

**Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích**

**Fakulta rybářství a ochrany vod**

**Ústav akvakultury/výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický**

## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Vliv různého nasycení vody kyslíkem na příjem krmiva a růst  
candáta obecného (*Sander lucioperca*) v intenzivním chovu.**

**Autor:** Bc. Jan Matoušek

**Vedoucí bakalářské práce:** Ing. Vlastimil Stejskal, Ph.D.

**Konzultant bakalářské práce:** Prof. Ing. Jan Kouřil, Ph.D.

**Místo a rok odevzdání:** České Budějovice, 2012

## **PROHLÁŠENÍ:**

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím 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 diplomové práce, a to v nezkrácené podobě, případně v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných FROV JU. 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.

Datum:

Podpis studenta:

## **PODĚKOVÁNÍ:**

Děkuji svému vedoucímu Ing. Vlastimilovi Stejskalovi, Ph.D, i konzultantovi Prof. Ing. Janu Kouřilovi, Ph.D., za metodické vedení, odbornou pomoc, poskytnuté rady a cenné připomínky při vypracování této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Pavlu Šablaturevi, Bc. Miloši Markovi za pomoc při měření a odchovu ryb. Vlastní experimentální práce byla podpořena projekty KONTAKT č. ME 10126, NAZV (č. QJ1210013), GAJU(č. 047/2010/Z) a CENAKVA (CZ.1.05/2.1.00/01.0024).

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan MATOUŠEK**  
Osobní číslo: **V10N013P**  
Studijní program: **N4103 Zootechnika**  
Studijní obor: **Rybářství**  
Název tématu: **Vliv různého nasycení vody kyslíkem na příjem krmiva a růst candáta obecného (*Sander lucioperca*) v intenzivním chovu.**  
Zadávací katedra: **Ústav akvakultury**

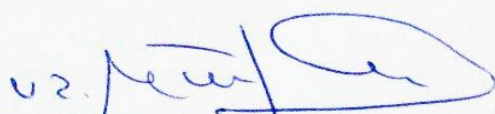
### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Chov candáta obecného (*Sander lucioperca*) v recirkulačních systémech s biologickým čištěním vody patří mezi perspektivní směry akvakultury evropské sladkovodní akvakultury. Důvodem je především vysoká kvalita masa a s tím související rostoucí zájem trhu. Vzhledem k omezeným možnostem zvyšování jejich produkce extenzivním chovem v rybnících, resp. exploatací volných vod (zejména jezer a údolních nádrží) představuje intenzivní chov reálnou možnost zvýšení jejich produkce.

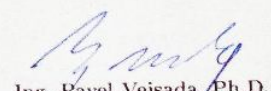
Cílem práce bude testovat vliv různých úrovní nasycení vody kyslíkem na příjem krmiva a růst a příjem krmiva u candáta obecného. Ryby budou chovány v podmínkách normoxických (nasycení vody okolo 100%), hyperoxických (140 - 160%) a hypooxických (50 - 70 %). Vlastní experimenty budou probíhat v prostředí pokusného recirkulačního systému (odchovné nádrže, mechanický filtr, biologický filtr). Ryby budou po dobu testování (3 měsíce) drženy ve 50 l nádržích umožňujících kvantifikaci nespotebovaného krmiva, přičemž každá skupina bude chována ve třech opakováních. Před přítokem do každé trojice (podle experimentální skupiny) pokusných nádrží bude předřazen směšovač vody s plynným kyslíkem či dusíkem, ve které bude probíhat míchání vody na potřebnou kvalitu (nasycení kyslíkem). Hypooxické podmínky budou vytvářeny vytěšňováním kyslíku pomocí plynného dusíku v prostředí směšovače. Hyperoxických podmínek bude dosaženo dávkováním kyslíku v prostředí směšovače. Normoxie bude dosaženo pomocí silného vzduchování v retenční nádrži. Hlavními sledovanými ukazateli budou příjem krmiva a růst candátů chovaných v podmínkách různé nasycenosti vody kyslíkem. Dále budou hodnoceny zootechnické ukazatele (koeficient využití krmiva, přežití, kanibalismus, kondice ploutví) intenzivního chovu v různých kyslíkových podmínkách. Hlavní testovanou hypotézou je nalezení rozdílů v růstu (a dalších parametrech) při chovu candáta ve vodě o různé saturaci kyslíkem. Vlastní experimentální části bude předcházet zpracování literární rešerše k danému tématu.

Rozsah grafických prací: **15 - 20 stran**  
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 35 stran**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**  
Seznam odborné literatury: **viz příloha**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Vlastimil Stejskal, Ph.D.**  
Ústav akvakultury  
Konzultant diplomové práce: **prof. Ing. Jan Kouřil, Ph.D.**  
Ústav akvakultury  
Datum zadání diplomové práce: **30. listopadu 2010**  
Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2012**

  
prof. Ing. Otomar Lichart, DrSc.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD  
Zátiší 728/II  
389 25 Vodňany (2)

  
Ing. Pavel Vejsada, Ph.D.  
ředitel

V Českých Budějovicích dne 14. ledna 2011

## Příloha zadání diplomové práce

### Seznam odborné literatury:

- Caldwell, C.A., Hinshaw, J., 1994. Physiological and haematological response in rainbow trout subjected to supplemental dissolved oxygen in fish culture. *Aquaculture*. 126, 183-193.
- Edsall, D.A., Smith, C.E., 1990. Performance of rainbow trout and Snake River cutthroat trout in oxygen supersaturated water. *Aquaculture*. 90, 251-259.
- Edsall, D.A., Smith, C.E., 1991. Effects of oxygen supersaturation on rainbow trout fed with demand feeders. *Prog. Fish-Cult.* 53, 95-97.
- Gilmour, K.M., Perry, S.F., 1994. The effect of hypoxia, hyperoxia or hypercapnia on the acid-base disequilibrium in the arterial blood of rainbow trout. *J. Exp. Biol.* 192, 269-284.
- Hosfeld, C.D., Engevik, A., Mollan, T., Lunde, T.M., Waagbø, R., Olsen, A.B., Breck, O., Stefansson, S., Fivelstad, S., 2008. Long-term separate and combined effects of environmental hypercapnia and hyperoxia in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts. *Aquaculture*. 280, 146-153.
- Jewett, M.G., Behmer, D.J., Johnson, G.H., 1991. Effects of hyperoxic rearing water on blood hemoglobin and hematocrit level of rainbow trout. *J. Aquat. Anim. Health* 3, 153-160.
- Lygren, B., Hamre, K., Waagbø, R., 2000. Effect of induced hyperoxia on the antioxidant status of Atlantic salmon *Salmo salar* L. fed three different levels of dietary vitamin E. *Aquacult. Res.* 31, 401-407.
- Person-Le Ruyet, J., Galland, R., Le Roux, A., Chartois, H., 1997. Chronic ammonia toxicity in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture*. 154, 153-169.
- Person-Le Ruyet, J., Pichavant, K., Vacher, C., Le Bayon, N., Sévère, A., Boeuf, G., 2002. Effects of O<sub>2</sub> supersaturation on metabolism and growth in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture*. 205, 373-383.
- Pichavant, K., Person-Le-Ruyet, J., Le Bayon, N., Sévère, A., Le Roux, A., Quémener, L., Maxime, V., Nonnotte, G., Boeuf, G., 2001. Comparative effects of long-term hypoxia on growth, feeding and oxygen consumption in juvenile turbot and European sea bass. *J. Fish Biol.* 59, 875-883.
- Thetmeyer, H., Waller, U., Black, K.D., Inselmann, S., Rosenthal, H., 1999. Growth of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) under hypoxic and oscillating oxygen condition. *Aquaculture*. 174, 355-367.
- Vedel, N., Korsgaard, B., Jensen, F.B., 1998. Isolated and combined exposure to ammonia and nitrate in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): effects on electrolyte status, blood respiratory properties and brain glutamine/ glutamate concentrations. *Aquat. Toxicol.* 41, 325-342.
- Wajsbrodt, N., Gasith, A., Krom, M.D., Popper, D.M., 1991. Acute toxicity of ammonia to juvenile gilthead seabream *Sparus aurata* under reduced oxygen levels. *Aquaculture* 92, 277-288.

# Obsah

1 Úvod.....	- 9 -
2 Literární přehled .....	- 10 -
2.1 Význam candáta na trhu .....	- 10 -
2.2 Obecná charakteristika candáta obecného .....	- 12 -
2.2.1 Výskyt.....	- 12 -
2.2.2 Biologie .....	- 13 -
2.2.2.1 Potrava .....	- 13 -
2.2.2.2 Růst.....	- 13 -
2.2.2.3 Rozmnožování.....	- 13 -
2.2.2.4 Morfologie a fyziologie dýchání .....	- 15 -
2.3 Chov candáta v intenzivních podmínkách.....	- 16 -
2.3.1 Požadavky candáta na kvalitu vody .....	- 16 -
2.3.1.1 Kyslík.....	- 17 -
2.3.1.2 Dusík.....	- 18 -
2.3.1.3 Teplota .....	- 19 -
2.3.1.4 Intenzita světla.....	- 19 -
2.3.2 Metody odchovu candáta obecného .....	- 20 -
2.3.2.1 Extenzivní chov .....	- 20 -
2.3.2.2 Intenzivní chov .....	- 20 -
2.4 Spotřeba kyslíku rybami v intenzivních systémech.....	- 23 -
2.5 Vliv hyperoxie na růst a fyziologické parametry ryb.....	- 24 -
2.6 Vliv hypoxie na růst a fyziologické parametry ryb.....	- 25 -
2.7 Metody hodnocení příjmu krmiva u ryb.....	- 26 -
2.7.1 Analýza obsahu střev.....	- 27 -
2.7.2 Použití obarveného krmiva (markeru) a jeho kvantifikace.....	- 28 -
2.7.3 Přímé pozorování (videozáznam) .....	- 28 -
2.7.4 Samokrmítka a monitoring nespotřebovaného krmiva.....	- 28 -
2.7.5 X záření, rentgen .....	- 29 -

3 Cíl práce .....	- 30 -
4 Materiál a metodika .....	- 31 -
4.1 Získání a odchov experimentálního materiálu.....	- 31 -
4.1.1 Odchov larev candáta v rybničních podmínkách.....	- 31 -
4.2 Nasazení ryb na recirkulační systém adaptace ryb na intenzivní podmínky chovu .....	- 31 -
4.3 Popis recirkulačního systému pro odchov ryb.....	- 32 -
4.4 Popis aparatury pro vytvoření různých hladin kyslíku ve vodě a pro hodnocení denního příjmu krmiva .....	- 34 -
4.5 Vlastní popis experimentu na juvenilních candátech.....	- 37 -
4.5.1 Denní režim pokusu.....	- 37 -
4.5.2 Harmonogram celého pokusu .....	- 41 -
4.5.3 Zpracování získaných dat a údajů .....	- 43 -
4.6 Produkční ukazatele a statistické zhodnocení dat.....	- 44 -
5 Výsledky.....	- 46 -
5.1 Kumulativní a celkové přežití ryb během pokusů .....	- 46 -
5.2 Denní příjem krmiva v závislosti na nasycení vody kyslíkem .....	- 46 -
5.3 Růst candátů v průběhu pokusu .....	- 48 -
5.4 Produkční ukazatel specifická rychlost růstu .....	- 50 -
5.5 Průměrná celková biomasa.....	- 50 -
5.6 Celková délka těla.....	- 51 -
5.7 Standardní délka těla .....	- 52 -
5.8 Produkční ukazatel konverze krmiva .....	- 52 -
5.9 Fultonův koeficient – koeficient vyživenosti ryb .....	- 53 -
6 Diskuze.....	- 55 -
7 Závěr .....	- 58 -
8 Použitá literatury.....	- 59 -
Souhrn .....	- 64 -
Summary .....	- 65 -



# 1 Úvod

Candát obecný (*Sander lucioperca L.*) patří mezi naše významné druhy sladkovodních ryb. V České republice má velký hospodářský význam z pohledu konzumního i z pohledu sportovního rybolovu (Lappalainen a kol., 2003). Roční produkce se pohybuje na úrovni 50 tun za rok a to klasickým rybničním odchovem. Ve volných vodách je sportovními rybáři ročně vyloveno 125 – 150 t (Brožová, 2005).

Candát je ceněný u spotřebitele zejména pro dobrou kvalitu masa bez kostí s menším obsahem tuku do 2 %. Toto maso patří k nelepším a chuťově zajímavým druhům sladkovodních ryb.

V Evropě se produkuje candát především v těchto zemích: (Německo, Rakousko, Polsko, Finsko a Nizozemí). Z globálního měřítka bylo podle statistiky FAO vyprodukováno 17 892 t candáta ročně. Při porovnání této celkové produkce s produkcí v předchozích letech je zřejmý klesající trend. Tento klesající stav je zapříčiněn nedostatkem násadového materiálu. Násada candáta obecného se v současnosti produkuje převážně v rybniční akvakultuře (extenzivně). Tento méně efektivní chov ryb nestačí pokrýt potřebu pro produkční chov ani pro vysazování do volných vod (Musil., 2006). Mimo tohoto tradičního způsobu chovu candáta se v posledních letech přechází k novému trendu odchovu ve speciálních rybářských objektech. Zde se plně řídí a kontroluje chovné prostředí a kvalita vody. To umožňuje intenzivní chov velkého počtu ryb a rybích násad. Tímto chovem by se dal vyřešit problém nedostatku násadového materiálu candáta pro další rybářské odvětví a navýšila by se tím produkce tržních ryb na trhu.

Cílem této práce bylo vyhodnotit vliv různého nasycení vody kyslíkem na růst a příjem krmiva u candáta obecného v intenzivní akvakultuře. Práce je zaměřena i na vyhodnocení ostatních zootechnických ukazatelů odchovu.

## 2 Literární přehled

### 2.1 Význam candáta na trhu

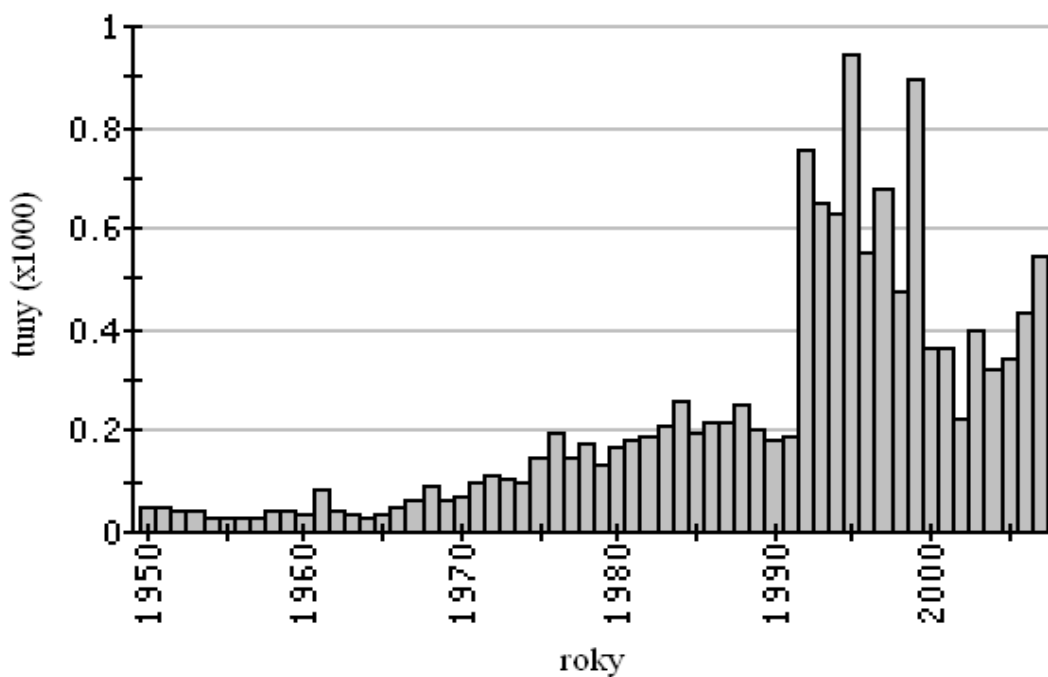
Candát obecný patří mezi naše kulinářsky i sportovně nejhodnotnější druhy ryb s nemalým hospodářským významem. Je chován v rybnících rovněž tak je vysazován do tekoucích vod. Dále slouží také jako bioremediční ryba pro potlačení drobných kaprovitých ryb v rámci kaprového hospodářství a pro sestavení speciálních obsádek do vodárenských nádrží, kde plní stejnou funkci (Lusk a kol., 1983).

