už samci, tak i samice, dosahovaly vyšší kondice oproti rybám drženým v rybníce.

**Závislost GSI a průměru oocytů** – Hodnoty korelačního koeficientu vycházely v hodnotách, které náleží do rozmezí pro velmi silnou závislost, tím pádem je možné konstatovat, že hodnoty GSI a průměr oocytů jsou na sobě silně závislé. Je tedy možné s určitou přesností určit velikost oocytů na základě znalosti hodnot GSI.



## 7. Použitá literatura

- Balon, E.K., 1995. Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from Roman gourmets to the swimming flowers. In: Billard, R., Gall, G.A.E. (Eds), The Carp. Elsevier Science B . V. , Amsterdam , 3 - 1 2 . Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00227-F](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00227-F)
- Bolger, T., Connolly, P.L., 1989. The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. *Journal of Fish Biology*, 34: 171-182.
- Buchtová, H., Svobodová, Z., Kocour, M., Velíšek, J., 2006. Evaluation of the dressing percentage of 3-year-old Experimental Scaly Crossbreds of the Common Carp (*Cyprinus carpio*, Linnaeus 1758) in Relation to Sex. *Acta Veterinaria Brno* 75 (1): 123-132.
- Čítek, J., Krupauer, V., Kubů F., 1998. *Rybníkářství. Informatorium*, Praha, 306 s. ISBN 80-86073-37-8.
- Davies, P.R., Hanyu, I., 1986. Effect of temperature and photoperiod on sexual maturation and spawning of common carp: I. Under conditions of high temperature. *Aquaculture* 51(3-4): 277-288.
- Davies, P.R., Hanyu, I., Furukawa, K., Nomura, M., 1986. Effect of temperature and photoperiod on sexual maturation and spawning of common carp: II. Under conditions of high temperature. *Aquaculture* 52: 51-58
- De Vaus, D., 2002. *Analyzing Social Science Data. 50 Key Problems in Data Analysis*. London: Sage Publications.
- Dietrich, D., Krieger, H. O., 2009. *Histological analysis of endocrine disruptive effects in small laboratory fish*. Hoboken: John Wiley & Sons, 381 pp. ISBN 978-0-471-76358-1.
- Dubský, K., 1998. *Základy chovu kapra*. Institut výchovy a vzdělání Ministerstva zemědělství České republiky, Praha, 36 s. ISBN 80-7105-167-5.
- Dubský, K., Šrámek, V., Kouřil, J., 2003. *Obecné rybníkářství*. Praha: Informatorium, 308 s. ISBN 80-7333-019-9.

- Dubský, K., 2015. Chov ryb v rybnících: pro stavební zaměření. Vydání 2. Vodňany: Střední rybářská škola a Vyšší odborná škola vodního hospodářství a ekologie, 194 s. ISBN 978-80-87096-20-8.
- FAO: Global aquaculture production Quantity (1950 - 2020), 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations [online]. [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: [https://www.fao.org/fishery/statistics-query/en/aquaculture/aquaculture\\_quantity](https://www.fao.org/fishery/statistics-query/en/aquaculture/aquaculture_quantity)
- Gela, D., Rodina, M., Linhart O., 2003. Top-crossing with evaluation of slaughtering value in common carp (*Cyprinus carpio* L.) offspring. *Aquaculture International* 11: 379-387.
- Gela, D., Kocour, M., Rodina, M., Flajšhans, M., Beránková, P., Linhart, O., 2009. Technologie řízené reprodukce kapra obecného (*Cyprinus carpio* L.). Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 43 s. ISBN 978-80-85887-99-0.
- Genten, F., Terwinghe, E., Danguy, A., 2009. Atlas of Fish Histology, 1st. Boca Raton: CRC Press, 223 pp. ISBN 978-1-57808-544-6
- Hanel, L., Lusk, S., 2005. Ryby a mihule České republiky: rošíření a ochrana = Fishes and lampreys of the Czech Republic: distribution and conservation. Vlašim: Český svaz ochránců přírody Vlašim, 447 s. ISBN 80-86327-49-3.
- Hartman, P., Regenda, J., 2014. Praktika v rybníkářství. Vyd. 1. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 375 s. ISBN 978-80-7514-009-8.
- Hartman, P., Regenda, J., 2016. Praktika v rybníkářství. 2. vydání. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 375 s. ISBN 978-80-7514-042-5.
- Hassanin, A., 2002. Ancient specimens and DNA contamination: a case study from the 12S rRNA gene sequence of the “linh L.E. Olson, A. Hassanin / Molecular Phylogenetics and Evolution 27 (2003) 545–548 547 duong” bovid (*Pseudonovibos spiralis*). *Naturwissenschaften* 89, 107–110.

- Horváth, L., 1985. Egg Development (Oogenesis) in the Common Carp (*Cyprinus Carpio* L.). Recent Advances in Aquaculture. Boston, MA: Springer US, 1985, 31-77. ISBN 978-1-4684-8738-1. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4684-8736-7\_2
- Horváth, L., Tamás, G., Seagrave, CH., 2002. Carp and Pond Fish Culture. 2 ed. Fishing News Books, Oxford, 170 s. ISBN 0-85-238-28-0.
- Johnson, R., Wolf, J., Braunbeck, T., 2010. OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). Guidance document on the diagnosis of endocrine-related histopathology in fish gonads. Series on Testing and Assessment, (123), 114.
- Kishida, M., Specker, J. L., 1993. Vitellogenin in tilapia (*Oreochromis mossambicus*): induction of two forms by estradiol, quantification in plasma and characterization in oocyte extract. Fish physiology and biochemistry, 12(3), 171.
- Kocour, M., Gela, D., Rodina, M., Linhart, O., 2005. Testing of performance in common carp *Cyprinus carpio* L. under pond husbandry conditions I: top-crossing with Northern mirror carp. Aquaculture Research 36 (12): 1207-1215.
- Kolářová, J., Velíšek, J., Nepejchalová, L., Svobodová, Z., Kouřil, J., Hamáčková, J., Máchová, J., Piačková, V., Hajšlová, J., Holadová, K., Kocourek, V., Klimánková, E., Modrá, H., Dobšíková, R., Groch, L., Novotný, L., 2007. Anestetika pro ryby. Edice metodik. Technologická řada (77).VÚRH, Vodňany, 19 s. ISBN 978-80-85887-61-7.
- Kouřil, J., Hamáčková, J., Hulová, I., Barthová, J., 1999. Hormonální indukce ovulace u kapra pomocí čištěného extraktu kapří hypofýzy. Edice metodik (61).VÚRH JU, Vodňany, 4s. ISBN 80-85887-30-4
- Kouřil, J., Hamáčková, J., Stejskal, V., 2008. Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. Edice Metodik (Certifikovaná metodika), VÚRH JU Vodňany 85, 40 s.
- Krupauer V., 1966. Pohlavní dospívání kapra obecného (*Cyprinus carpio* L.) v rybníčních podmínkách. Živočišná výroba, 11 (9): 673-682
- Krupauer, V., Kubů, F., 1985. Kapr obecný. Český rybářský svaz, Praha, 201 s.
- Linhart, O., Kudo, S., Billard, R., Slechta, V., Mikodina, E.V., 1995. Morphology, composition and fertilization of carp eggs: a review. In: Billard, R., Gall, G.A.E. (Eds), The Carp. Elsevier Science B.V., Amsterdam, pp. 75-93. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00230-L](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00230-L)