V dnešní době je věnováno značné úsilí ke zvýšení produkce ryb z rybních farem (Obr. č.1). Podle statistiky FAO se globálně za rok 1999 vyprodukovalo 17 892 t candáta. Další průběh celosvětové produkce pro následující roky je znázorněna v grafu (Obr. č.2). Mezi největší producenty candáta jsou řazeny Ruská federace (3 644 t) a Kazachstán (3 250 t) ([www.fao.org](http://www.fao.org)).

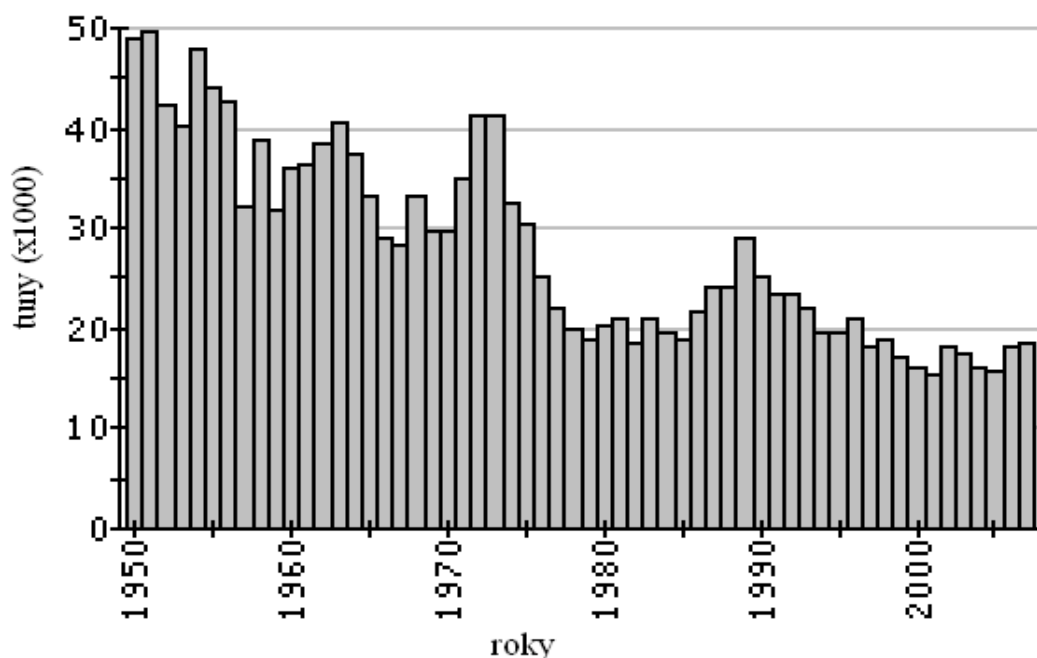
V České Republice patří candát obecný mezi nejvýznamnější dravé ryby, jehož tržní cena se pohybuje kolem 270 Kč za 1kg živé váhy ([www.blatenskaryba.cz](http://www.blatenskaryba.cz)). Fish market udává maloobchodní cenu 380 Kč za 1 kg živého candáta ([www.fishmarket.cz](http://www.fishmarket.cz)). Candát je především ceněn pro kvalitní bíle zbarvenou svalovinu, která obsahuje malé množství svalových kůstek, respektive žádné „Y“ kostice. Dále se vyznačuje pevnou konzistencí masa s nízkým obsahem tuku, který obsahuje velké množství pro lidský organizmus příznivých, vysoce nasycených mastných n-3 kyselin. Tyto příznivé vlastnosti udržují poměrně vysokou cenu, i přes kterou je stále se zvyšující poptávka, která není plně uspokojena, jak na tuzemském i zahraničním trhu (Dvořák, 2007).

Celková roční produkce candáta v ČR se pohybuje na úrovni 170 - 190 t za rok. Z toho se z volných vod vyloví sportovním rybolovem 125 - 135 t ročně a rybářské podniky vyprodukují 45 - 55 t (Beránek a kol., 2005).

Pro tyto podniky představuje candát kvalitní rybu, která nemá problém s odbytem a je převážně v nedostatku. V některých případech dokonce prodej candáta, či jiných dravých ryb, podmiňuje prodej (export) kapra. Tržní velikost je od 500 - 1000 g (Kalenda, 2007).



Obr. č.1. Celosvětová produkce candáta obecného (*Sander lucioperca*) v řízené akvakultuře (www.fao.org).



Obr. č.2. Celosvětové produkce candáta obecného (*Sander lucioperca*) (www.fao.org).

## 2.2 Obecná charakteristika candáta obecného

### 2.2.1 Výskyt

Candát obecný je rozšířen ve vodách střední a východní Evropy západní hranici tvoří povodí Labe a Dunaje. Žije také v řekách, které tečou do Černého moře. Vyskytuje se i v řece Marice v Bulharsku. Na severu se vyskytuje v řekách úmoří Baltského moře včetně jižní části Skandinávie a Finska. Na východě žije v povodí Volhy. Nevyskytuje se v řekách, které tečou do Severního ledového oceánu. Historicky se nevyskytoval v západní Evropě, na jihu v Itálii a na Balkáně, ale od roku 1920 byl postupně introdukován do Francie, Švýcarska, střední Anglie, na Pyrenejský poloostrov, do Itálie a na Balkán a proto se dá v dnešní době setkat s candátem prakticky po celé Evropě (Oliva a Baruš, 1995b).

Kromě candáta (*Sander lucioperci*) existují i další čtyři druhy: (*Sander volgensis*), (*Sander marinus*), (*Sander canadense*), (*Sander vitreum*). Candát východní (*Sander volgensis*) se vyskytuje pouze v povodí Černého a Kaspického moře (Volha, Ural, Terek, Dunaj). *Sander marinus* se nachází v brakických euroasijských vodách v ústí řek Černého a Kaspického moře. *Sander canadense* žije v povodí řeky Mississippi. Na Alabamě, v řekách a jezerech Arkansasu, v řece Apalachicola na Floridě. *Sander vitreum* se vyskytuje v centrální části Severní Ameriky až na jižní část států Arkansas, Mississippi, Alabama až po Texas (Oliva a Baruš, 1995b; Bokor a kol., 2007; Clark-Kolaks, 2009).

V ČR je candát původní rybou. Jeho rozšíření však výrazně ovlivnilo umělé vysazování a tak se s candátem můžeme setkat ve všech typech tekoucích i stojatých vod povodí Labe, Odry a Moravy (Hanel a Lusk, 2005). Původně je to ryba dolních úseků pomalu tekoucích vod (cejnové pásmo). Preferuje nádrže a řeky s tvrdým členitým dnem s dostatkem úkrytu, jako jsou kameny, pařezy. Candát je stanovištní ryba a převážně se vyskytuje u dna v hlubokých partiích nádrže nebo koryta řeky a za potravou vyráží lovit do mělkých litorálních zón. V průběhu roku podniká migrace především v období rozmnožování, kdy vyhledává výtěrové podloží nebo při vyhledávání zón vody s vyšším obsahem kyslíku. Zimní období překonává v hluboké vodě většinou v klidovém stavu podobném zimnímu spánku (Holčík a Mihálik, 1971).

## 2.2.2 Biologie

Candát je karnivorní ryba s dvoufázovou denní aktivitou, kdy nejvíce vyhledává potravu a to za soumraku a v ranních hodinách. Potravu vyhledá pomocí adaptovaného zraku na nižší intenzitu světla. Tato adaptace spočívá ve velkém počtu jemných světločivných buněk, které se nazývají tyčinky. Ty umožňují černobílé vidění v hlubokých či kalných vodách nebo u ryb s noční aktivitou. Dále má candát na vnitřní straně oka vrstvičku buněk iridocytů, které obsahují barvivo guanin. Toto barvivo odráží lépe dopadající světlo a tím více dráždí světločivné buňky. Na venek se to u candáta projeví světlou okem (Dubský a kol., 2003). Candát žije především v hejnech a s rostoucí velikostí ryb početnost hejna klesá. Hejno bývá tvořeno především přibližně stejně velkými a starými jedinci. Největší jedinci bývají samotáři (Oliva a Baruš, 1995b).

### 2.2.2.1 Potrava

Potrava se mění v průběhu vývoje candáta. Plůdek se živí živočišnou potravou, jako je drobný zooplankton např. vírníci, klanonožci, perloočky. Tuto potravu loví přibližně po dobu jednoho roku. Při dosažení velikosti 12 mm se u něj objevuje kanibalismus (Balast, 1978; Balik a kol., 2006). Větší jedinci požírají larvy hmyzu: komárovití (*Culicidae*), pakomárovití (*Chironomidae*), jepice (*Ephemeroptera*), chrostíky (*Trichoptera*) a rybí plůdek až postupně přechází na lov větších ryb a to úměrně s rostoucí délkou candáta se zvětšuje jejich kořist (Dyk, 1956).

### 2.2.2.2 Růst

Candát obecný se zpravidla v našich podmínkách dožívá věku kolem 10 let. Volf (1928) udává růst candáta v rybničním prostředí takto: v prvním roce celkovou délku 80 – 150 mm o hmotnosti 10 – 15 g, ve druhém roce 200 - 300 mm a 250 – 500 g, třetího 300 - 350 mm a 500-1000 g. Aby candát přirostl o 1 kg své hmotnosti, musí zkonsumovat 3 - 6 kg jiných ryb. V přírodních podmínkách ročně přijme candát množství potravy ekvivalentní 200 - 250 % vlastní hmotnosti těla (Baruš a Oliva, 1995b; Hanel a Lusk, 2005).

### 2.2.2.3 Rozmnožování

V ČR candát pohlavně dospívá ve věku 3 – 4 let. Mlíčáci obvykle dospívají o rok dříve než jikernačky.

Přirozený výtěr zpravidla probíhá v období konce dubna až května, kdy teplota vody dosahuje 12-16 °C. V nádrži vyhledává vhodné trdliště jako např. písčité až štěrko-hlinité podloží nebo vegetací porostlá místa a kořeny vodních rostlin. Samec očistí trdliště, po naklazení a oplodnění jiker je hlídá a přihání na ně čerstvou vodu. Relativní průměrná plodnost jikernačky se pohybuje 150 000 – 200 000 jiker na kilogram hmotnosti ryby. Velikost jiker dosahuje 0,84 – 1,08 mm. Barvu mají špinavě zelenou (Oliva a Baruš, 1995b). Inkubační doba jiker bývá 120 až 150 °D (Lappalainen a kol., 2003).

Poloumělý výtěr, někdy též přezdívaný Šustova metoda je založen na kombinaci přirozeného výtěru, který ovlivní člověk. Do předem připravené sádky se umístí výtěrový substrát (výtěrová hnízda). Poté, co teplota vody dosahuje 12–14 °C, se do sádky nasadí generační candáti v poměru nejlépe 1:1. Vytřené a oplodněné jikry jsou přilepeny na hnízdech, která se ve stádiu jikry v očních bodech přemístí do chovných rybníků. Tuto metodu podrobně popisuje v publikaci Čítek a kol. (1998).

Umělý výtěr je metoda zcela pod kontrolou chovatele. Generační ryby jsou umístěny v manipulačních rybnících či nádržích v blízkosti líhně nebo přímo v líhni. Zde je sledována teplota vody a připravenost ryb k výtěru. V době před třením jsou ryby sloveny do nádrží v líhni, kde se výtěr synchronizuje pomocí hormonálních přípravků (kapří hypofýza, Supergestran, Ovopel). Poté se provede vlastní výtěr, kdy je možno použít mnoho postupů. Nejznámější je vytření jiker do misek, následné osemenění a oplodnění vodou. Tyto jikry se nasadí do inkubačních preparátů do vylíhnutí váčkového plůdku a jeho přesazení do odchovných nádrží. Odborně je postup při umělém výtěru popsán v metodice „Umělá reprodukce candáta obecného“ (Kouřil a Hamáčková, 2005; Musil a Kouřil, 2006).

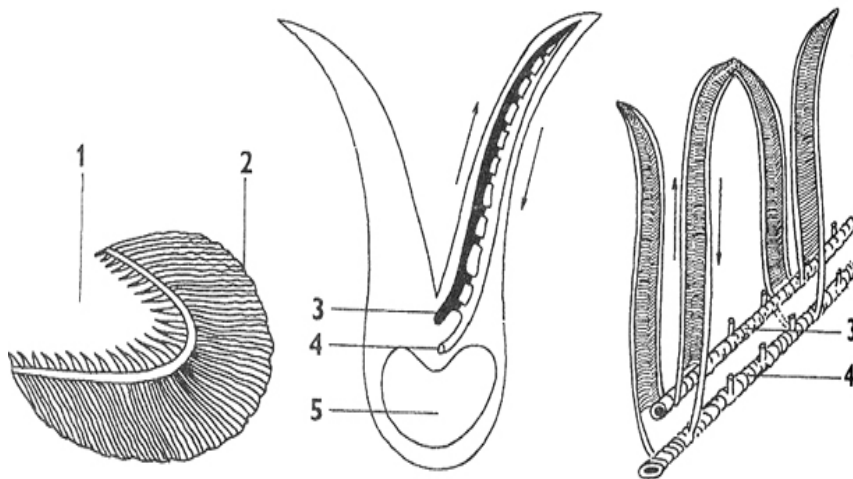
U candáta jde provést i mimosezónní umělý výtěr v řízeném prostředí. Generační ryby se stimulují zvýšením teploty vody v předvýtěrových bazénech a prodloužením světelné fotoperiody. U těchto ryb se může urychlit výtěr až o dva měsíce oproti přirozenému výtěru. Nasazením generačních ryb do vody o teplotě 10 °C na 43 dní před výtěrem s prodlužováním světelné periody. Následně se aplikuje hormonální stimulace jako u umělého výtěru (Müller-Belecke a Zienert, 2008).

Oplozené jikry na hnízdech se mohou inkubovat v průtočných žlabech. Pro inkubaci se mohou využít průtočné klícky nebo akvária (Polícar a kol., 2008). Lze využít i neprůtočné nádrže, kde se však musí zajistit dostatečná obměna vody. Odlepkované jikry původem z umělého výtěru jsou inkubovány v Zugských lahvích.

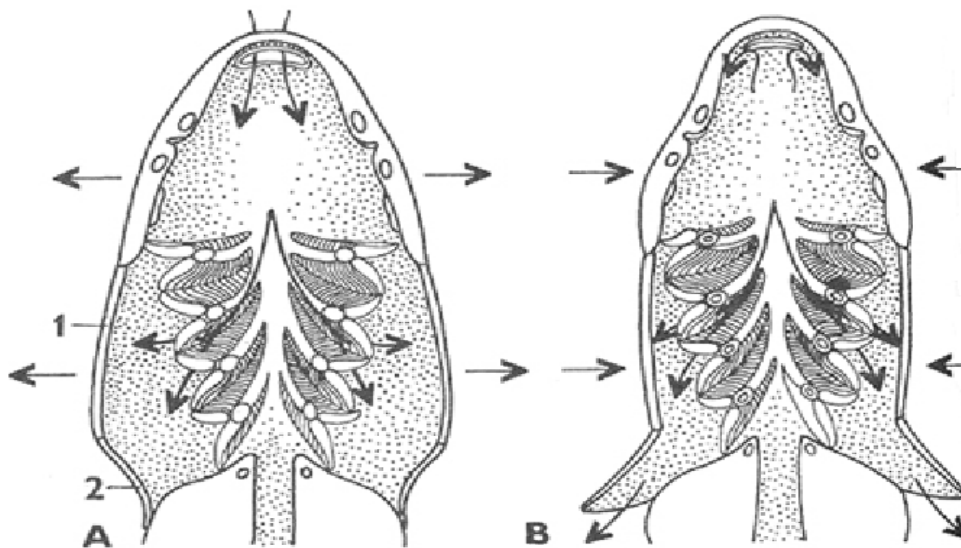
Během inkubace se jikry sledují a odstraňují se odumřelé nebo neoplozené jikry, protože by mohly zapříčinit zaplísnění zdravých jiker nebo zhoršit kvalitu vody. Váčkový plůdek po vykulení ihned plave. Larvy jsou chovány v těchto žlabech do doby začátku exogenní výživy, to je asi do doby 7 - 11 dní od vykulení při teplotě 17 - 20 °C. Je-li potřeba tento váčkový plůdek přepravit, provádí se v polyetylenových vacích s kyslíkovou atmosférou. Hustotu larev na 50 l vak udává Kouřil (2002) v množství 100 tisíc kusů na vak po dobu přepravy do 4 hodin. Před vysazením larev do nového prostředí se musí vyrovnat teplotní a chemické rozdíly mezi vodou ve vaku a vodou nového prostředí (Policar a kol., 2008).