- Linhart, O., Rodina, M., Boryshpolets, S., 2011. Hodnocení čerstvého spermatu ryb. Edice metodik. Technologická řada (č. 114). FROV JU, Vodňany, 24 s. ISBN 978-80-87437-32-2.
- Lubzens, E., Young, G., Bobe, J., Cerdà, J., 2010. Oogenesis in teleosts: how fish eggs are formed. *General and comparative endocrinology*, 165(3), 367-389.
- Mareš, J., Burleová, J., 1983. Rybářská technologie. Institut výchovy a vzdělání MZVŽ ČSr, Praha, 256 s.
- Melka, V., 2014. Produkční účinnost upravených krmiv při odchovu trního kapra na sádkách Rybářství Třeboň, Bakalářská práce, JČU České Budějovice, 75 s.
- Nakajima, T., Hudson, M.J., Uchiyama, J., Makibayashi, K., Zhang, J., 2019. Common carp aquaculture in Neolithic China dates back 8,000 years. *Nat Ecol Evol* 3, 1415-1418. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41559-019-0974-3>
- Nakamura, M., Takahashi, H., Hiroi, O., 1974. Sex differentiation in the masu salmon (*Oncorhynchus masou*). *Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery*, 28:1–8.
- Nakamura, M., Kobayashi, T., Chang, X. T., Nagahama, Y., 1998. Gonadal sex differentiation in teleost fish. *Journal of Experimental Zoology*, 281(5), 362-372
- Patiño, R., Sullivan, C. V., 2002. Ovarian follicle growth, maturation, and ovulation in teleost fish. *Fish Physiology and Biochemistry*, 26(1), 57-70.
- Peňáz, M., Prokeš, M., Kouřil, J., Hamáčková, J., 1983. Early development of the carp, *Cyprinus carpio*. Přírodovědecké práce ústavů Československé akademie věd v Brně. *Acta scietiarum naruralium Academiae scientiarum Bohemoslovacae Brno*. 17, (2). Academia, Praha ISSN 0032-8758.
- Pokorný, J., Adámek, Z., Šrámek, V., Dvořák, J., 2003. Pstruhařství. Informatorium, Praha, 284 s. ISBN 97-88-0733-022-9.
- Pospíšil, O., Hísek, K., 2000. Naše ryby (1. svazek Kapesní encyklopedie moderního rybáře). Praha: Ottovo nakladatelství v divizi Cesty, 136 s.

- Prchal, M., Bugeon, J., Vandeputte, M., Kause, A., Vergnet, A., Zhao, J., Gela, D., Genestout, L., Bestin, A., Haffray, P., Kocour, M., 2018. Potential for genetic improvement of the main slaughter yields in common carp with in vivo morphological predictors. *Frontiers in Genetics* 9: 283.
- Prchal, M., Kocour, M., Vandeputte, M., et al., 2020. Morphological predictors of slaughter yields using 3D digitizer and their use in a common carp breeding program. *Aquaculture*. 2020, **520**. ISSN 00448486. Dostupné z: doi:10.1016/j.aquaculture.2020.734993
- Pšenička, M., Rodina, M., Nebesářová, J., Linhart, O., 2006. Ultrastructure of spermatozoa of tench (*Tinca tinca*) observed by means of scanning and transmission electron microscopy. *Theriogenology* 66: 1355-1363. Dostupné z doi : <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.04.040>
- Sedlár, J., Stráňai, I., Makara, A., 1987. *Kapor. Příroda*, Bratislava, 181s
- Slaoui, Mohamed, Fiette, Laurence., 2011. *Histopathology Procedures: From Tissue Sampling to Histopathological Evaluation. Methods in molecular biology* (Clifton, N.J.). 691. 69-82. 10.1007/978-1-60761-849-2\_4.
- Steffens, W., 1975. *Der Karpfen. Die neue Brehm Bücherei*, Wittenberg – Lutherstadt 215 s.
- Su, B., Peatman, E., Shang, M. et al., 2014 Expression and knockdown of primordial germ cell genes, vasa, nanos and dead end in common carp (*Cyprinus carpio*) embryos for transgenic sterilization and reduced sexual maturity. *Aquaculture*., 420-421, S72-S84. ISSN 00448486. Dostupné z: doi:10.1016/j.aquaculture.2013.07.008
- Uribe, M. C., Grier, H. J., Mejía-Eoa, V., 2014. Comparative testicular structure and spermatogenesis in bony fishes. *Spermatogenesis*, 4(3), e983400.
- Vandeputte, M., Franslin, C. Haffray, P., Bestin, A., Allal, F., Kocour, M., Prchal, M., Dupont-Nivet, M., 2020. How to genetically increase fillet yield in fish: Relevant genetic parameters and methods to predict genetic gain. *Aquaculture*., 519, S72-S84. ISSN 00448486. Dostupné z: doi:10.1016/j.aquaculture.2019.734877

Velíšek, J., Svobodová, Z., Bláhová, J., Máchová, J., Stará, A., Dobšíková, R., Šíroká, Z., Modrá, H., Valentová, O., Randák, T., Štěpánová, S., Maršálek, P., Kocour Kroupová, H., Grabic, R., Zusková, E., Bartošková, M., Stancová, V., 2014. Vodní toxikologie pro rybáře. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 600 s. ISBN 978-80-87437-89-6.

## **8. Seznam obrázků, tabulek a grafů**

**Obrázek 1. Kapr obecný (Pospíšil a Hlíška, 2020), ilustrace Hlíšek, K. (strana 9.)**

**Obrázek 2. Zjednodušené schéma hormonální stimulace ovulace ryb (strana 20.)**

**Obrázek 3. Ukázka vážení kapra. Ilustrační foto. (strana 25.)**

**Obrázek 4. Měření délky těla. Ilustrační foto. (strana 26)**

**Obrázek 5. Otevřená dutina tělní s viditelnými samčími gonádami (označeny šipkou).  
Ilustrační foto. (strana 26)**

**Obrázek 7. Vážení gonád. Ilustrační foto. (strana 27)**

**Obrázek 7. Vypreparované samčí gonády. Ilustrační foto. (strana 27.)**

**Obrázek 8. Tkáňový procesor Histomaster (Model 2052/1,5) (strana 28.)**

**Obrázek 9. Zalévací linka Leica EG 1150H (strana 29.)**

**Obrázek 10. Mikrotom (strana 30.)**

**Obrázek 11. Vodní lázeň Medite TFB 55 (strana 30.)**

**Obrázek 12. Topná deska Sakura 1452 (strana 31.)**

**Obrázek 13. Stojánek s zafixovanými histologickými řezy (strana 31.)**

**Obrázek 14. Barvicí automat Tissue-Tek DRS 2000 (strana 32.)**

**Obrázek 15. Gonády u samic (nerozdělená skupina) s previtelogenními oocyty – 10x  
zvětšeno (strana 39.)**

**Obrázek 16. V.2019 – RAS – 10x zvětšeno (strana 40.)**

**Obrázek 17. V.2019 – Pond – 10x zvětšeno (strana 40.)**

**Obrázek 18. VII.2019 – RAS – 10x zvětšeno (strana 41.)**

**Obrázek 19. VII.2019 – Rybník – 10x zvětšeno (strana 41.)**

**Obrázek 20. XII.2019 – RAS – 10x zvětšeno (strana 42.)**

**Obrázek 21. XII.2019 – Rybník – 10x zvětšeno (strana 43.)**

**Obrázek 22. III.2020 – RAS – 10x zvětšeno (strana 43.)**

**Obrázek 23. III.2020 – Rybník – 10x zvětšeno (strana 44.)**

**Obrázek 24. IV.2020 – RAS – 10x zvětšeno (strana 44.)**

**Obrázek 25. IV.2020 – Rybník – 10x zvětšeno (strana 45.)**

**Obrázek 26. IV.2019 Gonády u samců (nerozdělená skupina) – 60x zvětšeno (strana 46.)**

**Obrázek 27. VIII.2019 Gonády u samců RAS (60x zvětšeno) (strana 47.)**

**Obrázek 28. VIII.2019 Gonády u samců Pond (60x zvětšeno) (strana 47.)**

**Obrázek 29. XII.2019 Gonády u samců RAS (10x zvětšeno) (strana 48.)**

**Obrázek 30. XII.2019 Gonády u samců Pond (60x zvětšeno) (strana 48.)**

**Obrázek 31. IV.2020 Gonády u samců RAS (60x zvětšeno) (strana 49.)**

**Obrázek 32. IV.2020 Gonády u samců Pond (60x zvětšeno) (strana 49.)**

**Tabulka 2: Stupně vývoje testes (Horváth, 1985) (strana 14.)**

**Tabulka 2: Fáze vývoje oocytů (Horváth, 1985) (strana 16.-17.)**

**Tabulka 3: Selektce ryb před výtěrem (Sedlár a kol., 1987) (strana 19.-20.)**

**Tabulka 4: Průměrná velikost oocytů a stupeň vývoje gonád v RAS a rybníce (strana 39.)**

**Graf 1. Průměrná hmotnost jikernaček v měsících (hvězdička označuje hodnoty s významnými statistickými rozdíly) (strana 34.)**

**Graf 2. Fultonův koeficient u samic (hvězdička označuje hodnoty s významnými statistickými rozdíly) (strana 35.)**

**Graf 3. Průměrná hmotnost mlíčáků v měsících (hvězdička označuje hodnoty s významnými statistickými rozdíly) (strana 36.)**