#### **2.2.2.4 Morfologie a fyziologie dýchání**

Dýchací aparát u ryb tvoří žábry. Jsou umístěny v žaberní dutině a kryty skřelovými víčky. Žábry jsou výrůstky sliznice na 4 žaberních obloucích. Pátý žaberní oblouk nenese žábry. Každý oblouk nese dvě řady žaberních lístků. Tyto lístky jsou tvořeny žaberními destičkami. Počet destiček dosahuje desetitisíců, které tvoří značný dýchací prostor. U dravých ryb obecně tento počet stoupá. Ke čtyřem žaberním obloukům je vždy vedena jedna žaberní tepna přivádějící do žaber odkysličenou krev ze srdce. V žaberních lístcích vedou dvě cévy (Obr. č.3). Horní při konvexní straně je přívodná tepna, která se větví a vede krev do každého lístku. Krev se okysličí, poté je sbírána cévami do odvodné tepny. Odtud je vedena krev do odvodných cév spojujících se do dorzální aorty a rozváděna po těle. Proces vlastního dýchání je okysličení krvinek v žábrách pomocí kyslíku rozpuštěného ve vodě. Dochází k vyloučení CO<sub>2</sub>. Při výměně plynů musí docházet k pravidelnému oplachování žaber vodou. Kyslík přechází z vody do krve pasivní difúzí. Dýchací pohyby začínají nasátím čerstvé vody ústy do ústní dutiny. Boční tlak žene vodu přes žábra a pod skřelovými víčky ven (Obr. č.4). Při zvýšené teplotě vody se dýchací procesy zrychlují, při nízké zpomalují (Baruš a Oliva, 1995a).



Obr. č.3. Stavba žaberního aparátu kostnatých ryb: 1 spinae branchiales, 2 primární žaberní lamely, 3 artéria branchialis afferens, 4 arteria branchialis efferens, 5 žaberní oblouk ([www.rybarizatec.cz](http://www.rybarizatec.cz)).



Obr. č.4. Dýchací pohyby: A–otevřená ústa, uzavřená žaberní dutina; B–uzavřená ústa, otevřená žaberní dutina; 1–skřelové kosti; 2–membrána branchiostegalis ([www.rybarizatec.cz](http://www.rybarizatec.cz)).

## 2.3 Chov candáta v intenzivních podmínkách

### 2.3.1 Požadavky candáta na kvalitu vody

Candát patří mezi poměrně náročné druhy ryb na kvalitu vody. Vyžaduje čistou vodu s vysokým obsahem kyslíku. Nevyhovují mu silně zabahněné nádrže se zákalem.



Preferuje prostorné údolní nádrže s hlubokou vodou, tvrdším členitým dnem s kameny (Hanel a Lusk, 2005).

V intenzivních podmínkách probíhá jeho chov ve speciálních rybářských objektech. Objekty mívají uzavřený recirkulační rozvod vody s minimálním přírůstkem z venkovního prostředí. Systém je rozdělen na odchovnou část a na oddělení pro úpravu vody. Úprava vody spočívá v čištění tuhých částí sedimentací nebo mechanickou filtrací, dále biologickým odbouráním produktů metabolismu ryb, úpravě pH a teploty vody a nasycení vody kyslíkem. Tím se docílí požadované kvality vody pro chov candáta (Kouřil a kol., 2008).

### 2.3.1.1 Kyslík

Ryby, candáta nevyjímaje, využívají převážně kyslík rozpuštěný ve vodě. Jeho koncentrace je závislá na teplotě vody, organickém znečištění, množství fotosyntetizujících producentů a intenzitou světla. V přírodě se do vody kyslík dostává difúzí z atmosféry, fotosyntézou vodních rostlin nebo přítokem více okysličené vody. Pitter (1990) udává u neznečištěných vod běžnou koncentraci kyslíku 85 – 95 % nasycení. V organicky zatížených vodách může toto nasycení klesnout až na nulové hodnoty. Všeobecně se uvádí, nežádoucí vliv na vodní organismy koncentrace kyslíku nižší než 4 mg.l<sup>-1</sup>.

V intenzivních podmínkách se kyslík dostává do vody aerací nebo oxygenací pomocí různých zařízení. Při nedostatku kyslíku se zpomaluje metabolismus ryb, objevují se u nich příznaky dušení a malátnosti. V důsledku toho jsou oslabené, stresované a náchylnější k nemocem. Tyto procesy mohou vést až k úhynu ryby. V intenzivních chovech je důležité hladinu kyslíku neustále kontrolovat. Spotřeba kyslíku roste v závislosti na množství ryb v nádrži, jejich aktivitou, intenzitou krmení a stresovými faktory. Optimální koncentrace kyslíku pro candáta se pohybuje v rozmezí 8 až 10 mg.l<sup>-1</sup>. Při teplotě vody 21 – 22 °C to znamená 80 - 95 % nasycení. Nejnižší kritická koncentrace je při poklesu kyslíku pod 3 mg.l<sup>-1</sup> (pod 40 – 44 % mg.l<sup>-1</sup> O<sub>2</sub> při teplotě 21 – 22 °C), kdy dochází k dušení až úmrtí ryb (Čítek a kol., 1997). U okounovitých ryb, zejména u okouna říčního (*Perca fluviatilis*), se sledovalo kritické nasycení vody kyslíkem: při teplotě 20 °C – 30,5 % při 25 °C – 37 % (Kljaštorin, 1982).

Naproti tomu uvádí Lusk (1986) i negativní působení přesycení vody kyslíkem, bývá to však umělé sycení a nedochází k tomu v přirozených podmínkách. V provozních podmínkách toto nebezpečí nastává v přepravě ryb v PVE vacích nebo

v přepravních bednách syčených kyslíkem. Dále by se toto nebezpečí mohlo vyskytnout v řízené akvakultuře při nadměrné oxygenaci vody. Horní kritickou koncentraci kyslíku udávají Svobodová a kol. (2000), kdy přesycení vody kolem 250 – 300 % vyvolává nekrózu žaber, sekundární zaplísnění až k případnému hynutí ryb.

Tab. č.1. Dubský a kol (2003) udávají nasycenost kyslíkem při tlaku 101,3 kPa.

Teplota (°C)	Kyslík (mg.l <sup>-1</sup> )	Teplota (°C)	Kyslík (mg.l <sup>-1</sup> )
0	14,65	16	9,95
2	13,84	18	9,54
4	13,13	20	9,17
6	12,48	22	8,83
8	11,87	24	8,53
10	11,33	26	8,22
12	10,83	28	7,92
14	10,37	30	7,44

### 2.3.1.2 Dusík

Významné a v rámci intenzivního chovu sledované formy dusíku jsou: amoniak nedisociovaný (NH<sub>3</sub> – toxická forma) a disociovaný (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - netoxická forma). Stěna živočišných buněk je pro ionty NH<sub>4</sub><sup>+</sup> poměrně nepropustná, zatímco NH<sub>3</sub> proniká přes tkáň snadno. S tím souvisí jeho vyšší toxicita pro ryby. Střední letální koncentrace NH<sub>3</sub> (LC<sub>50</sub>) pro kaprovité 1 – 1,5 mg.l<sup>-1</sup>, pro lososovité 0,5 – 0,8 mg.l<sup>-1</sup> (Svobodová a kol., 2000). Přijatelná hodnota celkového amoniaku pro okounovité je 0,03 mg.l<sup>-1</sup> N-NH<sub>3</sub> (Stejskal a kol., 2009).

Poměr mezi disociovanou a nedisociovanou formou amoniaku závisí na pH. Amoniak jakožto odpadní produkt metabolismu dusíku se vylučuje přes žábry do vody pomocí koncentračního spádu. V intenzivních chovech se proto používá biologické odbourání této toxické formy v tak zvaných biologických filtrech. Principem je nádrž s náplní (inertní médium s velkým povrchem), na které se nitrifikační bakterie uchycují (Bártů a Kopp, 2004).

Další formy dusíku, které jsou sledovány, jsou dusitany a dusičnany. Dusitany působí toxicky, poněvadž se váží na hemoglobin, vzniká tak methemoglobin a tím zamezuje vazbě s kyslíkem. Při vyšších koncentracích působí letálně. Toxicita dusitanů na ryby závisí na koncentraci chloridů ve vodě, kdy letální koncentrace (LC<sub>50</sub>) se pohybuje v širokém rozmezí od 3,8 – 30 mg.l<sup>-1</sup> (100 mg.l<sup>-1</sup>) NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. Tato forma se

v povrchových vodách vyskytuje v malém množství díky snadné oxidaci za pomoci nitrifikačních bakterií. V přírodě se otrava  $\text{NO}_2^-$  téměř nevyskytuje. Otravy se častěji vyskytují v intenzivních chovech, kdy biologické filtry nestačí odbourávat odpadní produkty metabolismu ryb (z  $\text{NH}_3$  na  $\text{NO}_2^-$  dále pak na netoxický  $\text{NO}_3^-$ ). Nebezpečí otravy  $\text{NO}_2^-$  se předchází aplikací  $\text{NaCl}$  ( $0,3 - 3 \text{ g.l}^{-1}$ ) do vody (Kroupová a kol., 2005). Chloridy se váží na žaberní epitel a konkurují tak toxickým látkám, které pronikají touto cestou do organismu.

Dusičnany jsou pro ryby jen málo toxické. Letální účinky nastávají až při koncentraci převyšující  $1000 \text{ mg.l}^{-1}$  (Čítek a kol., 1997; Pitter, 1990).

### **2.3.1.3 Teplota**

Teplota patří mezi nejdůležitější fyzikální vlastnosti vody, ovlivňující životní děje. Má zásadní význam pro koloběh látek ve vodě, rychlost všech biochemických reakcí a pro život ryb a vodních organismů. Je to nejvýznamnější vliv, který ovlivňuje rozpustnost kyslíku ve vodě viz Tab. č.1. Dále má vliv na metabolismus ryb, příjem potravy, rozmnožování atd. (Hanel a Lusk, 2005).

Při vyšších teplotách dochází u ryb i k vyšší pohybové a trávicí aktivitě, a to se odráží i na zvýšené spotřebě kyslíku (Jirásek a kol., 1977). V rybničním chovu se u larev candáta pohybuje teplota vody v rozmezí  $16,0 - 20,4 \text{ }^\circ\text{C}$ . Po převedení larev na řízenou akvakulturu a jejich následný odchov do juvenilního stadia se teplota vody udržuje kolem  $21 - 23 \text{ }^\circ\text{C}$ . Pokud se při převodu ryb na suché krmivo teplota sníží pod  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , přijímá candát suchou dietu méně ochotně. Naopak příliš vysoká teplota ( $25,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ) snižuje kondici ryb, pokud plůdek nezačne přijímat krmivo, může dojít až k úhynu. Během vlastního intenzivního chovu se udává optimální teplota  $23 - 30 \text{ }^\circ\text{C}$  (Wang a kol., 2009).

### **2.3.1.4 Intenzita světla**

U některých druhů ryb (planktonofágní), kteří přijímají potravu pomocí zraku je důležitá světelná fáze dne. Pokud dojde ke snížení úrovně osvětlení na  $0,1 - 10 \text{ luxů}$  dochází ke snížení schopnosti nalézat a přijímat potravu. Candáta obecný se vyznačuje výraznou soumráchnou nebo noční aktivitou (Baruš a Oliva, 1995a).

V intenzivních chovech doporučuje Nagel (1976) kompletní zastínění nádrže kromě krmných míst. Naproti tomu Zakes (1999) popisuje, že je vhodné osvětlení nad odchovnými nádržemi s candátem o intenzitě  $30 \text{ luxů}$  po celý den.

Beránek a kol. (2004) udává ve své studii režim 18 hodin světla s nízkou intenzitou 10 - 50 luxů a 6 hodin tmy.

Luchiarì a kol. (2006) provedli pokus vlivu intenzity světla na odchov a růst candáta obecného. Pokus trval 42 dnů v nádržích s různými filtry světla (modré, zelené, žluté a červené a kontrola bílé světlo). Zjistili lepší specifický růst u ryb, které byly chovány v nádržích s červeným spektrem oproti kontrole s bílým světlem. Modré světlo bylo srovnatelné s bílým světlem. Závěrem této práce bylo řečeno, že středně dlouhé až dlouhé vlnové délky světla (535 – 603 nm) mají pozitivní vliv na chov a růst candáta.

## **2.3.2 Metody odchovu candáta obecného**

### **2.3.2.1 Extenzivní chov**

Ve většině rybářských podniků v ČR probíhá extenzivní chov candáta v rybníčních podmínkách. Po vytření generačních ryb, které je popsáno v kapitole 2.2.3.3 Rozmnožování ryb, se jikry na hnízdech (případně vykulený plůdek) nasadí do předem připravených rybníků (z hlediska hnojení a dezinfekce) s rozvinutou přirozenou potravou, kde se odchovají do velikosti rychleného plůdku (30-50 mm) nebo ročka (100-120 mm). Tento rybník se po dosažení uvedené velikosti vyloví a ryby se nasadí do jiných odchovných rybníků pro produkci násad a tržních ryb nebo se co nejdříve expedují jinému chovateli (Klimeš a Kouřil, 2003).

Do dalšího chovu v rybnících se nasazuje 50 – 150 tisíc ks/ha ročního candáta a odchováme do násadové či tržní velikosti. V nádrži nesmí chybět dostatek potravní ryby. Jako vhodná potravní ryba je využívána střevlička východní (*Pseudorasbora parva*) či jiné drobné kaprovité ryby (Musil a Kouřil, 2006). Více o produkci candáta obecného v publikaci: Základy chovu vedlejších druhů ryb (Dubský, 1998).

### **2.3.2.2 Intenzivní chov**

Jednou z nejdůležitějších částí chovu candáta obecného v intenzivních podmínkách je dobře zvládnutá reprodukce – popsáno v kapitole 2.2.3.3 Rozmnožování

Vykulený váčkový plůdek lze odchovat dvojím způsobem. Jeden z nich je přímý odchov po vykolení v intenzivním prostředí, u kterého je zpočátku registrována vyšší mortalita. Vyšší ztráty larev v těchto chovech jsou především v důsledku nenaplnění plynového měchýře v období 7 - 11 den po vylíhnutí v závislosti na teplotě. Tyto ztráty mohou dosáhnout až 95 %. Další problém, který zde nastává, je volba vhodné potravy.

Váčekový plůdek se musí krmit živou potravou s optimální velikostí, aby jí váčekový plůdek mohl pozřít. Obstarání této potravy je náročné a drahé, nejčastěji se používá žábřonožka solná (*Artemia salina*) (Beránek a kol, 2005). Larvy candáta jsou schopné přijímat potravu již od 4-5 dne po vykulení v adlibitním množství. Velikost by neměla přesahovat 0,2 mm (Kowalska, 2003; Szkudlarek, 2003).

Při druhé metodě se vykulený váčekový plůdek nasadí do vhodně připravených rybníků a zde se odchová do stádia rychleného plůdku, poté se vyloví a přemístí na řízený systém akvakultury, kde si postupně navyká na nové prostředí a na suchou potravu. Tato druhá metoda je více využívána pro menší ztráty, získání vitálního rychleného plůdku a pro menší ekonomickou náročnost (Stejskal a kol., 2010; Jirásek a Mareš, 2005).

Principem metody je rybniční odchov rychleného plůdku. Jsou využívány menší rybníky či sádky, které se různými melioračními způsoby zúrodňují (např. organická hnojiva, aplikace vápna, potlačení nadměrné vegetace aj.). Dále tyto rybníky by měly být v dobrém technickém stavu a většinou umožňují výlov pod hrází. To je šetrné pro rychlený plůdek (Stejskal a kol., 2010; Čítek a kol., 1998). Rybníky napouštíme 2 – 3 den před umístěním hnízd, aby nedošlo k namnožení dravého planktonu. Následně nasadíme candátí hnízda s inkubujícími jikrami ve stádiu očních bodů v množství 1 ks na 100 m<sup>2</sup> nebo už rozplavané larvy v rozmezí 120 – 130 tisíc ks.ha<sup>1</sup> (Klimeš a Kouřil, 2003). Vykulené larvy jsou aktivní a stoupají k hladině, kde polykají vzduchovou bublinku (rozplavání) pro zformování plynového měchýře. Tento pohyb provádějí do doby, než začnou přijímat aktivně potravu (5 - 7 den po vykulení) (Bastl, 1978). Rybniční odchov trvá zhruba 4 - 6 měsíců do stádia Ca<sub>r</sub>, kdy dosahuje v průměru velikosti 3 - 5 cm. Čím je vyšší hustota nasazovaných larev tím je kratší doba odchovu v rybnících (Stejskal a kol., 2010). Během tohoto období kontrolujeme larvy a stav planktonu v rybníku a popřípadě dodáváme potravu z tzv. planktoních rybníků. Na konci tohoto odchovu se rybník co nejšetrněji vyloví, nejlépe pod hrází, kdy se za vhodných podmínek může produkce pohybovat okolo 50 - 250 kg.ha<sup>-1</sup> (Tögl, 1984). Následuje přeprava Ca<sub>r</sub> v přepravních bednách se vzduchováním nebo v polyethylenových vacích se vzdušnou atmosférou do objektů řízené akvakultury, které umožňují nastavení požadovaných chovných podmínek pro candáta.

Zde nastává fáze adaptace na prostředí a krmivo, která trvá zhruba 7 - 14 dní. Candáti se vysadí do nádrží různých tvarů a velikostí v biomase 0,99 – 2,3 kg.m<sup>-3</sup> (Szkudlarek a Zakes, 2002). Nejčastěji bývají používány plastové či gumotextilní

nádrže, přizpůsobené pro dobrou kontrolu ryb a snadné odstranění uhynulých ryb (Polícar a kol., 2009). Optimální teplota vody pro převedení candáta se pohybuje kolem 22 – 24 °C, pokud je teplota nižší než 20 °C, nebo vyšší než 25 °C, zpomalí se růst a sníží se přežití (Kouřil a kol., 2002). Hustota  $C_a$  na objem nádrže nemá prokazatelný vliv na přežití a růst ryb (Beránek a kol., 2005). V této části adaptace kontrolujeme a udržujeme optimální fyzikálně-chemické vlastnosti vody a také udržujeme technicko-hygienické vlastnosti nádrže. To spočívá v udržování teploty 22 – 24 °C, dobré mechanické a biologické filtrace, úpravě pH (6 - 7), čištění a odsávání zbytků krmiva a exkrementů, odstraňování uhynulých jedinců, vzduchování či dodávání čistého O<sub>2</sub> do vody, přičemž hladina rozpuštěného kyslíku na odtoku by neměla klesnout pod 5 mg.l<sup>-1</sup>. Pro tlumení negativního dopadu kanibalismu se provádí třídění zhruba v třítydenních intervalech podle velikosti například pomocí třídičky s vyměnitelnou mřížkou (Beránek a kol., 2005). Hlavní technické aspekty řízení akvakultury popsány v metodice recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb (Kouřil a kol., 2008).

Nejdůležitější fází této metody je převod candáta na suché krmivo, který patří mezi nejnáročnější prvky, jak ekonomické, tak i zootechnické. V literatuře je popisováno několik metod a modifikací z převodu larev jiných druhů ryb (Molnár a kol. 2004; Kalenda, 2007; Beránek a kol., 2007; Stejskal a kol., 2007; Dvořák a kol., 2008; Zehnálek, 2009).

Beránek a kol. (2007) srovnával přímou metodu převodu larev na suchou dietu a zjistil, že převádění na suchou dietu má zpočátku malé přežití (kolem 24 %), ale v pozdější fázi odchovu mají rychlejší růst oproti candátům, kteří byli převedeni na suchou dietu jinou metodou. Dále je méně ekonomicky a časově náročnější díky tomu, že odpadne obstarávat živou potravu. Dále porovnával metodu převodu polovlhkých směsí. U ní se pohybovalo vyšší přežití až 37 %, ale ryby v pozdější fázi zaostávali v růstu oproti rybám převedeným přímou metodou. Polovlhká směs se skládá z mletého suchého krmiva a vhodného pojiva. Jako pojivo se používá nejčastěji bramborový škrob nebo na bázi rybího masa. Obměnou přípravy polovlhké směsi jsou suché granule pro ryby vlhčené vodou pomocí rozprašovače, které jsou v krátkém časovém intervalu aplikované rybám, případně mix granulí a rozmražených patentek (Stejskal a kol. 2007).

Kombinaci suché a přirozené diety („co-feeding“) používal Molnár a kol. (2004). Před převodem týden kondičně krmil živou potravou např. zooplankton a nitěnky. Po týdnu začal k živé potravě (nasekané nitěnky) podávat suchou dietu. Candáti

přijímají jak živou potravu, tak i suché krmivo ze dna doplňkově z vodního sloupce. U tohoto převodu bylo zaznamenané vyšší přežití ryb než při přímém převodu na suché krmivo.

Dalším problémem, který se zde může objevit, je používání startérových suchých krmiv nebo suchých krmiv pro následující odchov pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*). Toto suché krmivo má vysoký podíl tuku 13 - 20 % a to je nutričně nevhodné pro intenzivní chov candáta. Velký obsah tuku se objevuje ve svalovině candáta a snižuje její jakost, případně se může zkrmování nadměrně tukových směsí projevit zvětšením jater (Beránek a kol. 2005).

## **2.4 Spotřeba kyslíku rybami v intenzivních systémech**

Jak již bylo v kapitole 2.3.1 zmíněno, candát je citlivý na kvalitu vody a na množství rozpuštěného kyslíku ve vodě. V řízené akvakultuře se kvalita vody zajišťuje technologickou úpravou např. pomocí různých filtrů aj. V intenzivním chovu je velká spotřeba kyslíku z důvodu zvýšeného metabolismu ryb, jejich větší hustotou v nádrži, intenzivním krmením, rozkladnými procesy exkrementů a krmiva. Proto se do systému dodává buď čistý kyslík z tlakové láhve či zásobníku. Tento proces se nazývá oxygenace. Nebo se může dopravit atmosférický vzduch do vody, tento proces se nazývá aerace.

Podle náročnosti na kyslík dělí ryby Hanel a Lusk (2005) do čtyř skupin: (velmi náročné, náročné, středně náročné, nenáročné). Kromě candáta obecného patří i do skupiny náročných ryb na kyslík např. lipani a hrouzci. Optimální koncentrace rozpuštěného kyslíku pro tuto skupinu ryb se pohybuje mezi 7 – 10 mg.l<sup>-1</sup>.

V intenzivních chovech je vysoká spotřeba O<sub>2</sub>. Závisí především na druhu chovaných ryb, na jejich hustotě, hmotnosti obsádky, stupni metabolismu a aktivity ryb, velikosti krmných dávek a zatížení prostředí produkty metabolismu (Baruš a Oliva, 1995a).

Pokus spotřeby kyslíku v intenzivním chovu u okounovitých ryb, konkrétně na okounu říčním prováděl Stejskal a kol. (2009). Experiment byl proveden v řízené akvakultuře, kde byly sjednocené podmínky chovu. Teplota vody byla držena na 23,3 °C. Na šesti nádržích byli nasazeni okouni o různé velikosti od 44,8 do 336,2 g. Průměrná denní spotřeba kyslíku se u menších okounů (44,8 – 279,4 g) pohybovala

288,3 – 180,6 mg.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> O<sub>2</sub>. U větších okounů (57,9 - 336,2 g) se spotřeba pohybovala 181,1 - 110,5 mg.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> O<sub>2</sub>.

Zehnálek (2009) ve své práci Odchov plůdku a násadového materiálu candáta obecného v kontrolních podmínkách udává spotřebu kyslíku kolem 136,13 do 339,53 mg.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> a exkrece amoniaku 1,62-11,36 mg.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.

Janošík (2010) uvádí, že během pokusu kyslík neklesal pod 80 % při teplotě 17 – 22 °C ve své práci: Odchov násadového materiálu candáta obecného v kontrolních podmínkách. To je podle převodové tabulky 7,5 – 8,5 mg.l<sup>-1</sup> (Pokorný a kol., 2003).

## 2.5 Vliv hyperoxie na růst a fyziologické parametry ryb

U candáta obecného nebyl prozatím zkoumán vliv hyperoxie na růst, příjem a konverzi krmiva, případně fyziologické funkce. Tento vliv byl však studován u jiných hospodářsky využívaných ryb, které jsou chovány ve speciálních rybářských objektech, jako jsou například recirkulační systémy či klecové nádrže (Person-Le Ruyet a kol., 2002; Thorarensen a kol., 2010; Hosfeld a kol., 2008; Remen a kol., 2008).

Vliv přesycení kyslíku v nádrži na metabolismus byl sledován u kambaly velké (*Scophthalmus maximus L.*). Ryby byly chovány v řízených podmínkách po dobu 30 dnů. Byly připraveny tři různé koncentrace kyslíku: 223 %, 147 %, 100 %. Na konci období nebyly pozorovány významné rozdíly v růstu ryb, příjmu krmiva ani využití bílkovin s porovnáním obou navýšených koncentrací se 100 % koncentrací. Kambala dokáže snášet vysokou hyperoxii, až 350 % nasycení vody kyslíkem po dobu 10 dnů. Co se fyziologických ukazatelů týče, nebyly zjištěny žádné změny v hematokritu, hemoglobinu a počtu červených krvinek (průměr 18,3 %, 3.7 g DL 1 a 1.37 3 106 mm, v tomto pořadí) a žádné známky stresu (hladina kortizolu v plazmě v průměru 3,8 ng ml<sup>-1</sup> (Person-Le Ruyet a kol., 2002).

Jiný pokus s halibutem (*Hippoglossus hippoglossus L.*), který trval 94 dní s pěti různými koncentracemi kyslíku (57%, 84%, 100%, 120% a 150%). Juvenilní halibuti měli počáteční hmotnost 40,5 ± 9,1 g. Koncentrace kyslíku významně ovlivnila růst ryb, zatímco konverze krmiva se nijak výrazně nelišila. Nejhorší růst se objevil u nádrže s nejnižší koncentrací o 45 % menší biomasou než v nádrži se 100 %. Středně rychlý růst byl v nádrži s 84 % koncentrací. U nádrží s koncentrací 100 - 150 % nebyla zvýšená trajektorie růstu významná. Závěr této práce doporučuje pro chovatele halibuta koncentraci kyslíku ve vodě na úrovni 80 – 100 % (Thorarensen a kol., 2010).



Při hodnocení vlivu hyperoxie a hyperkapnie u lososa obecného (*Salmo salar*) byly nastaveny tři různé saturace vody kyslíkem 93 %, 111 %, 123 %. Teplota v období pokusu se pohybovala 6,4 – 9 °C. Na konci období vykazala skupina chovaná při 123 % nasycení kyslíkem vyšší růst oproti ostatním skupinám. Konečná hmotnost u jednotlivých nádrží se pohybovala takto: 123 % - 85,0 g, 111 % – 80,5 g, 93 % - 78,0 g. Při statistickém porovnání však byly rozdíly neprůkazné. Závěry této práce se zmiňují o pozitivním působení hyperoxie na růst, pokud je saturace kyslíku ve vodě okolo 120 % (Hosfeld a kol., 2008).

Remen a kol. (2008) ověřovali účinek čpavku a různého nasycení vody kyslíkem na růst a fyziologický stav tresky obecné (*Gadus morhua*). Počáteční kusová hmotnost ryb byla  $20,8 \pm 5,6$  g. Pokus byl proveden na objektu s řízeným chovem a celý pokus trval 64 dní. Byly nasimulovány tři různé saturace vody kyslíkem hypoxie (57 – 69 %), normoxie (83 – 88 %) a mírná hyperoxie (101 –104 %). V odchovných nádržích byly připravené vhodné podmínky pro tresku a teplota vody nastaven na  $12 \pm 0,4$  °C. Závěr této práce potvrzuje pozitivní vliv hyperoxie na růst tresky. Dále mírná hyperoxie má interakční účinek s amoniakem a dokáže jeho toxicitu pro ryby snížit. Na konci experimentu měly ryby průměrnou kusovou hmotnost v rozmezí od 26,2 g do 61,2 g. Tato hmotnost klesala s klesající saturací kyslíku a se stoupající koncentrací amoniaku.

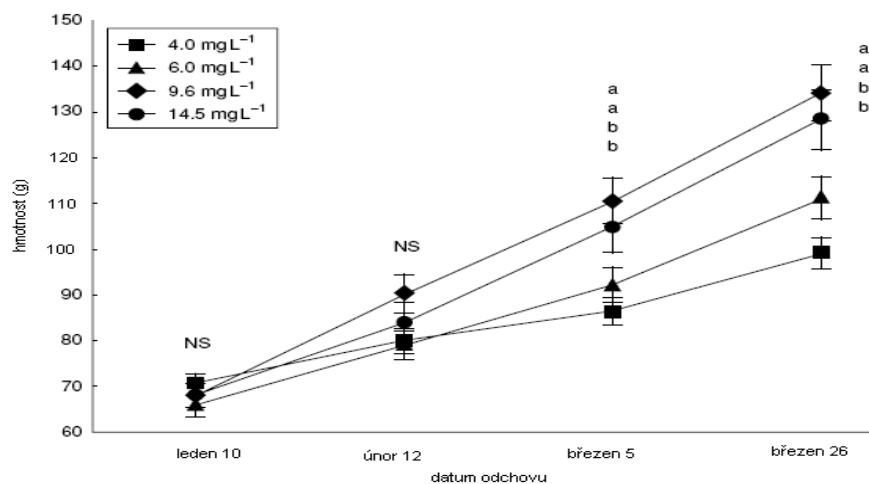
## 2.6 Vliv hypoxie na růst a fyziologické parametry ryb

Vliv hypoxie a kolísání obsahu kyslíku byl sledován na mořském okounovi (*Dicentrarchus labrax L.*), kde odchov trval 30 dní. Juvenilní mořský okoun byl hmotnostě heterogenní 40 – 90 g. Byly použity různé koncentrace nasycení 40 % hypoxie, oscilující 40 % – 86 % a kontrola 86 %. V hypoxii byla zaznamenána výrazně nižší spotřeba krmiva, nižší růst i horší kondice ryb. V oscilující skupině byly výsledky rozkolísané, ale od normoxie se statisticky nelišily. Závěr práce naznačuje, že hypoxie má za následek snížení příjmu krmiva a tím snížení růstu, nikoliv však, že by došlo k zhoršení konverze krmiva (Thetmeyer a kol., 1999).