**Graf 4. Fultonův koeficient u mlíčáků (hvězdička označuje hodnoty s významnými statistickými rozdíly) (strana 36.)**

**Graf 5. Gonadosomatický index u samic (strana 37.)**

**Graf 6. Gonadosomatický index u samců (strana 38.)**

**Graf 7. Vývoj denních stupňů (strana 50.)**

**Graf 8. Závislosti GSI a průměru oocytů celkově (strana 51.)**



## Abstrakt

K výzkumu bylo použito plemeno kapra obecného (*Cyprinus carpio*, L) zvané amurský lysec, který byl chován v RAS a rybníce. Po dovršení výzkumu bylo předpokládáno potvrzení hypotézy, že u ryb chovaných v RAS dojde k rychlejšímu pohlavnímu dospění, a tím pádem bude možné ryby vytříbit již ve věku 3 let. Pokus trval od dubna 2019 až do dubna 2020 na Experimentálním rybochovném pracovišti a pokusnictví FROV ve Vodňanech. Výzkum byl zaměřen zejména na samice, jelikož již při prvním odlovení zkoumaného hejna se zjistilo, že je většina samců pohlavně dospělá a dochází u nich ke spermiaci po lehčím tlaku na břišní partie. Při každém odběru ryb z RAS a rybníku se zaznamenávaly do tabulek hodnoty jako **váha ryb, váha gonád a pohlaví ryb** včetně kódu. Každý kód patřil příslušné rybě a zároveň jejím histologickým vzorkům (později fotografiím) gonád. Po získání těchto hodnot bylo důležité získat další důležité sledované hodnoty. Mezi tyto hodnoty patřily zejména **gonadosomatický index (GSI)**, kondiční ukazatel ve formě **Fultonova koeficientu (FK)** a pomocí programu ImageJ **průměr oocytů** u samic.

Výsledky ukazovaly na fakt, že u samic chovaných v RAS se povedlo zkrátit generační interval na 3 roky, kdežto u samic z rybníka nikoli. Další hodnoty ukazovaly, že ryby z RAS byly obecně v lepší kondici, dosahovaly větší hmotnosti a GSI bylo vyšší, oproti rybám chovaným klasickým způsobem v rybníce. Ryby z RAS byly použity k výtěru, jenž byl úspěšný, což také potvrdilo poznatek, že jejich generační interval byl zkrácen na 3 roky.

Dalším významným poznatkem je závislost GSI na velikosti oocytů. Po vyhodnocení výsledků se zjistilo, že mezi těmito dvěma hodnotami existuje silná závislost. Korelační koeficient se pohyboval na hodnotě 0,87, což spadalo do intervalu 0,7-0,89 značícího silnou závislost.

**Klíčová slova:** kapr obecný (*Cyprinus carpio*, L), recirkulační systém (RAS), gonády, oocyt, vývoj, gonadosomatický index (GSI), Fultonův koeficient

## Abstract

A breed of common carp (*Cyprinus carpio*, L.) called amur mirror carp, which was kept separated in RAS and pond, was used for the research. It was assumed that the fish kept in RAS will mature faster, and thus it will be possible to spawn the fish at age of 3. The experiment took place from April 2019 to April 2020 at Experimentální rybochovné pracoviště a pokusnictví FROV in Vodňany. The research was focused more on females because of the fact, that males were producing sperms in the start of the research after putting light pressure on their abdominal area. After each sampling from RAS and pond the values such as **weight of the fish**, **weight of gonads**, **sex** and **body length** were recorded. Fishes were also given a code that corresponded to the histological samples of gonads. After recording these values, there was also important to get the values of **gonadosomatic index (GSI)**, **Fulton coefficient (FC)** and using program ImageJ also the **mean of the oocytes**.

Results proved, that we successfully shortened generation interval of females kept in RAS to 3 years opposed to females kept in pond. Other values showed, that fishes kept in RAS were healthier, weighted more and had higher GSI compared to fishes kept in pond. Fishes kept in RAS were later used in spawning which was successful and that was another proof, that the generation interval was shortened to 3 years.

Another important finding is the dependence of GSI on the size of oocytes. After evaluating the results, it was found that there is a strong dependence between them. Correlation coefficient was on the value of 0,87 which fell in the range of 0,7-0,89, which indicates a strong dependence.

**Key words:** common carp (*Cyprinus caprio*, L), recirculation system (RAS), gonads, oocytes, development, gonadosomatic index (GSI), Fulton coefficient