Vliv dlouhodobé hypoxie byl studován u kambaly (*Scophthalmus maximus*) a mořského okouna (*Dicentrarchus labrax*), kteří byli chováni v nádržích po dobu 42 dnů a krmeni *ad-libitum*. Počáteční hmotnost byla u kambaly  $66,3 \pm 0,5$  g a u mořského okouna  $60,8 \pm 0,6$  g. V nádržích se udržovala optimální teplota pro daný druh, u kambaly  $17,0 \pm 0,5$  °C a u mořského okouna  $22,0 \pm 0,5$  °C. V kontrolní nádrži byla koncentrace

kyslíku  $7,4 \pm 0,3 \text{ mg.l}^{-1}$ . Hypoxické prostředí bylo presentováno dvěma koncentracemi kyslíku a to  $3,2 \pm 0,3 \text{ mg.l}^{-1}$  a  $4,5 \pm 0,2 \text{ mg.l}^{-1}$ . Hmotnostní růst u kambaly i mořského okouna, kteří byli chováni v hypoxickém prostředí, byl výrazně nižší než u ryb v kontrole (normoxie). Při snižování koncentrace kyslíku docházelo k nechutenství a snižování příjmu potravy. Konverze krmiva byla vyšší u mořského vlka než u kambaly. Při snižování koncentrace kyslíku se zhoršovala i konverze krmiva, což mohlo být ovlivněno i krmným režimem. Spotřeba kyslíku v nádržích začala stoupat vždy dvě hodiny po nakrmení a maximální spotřeba kyslíku byla po třech až sedmi hodinách od nakrmení (Pichavant a kol., 2001).

Další pokus efektu hypoxie a hyperoxie na ryby byl opět proveden na mořském okounu. Počáteční hmotnost měli  $68,5 \text{ g}$  a experiment trval 75 dní. Koncentrace kyslíku v nádržích: hypoxie s  $4 \text{ mg.l}^{-1}$  a  $6 \text{ mg.l}^{-1}$ , normoxie  $9,6 \text{ mg.l}^{-1}$  a hyperoxie  $14,5 \text{ mg.l}^{-1}$ . Z grafu (Obr. č.5) je patrný rychlejší růst u hyperoxie a normoxie oproti hypoxii. Byl potvrzen statistický rozdíl mezi těmito skupinami. Opět došlo v hypoxickém prostředí ke sníženému příjmu krmiva (Foss a kol., 2002).



Obr. č.5. Trajektorie růstu mořského vlka (upraveno podle Foss a kol., 2002)

## 2.7 Metody hodnocení příjmu krmiva u ryb

Tyto metody slouží k hodnocení příjmu krmiva. Sleduje se množství přijatého krmiva a jeho využití (konverze). Slouží také ke stanovení optimální velikosti granulí pro jednotlivé hmotnostní kategorie ryb. Dále lze z výsledků odhadnout chuťové a nutriční vlastnosti krmiva a jeho atraktivitu pro ryby. Také lze hodnotit chování a interakce mezi rybami při krmení.

Hodnocení příjmu krmiva u ryb se dá rozdělit na individuální a skupinové. U individuálního sledování umožňují metody hodnotit jednotlivé ryby a jejich příjem. U skupinového se hodnotí příjem krmiva za celou skupinu (nádrž). Dále lze metody rozdělit na invazivní, kdy dochází k zásahu do těla organismu a následuje poškození nebo úhyn ryb a na neinvazivní, kdy zásah nedochází k poškození organismu. Tento postup se dá využít v poloprovozních podmínkách na rybích objektech.

Metody:       1, Analýza obsahu střev  
                  2, Použití obarveného krmiva (markeru) a jeho kvantifikace  
                  3, Přímé pozorování (videozáznam)  
                  4, Použití samokrmítek a monitoring nespotřebovaného krmiva  
                  5, X-záření (rentgen)

### **2.7.1 Analýza obsahu střev**

Metoda patří k hlavnímu kvantitativnímu odhadu nároků ryb na krmivo. Je běžně používána pro ekologické studie ve volných vodách jak pro živé tak i pro mrtvé ryby. U živých ryb se pomocí kanyly vypláchne obsah žaludku s následným vydávením přes ústní otvor nebo vysátím obsahu střev přes řitní otvor. Obsah střev se vysaje přes řitní otvor pomocí kanyly nebo se masírováním břišní části vypudí ven také přes řitní otvor. Další způsob popisuje Dubets (1954), který použil kovový gastroskop pro zjištění obsahu střev. Postup proplachování žaludku u pstruha duhového popisuje v bakalářské práci Blinka (2011). Ryby se nejprve uspí v roztoku 2-fenoxyethanolu. Poté se do ryb zavede kanyla a pomocí injekční stříkačky se několikrát propláchne žaludek ryb. Obsah zažívadel je zachycen na bílý táč, kde se vyhodnotí a konzervuje pomocí formaldehydu, ethanolu nebo glycerinu. Hodnocení se provádí poměrem maximální naplněnosti žaludku a skutečným objemem výplachu vyjádřeno indexem od 0 – 10. Dále se výsledky dají využít pro odhad složení a determinaci potravy ryb a denní a sezónní preferenci potravy. Nevýhoda metody je různá rychlost trávení potravy, která může způsobit chyby ve výsledcích, např. některý druh zooplanktonu může být rychleji strávený a tím výsledek podhodnocen.

### **2.7.2 Použití obarveného krmiva (markeru) a jeho kvantifikace**

U této metody se používají různá barviva a různé chemické markery, kterými se označí krmivo ryb. Využívá se pro studium rychlosti trávení, ale může být využito i v jiných testech. Obarvené krmivo se používá jak pro kvantitativní, tak i pro kvalitativní stanovení příjmu krmiva (Unprasert a kol., 1999). Označené krmivo se vypláchne ze zažívadel a přepočítá nebo se rozpustí exkrementy ryb a spočítají nestrávené markery. Aplikace a limitace: používá se pro odhad ryb, které v populaci, například intenzivně chovaných ryb aktivně žerou. Nevýhoda této metody je určitá časová adaptace ryb na neobvyklé krmivo.

### **2.7.3 Přímé pozorování (videozáznam)**

Metoda je nejpoužívanější v experimentálních chovech s malým počtem ryb. Tyto ryby jsou umístěny v pozorovacích nádržích. Zde si ryby musí zvyknout na prostředí. Každá ryba má na těle umístěnou viditelnou značku za hřbetní ploutví (např. Petersonova disková značka). Další označování se může provádět na břišní partii barvivem (alcian-blue). Příjem krmiva se nahrává na videozáznam, díky němu se dá hodnotit individuální příjem. V praxi se tato metoda využívá v klecovém odchovu lososa (Ang a Petrell, 1997). Zde se pořizuje videozáznam ze tří stran: ze shora, ze zdola a z boku. Nevýhodou zde může být špatná průhlednost vody a tím zkreslené výsledky pozorování. Videozáznam se pořizuje v určitých časových intervalech (sekvencích) dne a přepočítá se na příjem krmiva za celý den. Tato metoda umožňuje i sledování sociálních interakcí ryb (vzájemné útoky při příjmu krmiva, chování ryb, okusování ploutví, agresivní chování). Dále slouží pro kvantifikaci příjmu krmiva a hodnocení vlivu abiotických a biotických faktorů a vlastností krmiva na jeho příjem. Hlavní výhodou je kontinuální videozáznam a zachycení fluktuace denního i sezónního příjmu krmiva. Nevýhodou je časová, materiálová a finanční náročnost.

### **2.7.4 Samokrmítka a monitoring nespotřebovaného krmiva**

V experimentální praxi jsou používány dva typy samokrmítek. Prvním je dotykové samokrmítko krmítko, kde si ryba určí příjem předem nastaveného množství krmiva, tím že atakuje na spouštěcí destičku krmítka.

Druhý typ se v době krmení spouští a neustále aplikuje krmivo (v nastavitelné dávce) do vody, k zastavení dojde pomocí signálu. Signál může být hydroakustického původu, který detekuje pohyb krmiva v nádrži a tím se zastaví aplikace granulí do vody. Nebo pomocí infračerveného snímače, který je instalován na odtoku nádrže a detekuje nespotřebované granule v odtokové vodě.

Nevýhodou u samokrmítek je občasné uvolňování krmiva i když ryby nepřijímají granule (jen proplouvají kolem). Spouštěcí destička samokrmítka se umísťuje 2 cm pod hladinu. U pstruha duhového je popisováno i umístění hladinou nádrže (po určité fázi navykání), což omezuje nevyžádané uvolňování krmiva (Covés a kol, 1998). Tato metoda se dá skombinovat s předchozím videozáznamem. Metoda se používá pro sledování skupinového příjmu krmiva a interakcí mezi rybami v nádrži. Samokrmítka jsou propojena s detektorem dotyku. Ten spočítá podle nastavené dávky krmítka a podle počtu spuštění krmítka počet přijímaných granulí. Touto metodou se dá testovat velikost krmiva, nutriční složení krmiv a různé typy antibiotik v krmivu a jejich preference rybami (Landless, 1976).

### **2.7.5 X záření, rentgen**

Jednou z variant využití této metody je u dravých ryb, kdy pomocí RX záření se snímá páteř potravních ryb v zaživadlech. Další možností je aplikace krmiva s markery (olovnaté sklo nebo železný prach), které mají vyšší hustotu než tělo ryby. Při použití X záření tyto markery odrazí paprsky, které se detekují na podložní desce. Používá se komerční krmivo pro ryby, které je rozdrceno a homogenně rozmícháno s markery. Poté je opět vyrobená peleta. Je zjištěn průměrný počet částic na jednu peletu zpravidla 30 – 300 ks. Později se u sledovaných ryb provede rentgen a zjistí se počet markerů v zaživadlech. Počet je vydělen průměrným počtem markerů v peletě, čímž je zjištěn individuální příjem pelet. Metoda je využívána pouze pro experimentální stanovení individuálního příjmu krmiva (Houlihan a kol., 2001).

### **3 Cíl práce**

- Vypracování literární rešerše na téma vliv různého nasycení vody kyslíkem u komerčně chovaných ryb v řízených podmínkách.
- Návrh experimentu, ve kterém je zkoumán vliv různého nasycení vody kyslíkem na candáta obecného.
- Vlastní experiment vlivu různého nasycení vody kyslíkem na příjem krmiva, růst, přežití a kondici candáta obecného.
- Hodnocení získaných výsledků a porovnání s literaturou.

## **4 Materiál a metodika**

### **4.1 Získání a odchov experimentálního materiálu**

#### **4.1.1 Odchov larev candáta v rybníčních podmínkách**

Váčkový plůdek (larvy) původem z umělého výtěru byl vysazen do rybníků Rybářství Nové Hrady s.r.o. konkrétně do rybníka Kamenný (1,54 ha), Bejkovna (1,33 ha) a Hadač (2,7 ha), které se nacházejí v Novohradském podhůří v severní části Novohradských hor v nadmořské výšce 500 - 600 m n. m. Rybníky byly týden před vysazením larev napuštěny a připraveny pro jejich odchov. Hustota obsádky byla u každého rybníka stejná  $200\,000\text{ ks}\cdot\text{ha}^{-1}\text{ Ca}_0$ . Zde byly larvy odchovány v monokultuře až do stadia rychleného pūdku. V průběhu odchovu byly provedeny kontrolní odlovy ryb pro zjištění zdravotního stavu a intenzity růstu. Výlov byl proveden pod hrází s použitím podložní sítě, ze které se vytvořil ve vývařišti bazén (tůň). Zde se pomocí saku candáti průběžně odlovovali a umišťovali na automobil s přepravní bednou (o objemu vody  $1\text{ m}^3$ ) a kyslíkovaním. Candáti měli průměrnou kusovou hmotnost  $0,6 \pm 0,1\text{ g}$  a byli umístěni na gumotextilní vaky (o objemu vody  $12\text{ m}^3$ ) na Rybářství Nové Hrady s.r.o. Po třech dnech se ryby převezly na rybochovný objekt FROV JU VÚRH Vodňany s recirkulačním systémem.

#### **4.2 Nasazení ryb na recirkulační systém adaptace ryb na intenzivní podmínky chovu**

Rychlený plůdek candáta byl nasazen dne 18. 6. 2011 na nádrže o celkovém objemu 700 l. Počáteční hustota při adaptaci ryb byla  $6 - 10\text{ kg}\cdot\text{m}^3$ . Tyto odchovné nádrže byly součástí tzv. velkého recirkulačního systému rybochovného objektu FROV JU Vodňany, který má 90 - 95 % stupeň recirkulace (tj. denní přídavek čerstvé vody do systému činí 5 - 10 % z celkového objemu vody). V tomto systému byla voda upravována pomocí mechanického bubnového filtru, tří biologických fluidních filtrů a UV filtrace. Teplota vody byla regulována pomocí topných těles s termostatem. Pro adaptaci candátů na intenzivní podmínky a příjem granulovaného krmiva byl použit následující postup:

1. den – výlov a transport do průtočných žlabů
2. den – hladovění v průtočných žlabech
3. den – transport a nasazení na recirkulační systém, hladovění
4. den – krmení patentkami (100% DKD), *ad-libitum*

6. den - krmení patentkami (75%) a suchou směsí (25%), *ad-libitum*  
 7. den - krmení patentkami (50%) a suchou směsí (50%), *ad-libitum*  
 8. den - krmení patentkami (25%) a suchou směsí (75%), *ad-libitum*  
 9. den - krmení suchou směsí (100%), *ad-libitum*

Podávány byly rozmražené larvy pakomára kouřového (*Chironomus plumosus*) a komerčně vyráběné granule Biomar s obchodním názvem Inicio Plus (Tab. č.2).

Tab. č.2. Nutriční složení krmiva Biomar

<b>Biomar Inicio Plus - velikost 2mm</b>	
<b>výživová hodnota</b>	<b>obsah (%)</b>
hrubý protein	52,0
surový lipid	25,0
sacharidy (NFE)	7,4
vláknina	0,6
popeloviny	10,0
celkový fosfor (P)	0,9
celkové energie (MJ/kcal)	23,6 / 5633
stravitelné energií (MJ/kcal)	21,6 / 5170

Teplota vody v nádržích během adaptace byla  $21 \pm 1^\circ\text{C}$  a množství rozpuštěného kyslíku na odtoku z nádrže  $6,7 \pm 0,3 \text{ mg.l}^{-1}$ . Světelné podmínky byly řízeny podle světelného režimu celého odchovného objektu, to je 10 h tma a 14 h světlo.

Odchov trval od půlky června do září (cca 3,5 měsíce). V tomto období byly dodržovány základní hygienické a technologické úkony chovu jako např. krmení ryb, čištění nádrží od exkrementů, zbytků krmiv a uhynulých ryb, regulace průtoku vody, měření kvality vody (teplota, pH, O<sub>2</sub>).

Odchov byl ukončen 6. 9. 2011. Poté byli candáti převezeni do Českých Budějovic do akvarijní místnosti Laboratoře řízené reprodukce ryb (Obr. č.6).

### **4.3 Popis recirkulačního systému pro odchov ryb**

Vlastní experimentální systém se skládal z horní řady odchovných plastových nádrží speciální konstrukce (Obr. č.9,10,11), které umožňují separaci nespotřebovaného krmiva bez rušení ryb v nádrži.

Nad a pod chovnými nádržemi byly umístěny biologické a usazovací (retenční) plastové nádrže. Odpadní voda z odchovných nádrží odtékala přepadem a samospádem



do mechanického filtru KC-10 (Obr. č.7), kde byly odstraňovány mechanické nečistoty a následně do dolní retenční nádrže s přepážkami z molitanových desek, která sloužila částečně jako usazovací a biologický filtr.

Odtud byla voda nasávána pomocí čerpadla (MARINA typ SMC,  $Q = 115 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $P = 800 \text{ W}$ ) do horní biologické nádrže. Nádrž měla výplň z filtračního materiálu (sloužil jako médium pro nitrifikační bakterie). Zde byla voda zbavována rozpuštěných produktů metabolismu ryb, jako je např. toxický amoniak. Z horní nádrže, opět pomocí samospádu, byla rozváděna voda do jednotlivých odchovných nádrží. Průtok vody byl regulován pomocí ventilů, které zakončovaly rozvodné potrubí tak aby byla zabezpečena výměna vody 1x za hodinu ( $60\text{-}70 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$ ). Dále byla součástí systému topná spirála s termostatem, která udržovala požadovanou teplotu vody ( $23\text{ -}25 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Systém měl také vlastní rozvod vzduchu, který vedl do každé nádrže a byl zakončen vzduchovací lištou v zadní části nádrže pro optimální cirkulaci vody v nádrži. Vzduch byl vháněn pomocí membránového kompresoru (SECOH EL-S-120). Světelný režim byl zajištěn denním světlem a zářivkami v místnosti v poměru 12 hodin tma a 12 hodin světlo.



Obr. č.6. Experimentální recirkulační systém (odchovné nádrže, mechanický filtr, retenční nádrž, biologický filtr)



Obr. č.7. Bubnový filtr a odchovné nádrže - přední část

#### **4.4 Popis aparatury pro vytvoření různých hladin kyslíku ve vodě a pro hodnocení denního příjmu krmiva**

Speciálním externím zařízením pro tento pokus byly směšovací nádrže v podobě dvou vysokých válců, kam byly připojeny tlakové láhve s kapalným  $O_2$  a  $N_2$  viz (Obr č.8). V těchto válcích docházelo ke směšování vody s uvedenými plyny pomocí keramického disku a podle potřeby saturace vody kyslíkem. Tlakové láhve měly regulační ventil s manometry, které ukazovaly tlak plynu a jejich objem. Láhve byly použity o objemu 50 litrů s maximální kapacitou 10,7 až 15,2  $m^3$  kyslíku nebo dusíku. Plnicí tlak 20 nebo 30 MPa. Nastavený tlak plynů vedoucích do směšovací nádrže se pohyboval kolem 4 atm. Jedna láhev každého plynu vydržela na cca čtrnáct dní pokusu. Dalším zařízením, kterým bylo možno regulovat saturaci vody kyslíkem, byl rozvod vzduchu pomocí kompresoru popisovaným v kapitole 3.3. Normoxie v chovných nádržích s nasycením vody  $O_2$  85 -95 % byla zajištěna intenzivní aerací vzduchem v zásobní nádrži. Hyperoxie s nasycením vody  $O_2$  145-155 % byla získána aplikací čistého kapalného kyslíku, čímž došlo k přesycení vody. Hypoxie s nasycením vody  $O_2$  55-65 % byla získána aplikací kapalného dusíku, kterým se z vodního prostředí vytěsňuje  $O_2$ .

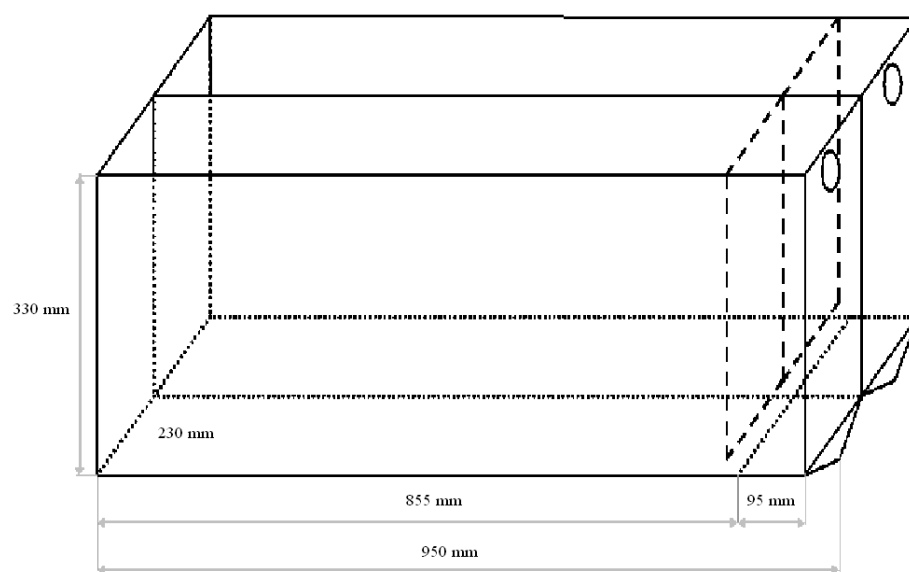


Obr. č.8. Směšovací válec, tlakové láhve s kapalným O<sub>2</sub> a N<sub>2</sub>

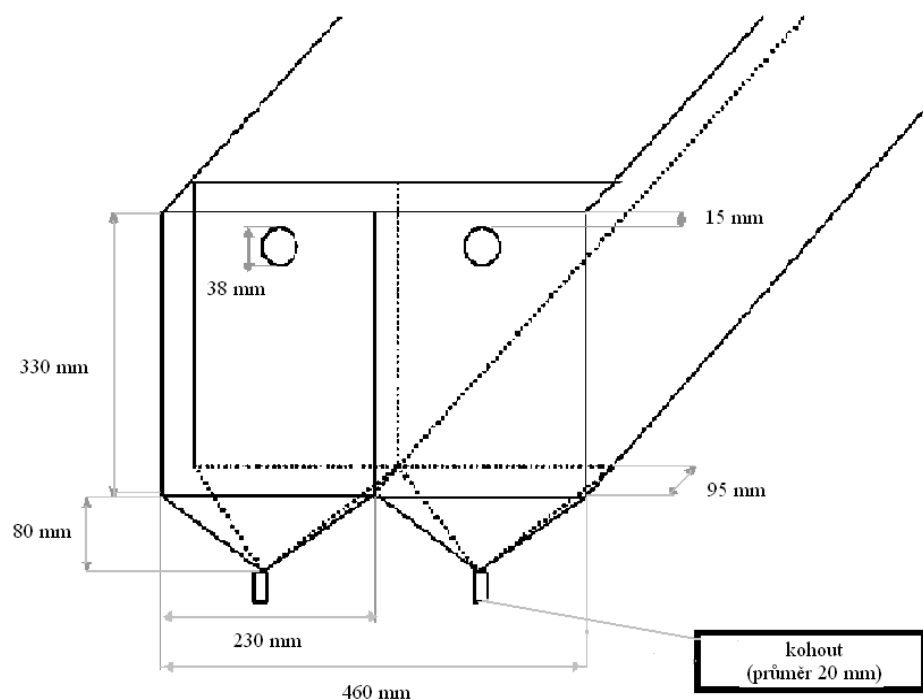
Pro vlastní hodnocení růstu, přežití a denního příjmu krmiva sloužily vlastní odchovné nádrže o rozměrech: délka 950 mm, šířka 230 mm, výška 330 mm, celkový objem 72 l a chovný objem 65 l (Obr. č.10,11). Tyto nádrže byly vyrobeny z umělé hmoty, přední stěna byla z čirého plexiskla a vršek nádrží byl přikryt skleněnými tabulemi. Nádrž byla rozdělená na dvě části. Přední větší část sloužila k vlastnímu odchovu ryb, zadní menší část byla kónicky zúžená směrem ke dnu a na konci zúžení byl umístěn odpouštěcí ventil (Obr. č.9). Tato zadní část byla od hlavní odchovné oddělená přepážkou s mezerou u dna. Touto mezerou, se proudem z přítoku, pohybem ryb a cirkulací vody v nádrži pomocí vzduchovací lišty, dostávalo nespoteřované krmivo s exkrementy do zadní (sedimentační) části nádrže. Zde se v kónusu tuhé části sedimentací shromažďovaly a ve stanovených intervalech byly odpouštěny pomocí zadního ventilu. V horní části byla nainstalovaná odtoková trubka do systému na přečištění vody. Z odpuštěného kalu s nespoteřovanými granulami byl zjišťován denní příjem krmiva.



Obr. č.9. Zadní sedimentační část odchovné nádrže + odkalovací ventil



Obr. č.10. Odchovná nádrž



Obr. č.11. Odchovná nádrž zadní část

## 4.5 Vlastní popis experimentu na juvenilních candátech

### 4.5.1 Denní režim pokusu

Na systém byly dne 6. 9. 2011 nasazeny ryby, které zde byly dále chovány 18 dní ve stejných podmínkách jako během pokusu tak, aby si candáti zvykli na nové prostředí a eliminoval se u nich stres z nových chovných podmínek.

Vlastní pokus s vlivem různé saturace kyslíkem na růst a ostatní ukazatele začal 24. 9. 2011 na plně adaptovaných rybách. Candáti byli nasazeni na nádrže a bylo u nich provedeno biometrické měření (kusová hmotnost, celková biomasa, celková délka těla, standardní délka těla). Candáti měli průměrnou hmotnost  $11,6 \pm 0,4$  g a průměrnou celkovou délku  $106,8 \pm 8,5$  mm. Ryby byly nasazeny do každé nádrže po 90 kusech. V pokusu byly zkoumány tři hladiny nasycení kyslíkem ve vodě. Každá varianta byla testována ve třech opakováních. Dohromady tedy bylo 9 nádrží a v nich bylo nasazeno 810 kusů candáta obecného. Nádrže byly označeny čísly a skupinou saturace kyslíku ve vodě: Normoxie (85-95 % O<sub>2</sub>) v nádržích 13, 14, 15. Hyperoxie (145-155 % O<sub>2</sub>) v nádržích 18, 19, 20. Hypoxie (55-65 % O<sub>2</sub>) v nádržích 21, 22, 23. Denní režim pokusu pro obsluhu systému na každý den byl naplánován následovně.

Ráno (ještě před krmením) v 8:00 h byly odkaleny nečistoty z odkalovací části nádrže pomocí zadního odkalovacího ventilu. Z každé nádrže se odpustilo cca 4 l vody s exkrementy. V průběhu dne se nádrže odkalovaly pravidelně třicet minut po každém krmení ryb s cílem zachytit nespoteřované granule. Byly odpuštěny vždy cca 2 l vody a prováděla se kontrola, zda neobsahuje voda nespoteřované krmivo. Případné granule byly spočítány nebo vyfoceny na bílém podloží (pro následné počítání pomocí analýzy obrazu Micro Image 4) a zaznamenány do protokolu „Nespoteřované granule“. Vlastní kontrola probíhala tak, že se tuhé části z vody a to i granule, nechaly přefiltrovat přes síto. Tuhé částice se překloupily na bílý táč, kde se rozprostřely a spočítaly. Pokud se vyskytlo velké množství granulí, byla pořízená fotografie s datem dne a číslem nádrže. Později byly fotky zpracovány v počítačovém programu Micro Image. Každý den se dopředu pro každou nádrž navážilo do plastových vaniček suché krmivo o hmotnosti 50 g. Bylo použito suché krmivo značky Biomar Inicio Plus s velikostí 2 mm (Obr. č. 12).

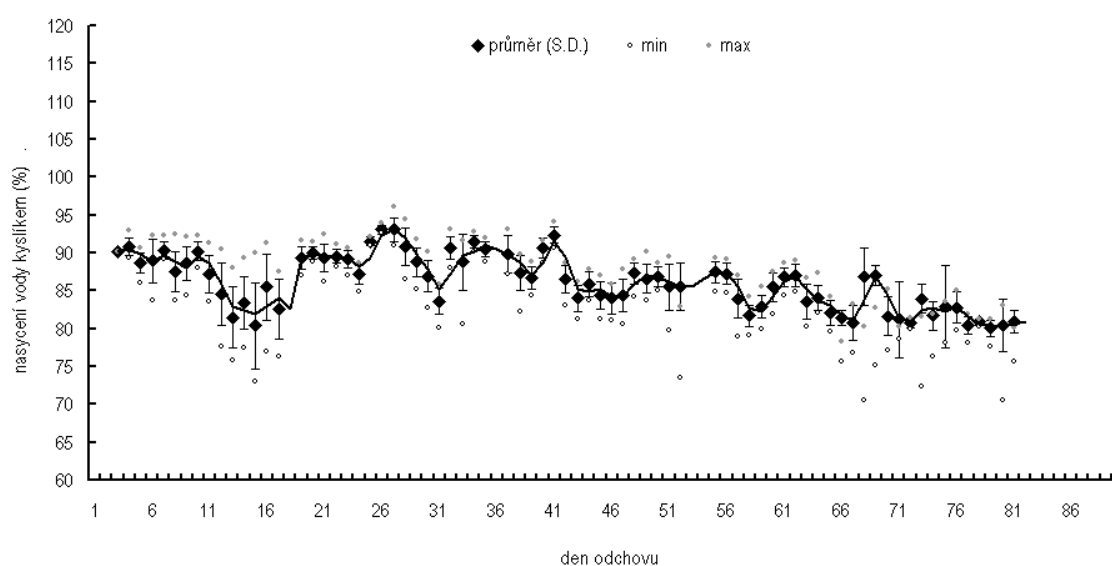
Nutriční složení krmiva bylo následující: 52 % protein, 25% tuk, 7,4% sacharidy, 0,6% vláknina, 10% popeloviny, 0,9% celkový fosfor. Celková energetická hodnota byla 23,5 MJ a stravitelná energie 21,6 MJ. Komponenty krmiva byla rybí moučka (LT94 a Special), rybí olej, pšeničná mouka a vitamino-minerální premix.



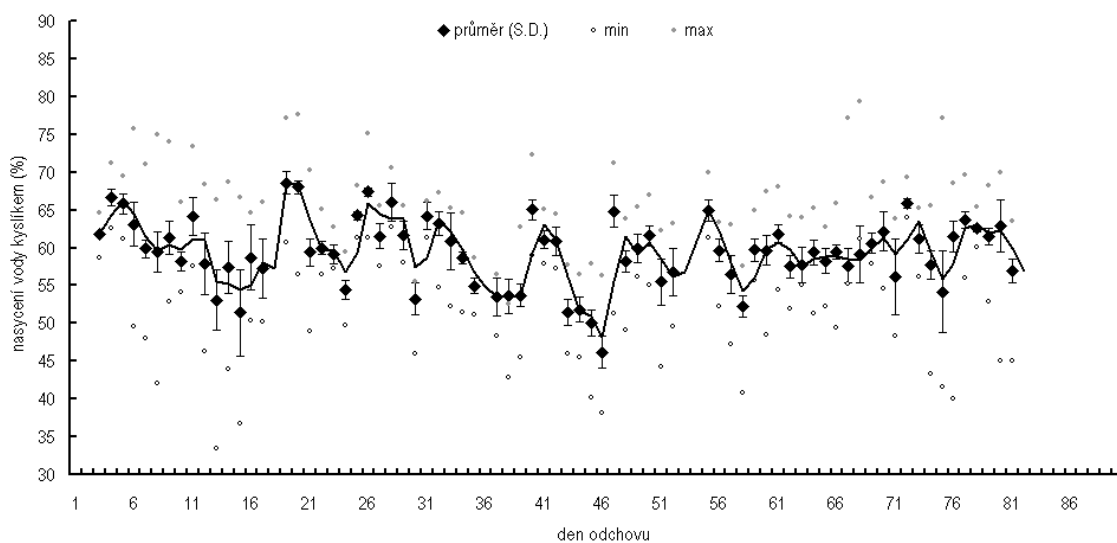
Obr. č. 12. Suché krmivo Biomar Inicio Plus

Denní režim krmení začal od 8:00 a pokračoval každé 2 hodiny v množství *ad libitum*. Krmilo se v 8:00 h, 10:00 h, 12:00 h a 14:00 h dle zjevné ochoty ryb přijímat krmivo z připravených vaniček s navážkou. Poslední krmení probíhalo v 19:00 h a krmilo se v malých dávkách do zjevného příjmu krmiva rybami. Zbytek nezkrmené 50 g navážky se zvažil a zapsal do protokolu „Nspotřebované suché krmivo“.

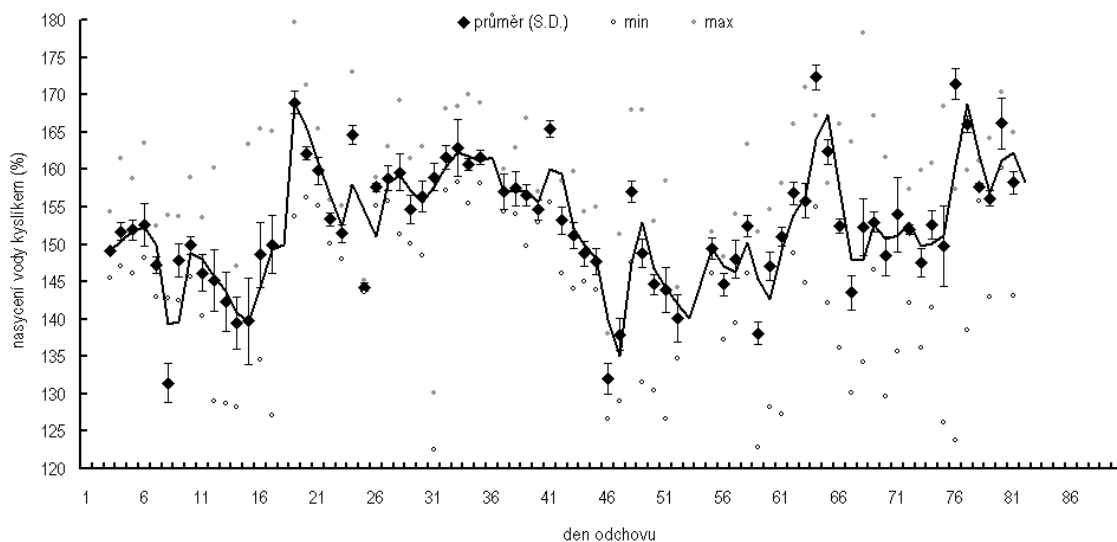
Další denní činností byla vizuální kontrola ryb, jejich zdravotního stavu, odstraňování padlých ryb s následným záznamem do bloku, doplňování vody do systému, kontrola funkčnosti výše popsaných technických zařízení pro správný chod recirkulačního systému. Kromě těchto činností byla denně kontrolována kvalita vody. Třikrát za den v 8:00 h, 15:00 h a 19:30 h bylo měřeno procentuální nasycení vody kyslíkem, toto měření bylo prováděno uvnitř odchovné nádrže. Pokud hodnoty nasycení kyslíkem neodpovídaly stanovenému rozsahu nasycení O<sub>2</sub> v nádrži, upravovaly se pomocí škrtících ventilů na rozvodu vzduchu, nebo byl upraven tlak plynů O<sub>2</sub> a N<sub>2</sub> do směšovací nádrže. V nádržích 14, 19, 22 byla 1 x denně sledována teplota a pH vody. V nádrži č. 14 navíc ještě amoniak a dusitany, které se v dobře fungujícím recirkulačním systému pohybovaly po celé období pokusu v koncentraci 0,5 mg.l<sup>-1</sup>. Sledované hodnoty nasycení kyslíkem, teploty a pH byly měřeny pomocí elektronického více funkčního multimetru HACH HQ40d multi (Obr. č.17). Průběh nasycení vody kyslíkem a ostatních měřených parametrů vody během pokusu je znázorněn v Obr. č.13, č.14, č.15, č.16.



Obr. č.13. Průměrné, maximální a minimální nasycení vody kyslíkem v nádržích s normoxií (85-95 %O<sub>2</sub>).

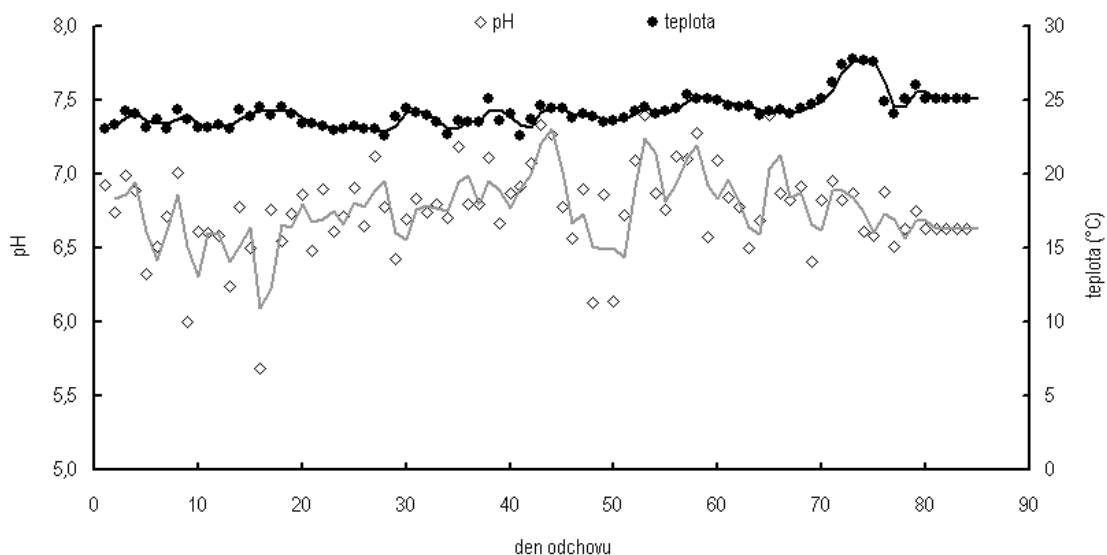


Obr. č.14. Průměrné, maximální a minimální nasycení vody kyslíkem v nádržích s v nádržích hypoxií (55-65 % O<sub>2</sub>).



Obr. č.15. Průměrné, maximální a minimální nasycení vody kyslíkem v nádržích s hyperoxií (145-155 % O<sub>2</sub>).





Obr. č.16. Průběh teploty a pH v experimentálním recirkulačním systému během pokusu.



Obr. č.17. Elektronický multimetr HACH HQ Series Portable Meters používaný k měření fyzikálně chemických parametrů vody během pokusu.

#### 4.5.2 Harmonogram celého pokusu

Celý pokus trval 82 dny a byl rozdělen do 5 dílčích období. Každé období trvalo 19 dní včetně 1 dne na kontrolní přelovení. Vyjimkou bylo poslední přelovení, které trvalo 11 dní a během kterého došlo k úhynu části ryb z důvodu selhání čerpadla

v systému. Na konci každého období byla nádrž slovena a u ryb provedena základní biometrika. Jednou za týden se do systému aplikovala soda, aby se vyrovnalo pH a ozdravil systém a nádrže.

Každé kontrolní přelovení probíhalo následovně: Ráno byly připraveny potřebné pomůcky, jmenovitě nerezový stůl, fotoaparát se stativem, digitální váha, metr (měřítko), několik vaniček se vzduchováním, kbelíky - 10 l, misky, sítky na lovení ryb, mycí houba, roztok anestetika hřebíčkového oleje s vodou (koncentrace 0,4 ml na 10 l vody).

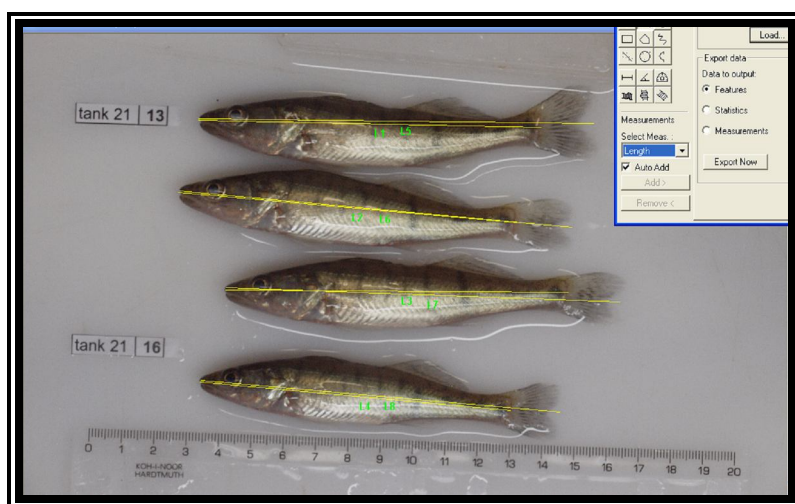
U každé nádrže byla snížena hladina na přibližně  $\frac{3}{4}$  objemu vody zadním ventilem. Sítkou byly vyloveny ryby do vaničky se vzduchováním. Zde byly ryby spočítány a počet přežitých byl zaznamenán. Poté byla zvážená celková biomasa ryb v celé nádrži a opět zaznamenána. Postupně byli candáti uspávaní v lázni hřebíčkového oleje po dobu několika minut. Anestezované ryby byly jednotlivě váženy a po několika kusech vyfoceny. Individuálně váženo bylo 45 ryb (z čehož 20 ryb bylo zároveň i foceno) z každé nádrže (Obr. č.18). Každá fotka byla opatřena měřítkem, datem dne, číslem nádrže a ryby. Vypuštěná nádrž byla vyčištěna od nárostů a zbytků exkrementů a propláchnuta čistou vodou. Candáti nebyli do konce kontrolního dne krmeni, protože by předkládané krmivo nepřijímali díky stresu z přelovení. Krmný plán byl aplikován až následující den. Pokus byl ukončen 13. 12. 2011, kdy ryby uhynuly v důsledku výpadku proudu a selhání informačního systému. Tyto ryby byly změřeny a zamrazeny v kafilerním boxu (mrazáku).



Obr. č. 18. Biometrika ryb - měření a focení candátů

### 4.5.3 Zpracování získaných dat a údajů

Na konci pokusu byly nashromážděné údaje o parametrech vody a biometrické parametry měřené na rybách a následně převedené do elektronické podoby. Data byla dále vyhodnocena a graficky zpracována v programu Microsoft Office Excel 2007. Celková délka a standardní délka těla byla měřena z fotek pomocí programu Micro Image 4 (Obr. č.19).



Obr. č. 19. Měření celkové délky a délky těla candáta

Příjem krmiva byl hodnocen pro celou skupinu ryb (nádrž). Technika získání dat popsána výše v kapitole 3.5.1 Návrh a denní režim pokusu.

Od 50 g navážky byl odečten zbytek nezkrmených granulí v gramech z protokolu „Nspotřebované suché krmivo“. Z každodenního odkalování nádrží byl získán počet nspotřebovaných granulí do protokolu „Nspotřebované granule“. Tento počet se vynásobil průměrnou hmotností jedné granule, která byla vypočítaná z několika průměrů 30 granulí vážených na analytických vahách. Tento údaj byl taky odečten od navážky podle vzorce:

$$SK = N - ZK - (NG \cdot mG).$$

$SK$  = spotřeba krmiva (g)

$N$  = navážka krmiva (g)

$ZK$  = zbytek krmiva (g) – krmivo, které nebylo aplikováno rybám

$NG$  = nspotřebované granule (ks)

$mG$  = průměrná hmotnost granule

Podle tohoto vzorce (po přepočtení na kg obsádky a kusy) byly vytvořeny grafy denního příjmu suchého krmiva u sledovaných skupin.

#### 4.6 Produkční ukazatele a statistické zhodnocení dat

- **Kumulativní přežití candáta obecného za celý pokus (%)**  
podle (Fiogbé a Kestemont, 2003) - kumulativní přežití =  $((\text{ryby nasazené} - \text{ryby uhynulé}) / \text{ryby nasazené}) * 100$
- **Průběh průměrné kusové hmotnosti ryb za celý pokus, rozdělené na jednotlivé období (g)**  
- za jednotlivé období byla vážena individuální kusová hmotnost ryb v (g) u 45 ryb z každé nádrže pro každé období
- **Průběh průměrné celkové délky ryb za celý pokus, rozdělené na jednotlivé období (mm)**  
za jednotlivé období byla měřena celková délka ryb v (mm) u 20 ryb z každé nádrže
- **Průběh standardní délky těla odchovaných ryb za celý pokus, rozdělené na jednotlivé období (mm)**  
za jednotlivé období byla měřena standardní délka těla ryb v (mm) u 20 ryb z každé nádrže
- **Průměrná celková biomasa ryb za jednotlivé sledované období (g)**  
by zvážená průměrná biomasa všech skupin
- **FC –Fultonův koeficient**  
podle (Policar a kol., 2007)  
(Faktor hmotnostní kondice ryb) =  $(W_t / CD^3) * 100$
- **SGR -Specific Growth Rate**  
podle (Stejskal a Kouřil, 2006)  
(specifická rychlost růstu za celý pokus v  $\% \cdot \text{den}^{-1}$ ) =  $[(\ln W_t - \ln W_0) \cdot t^{-1}] * 100$
- **FCR - Food Conversion Ratio**  
podle (Stejskal a Kouřil, 2006)  
(krmný koeficient konverze krmiva za celý pokus) =  $F / (W_t - W_0)$   
vyjadřuje, kolik ryba musí přijmout množství krmiva, aby dosáhla jednotky hmotnosti. (Obvykle se vyjadřuje v kg krmiva na přírůstek ryb o 1 kg)

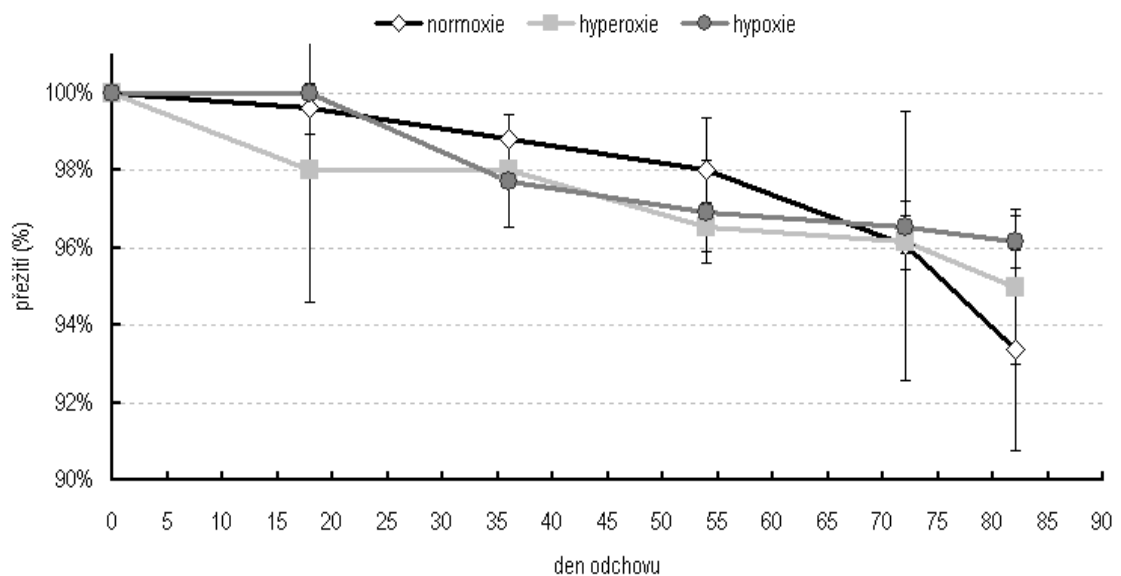
**Vysvětlivky:** *W<sub>t</sub>* - hmotnost biomasy ryb na konci pokusu  
*W<sub>0</sub>* - hmotnost biomasy ryb na začátku pokusu  
*CD* - celková délka těla  
*t* - počet dnů za celý pokus  
*F* - spotřeba krmiva za dobu pokus

Tyto koeficienty a ukazatelé popsané výše v bodech byly vypočítány s využitím zjištěných dat, získaných z přelovení na konci každého období. Důležitá a zároveň vypovídající data experimentu byly porovnány analýzou variance ANOVA. Předpoklady pro ANOVU byly otestovány Cochran-Hartley-Bartlett testem. Rozdíly hodnot mezi sledovanými skupinami byly zpracovány Tukeyho HSD testem a znázorněny pomocí symbolů v grafech. Test byl proveden při hladině významnosti  $p < 0,05$ . Data o přežití a koeficientech byla ošetřena *arcsin* transformací.

## 5 Výsledky

### 5.1 Kumulativní a celkové přežití ryb během pokusů

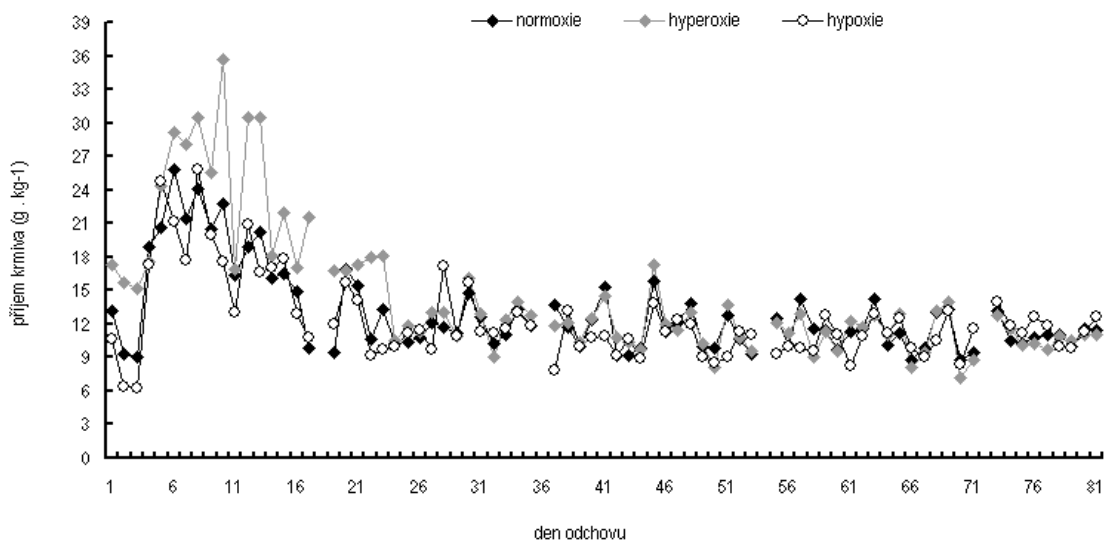
Experiment trval 82 dní. Na každou nádrž bylo v den 0 nasazeno 90 ks candáta (100 %). V průběhu odchovu se provedlo pět kontrolních přelovení, při kterých se zaznamenal aktuální stav přežitých candátů. Ve všech třech sledovaných skupinách docházelo k mírnému poklesu přežitých ryb. Na konci pokusu bylo zjištěno nejnižší přežití u normoxie, kdy došlo k poklesu přežití na 93,4 %. K nižším ztrátám ryb na 95,0 % přežití došlo u skupiny hyperoxie. Nejlepší výsledky se jevily u skupiny hypoxie. U této skupiny přežilo 96,1 % candátů (Obr. č.20). Rozdíly v přežití u jednotlivých skupin nebyly statisticky průkazné (ANOVA, Tukey test,  $p < 0,05$ ).



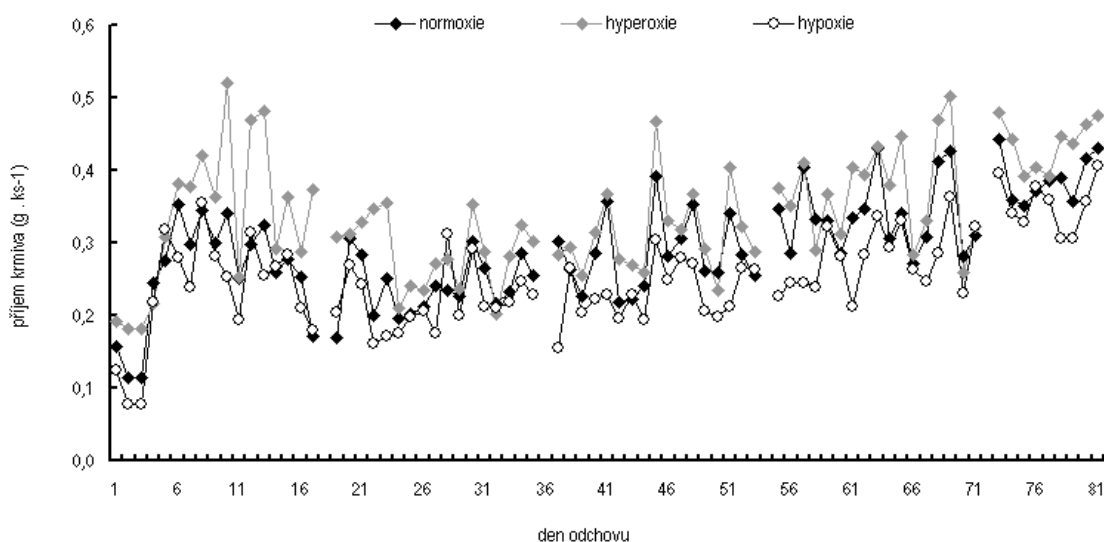
Obr. č.20. Kumulativní přežití candáta. Data jsou prezentována jako průměr $\pm$ S.D.

### 5.2 Denní příjem krmiva v závislosti na nasycení vody kyslíkem

Z grafů mezi-denní variability příjmu krmiva je vidět přerušení křivky krmení ve dnech, kdy se provádělo přelovení. V grafu (Obr. č.21) variability příjmu krmiva vztahované k biomase obsádky ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) je patrná klesající tendence během odchovu. Naopak je to v grafu (Obr. č.22) variability příjmu krmiva vztahované k jednomu kusu candáta ( $\text{g}\cdot\text{ks}^{-1}$ ) kde je zřejmá stoupající tendence pro všechny skupiny. Z grafů variability je rovněž patrný efekt nasycení kyslíku na příjem krmiva.



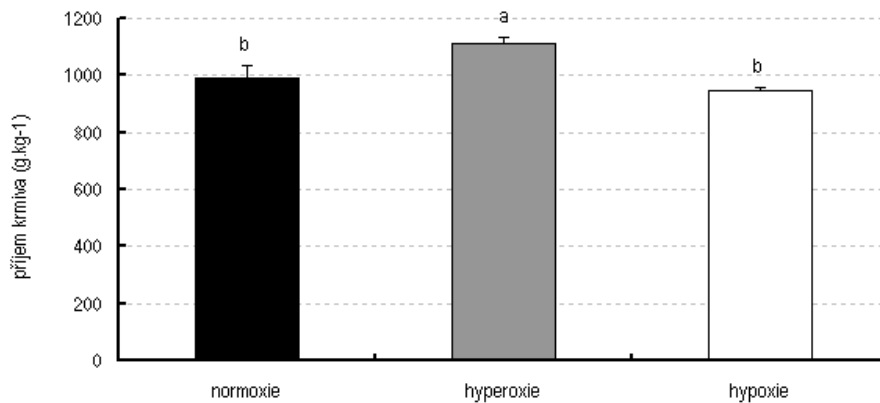
Obr. č.21. Variabilita příjmu krmiva vyjádřena v gramech na kilogram obsádky. Data jsou prezentována jako průměr.



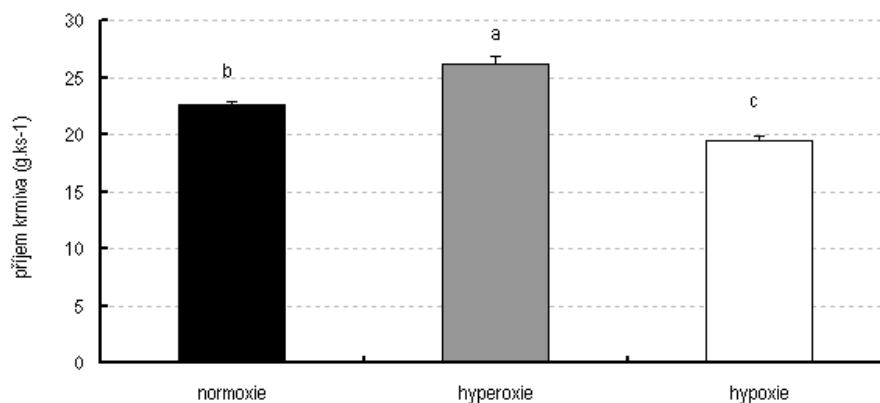
Obr. č.22. Variabilita příjmu krmiva vyjádřena v gramech na kilogram obsádky. Data jsou prezentována jako průměr

Za celou dobu odchovu byl největší příjem krmiva zaznamenán v hyperoxii, zatímco nejnižší příjem byl u hypoxie. Příjem krmiva v normoxie se pohybovala mezi oběma předchozími skupinami. Průměrná hrubá spotřeba krmiva (na nádrž) při hypoxii byla  $22,6 \pm 5,9$  g, při normoxii  $26,2 \pm 6,2$  g a při hyperoxii  $30,1 \pm 7,1$  g. Celkový příjem krmiva vztahený k biomase obsádky ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) včetně statistických rozdílů (ANOVA, Tukey test,  $p < 0,05$ ) je uveden v grafu (Obr. č.23). Průměrný individuální příjem krmiva

vztažený k jednomu kusu ( $\text{g}\cdot\text{ks}^{-1}$ ) včetně statistických rozdílů je uveden v grafu (Obr. č.24).



Obr. č.23. Celkový příjem krmiva vyjádřený v gramech na kilogram obsádky. Data jsou prezentována jako průměr $\pm$ S.D. Sloupce označené stejnými indexy se statisticky neliší.



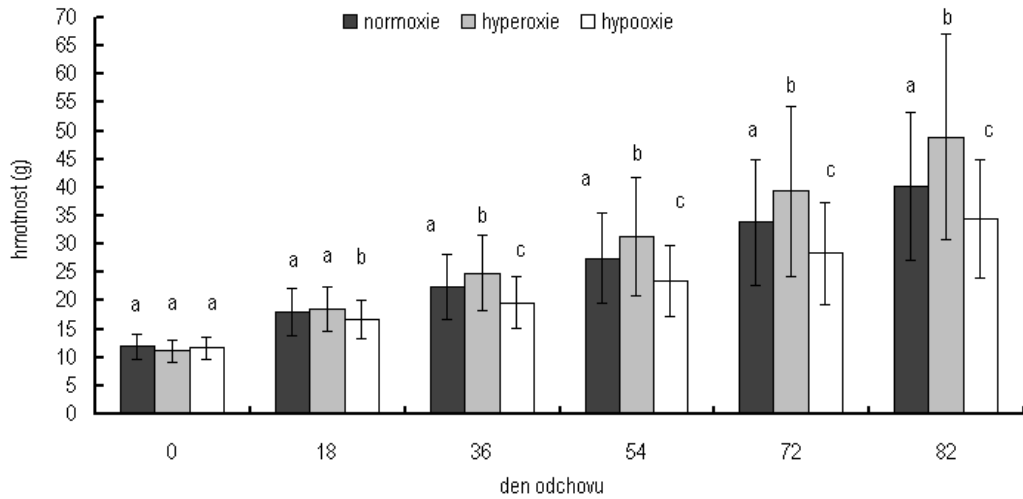
Obr. č.24. Individuální průměrný příjem krmiva vyjádřený v gramech na kus. Data jsou prezentována jako průměr $\pm$ S.D. Sloupce označené stejnými indexy se statisticky neliší.

### 5.3 Růst candátů v průběhu pokusu

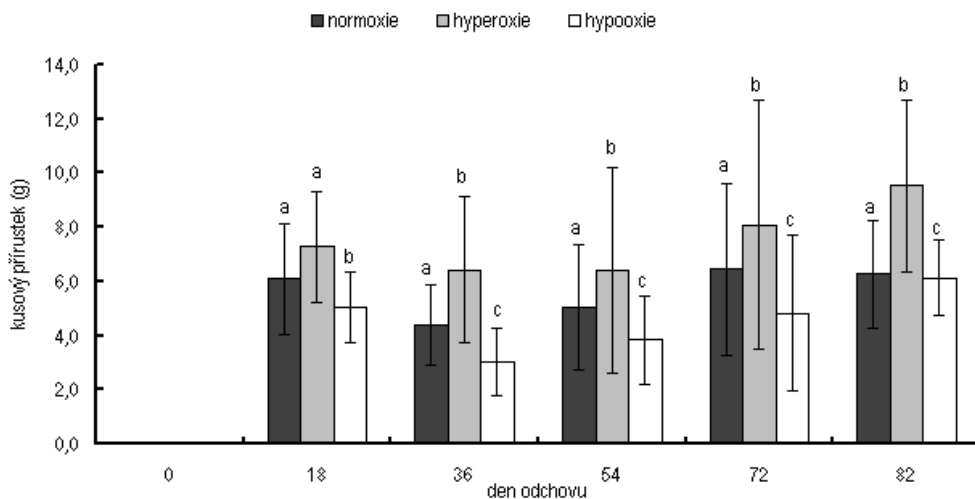
Růst candáta je vyjádřen hmotnostně v gramech (Obr. č.25). Na začátku pokusu byly nasazeny podobně rozrostlé ryby o kusové hmotnosti cca 11,5 g. Po 18 dnech se hmotnost navýšila, ale rozdíl mezi skupinami nebyl výrazný. Po 36 dnech se poprvé objevil signifikantní (ANOVA, Tukey test,  $p < 0,05$ ) hmotnostní rozdíl mezi skupinami. Na konci pokusu byl patrný hmotnostní i statistický rozdíl mezi skupinami. Normoxie dosáhla hodnoty  $40,2 \pm 13,1$  g, hyperoxie  $48,9 \pm 18,2$  g a hypoxie  $34,5 \pm 10,5$  g.



Statistický rozdíl byl sledován již ve 36 dnu a byl pozorován až dokonce experimentu. V grafu (Obr. č.26) je znázorněn kusový přírůstek v gramech za jednotlivé období. V průměru se za jednotlivé období pohyboval kusový přírůstek ryb v normoxie  $4,7 \pm 2,0$  g, hyperoxie  $6,3 \pm 3,2$  g a hypoxie  $3,8 \pm 1,4$  g.



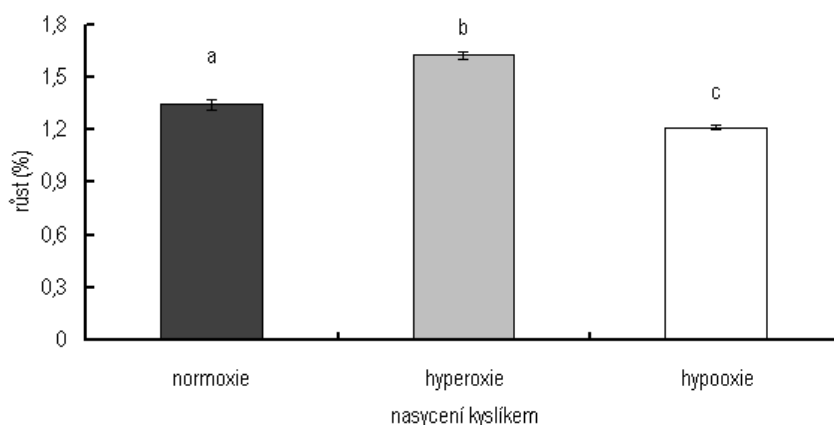
Obr. č.25. Individuální hmotnostní růst candátů chovaných v podmínkách různého nasycení vody kyslíkem. Data jsou prezentována jako průměr±S.D.. Sloupce označené stejnými indexy se statisticky neliší.



Obr. č.26. Individuální kusový přírůstek candátů chovaných v podmínkách různého nasycení vody kyslíkem. Data jsou prezentována jako průměr ±S.D. Sloupce označené stejnými indexy se statisticky neliší.

## 5.4 Produkční ukazatel specifická rychlost růstu

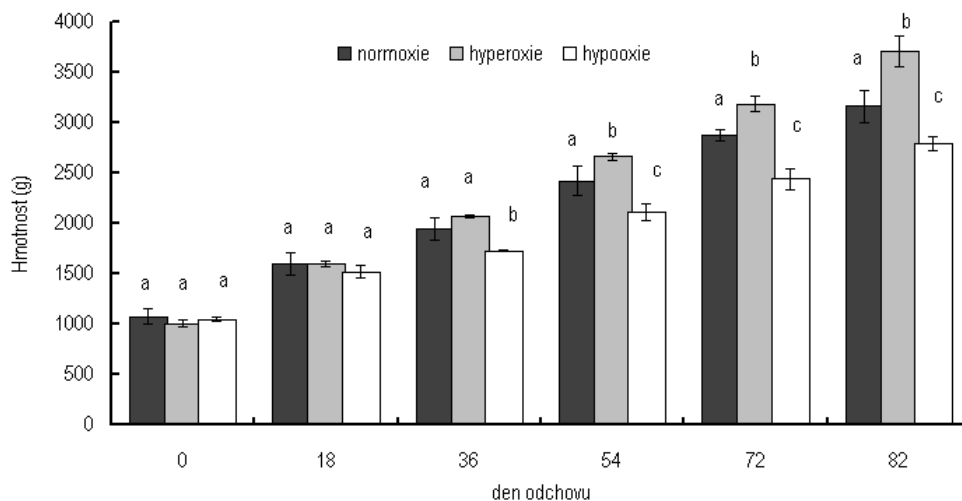
Rychlost růstu je udávána přírůstkem za den (Obr. č.27). Nejrychleji rostly ryby v hyperoxii  $1,6 \pm 0,02$  %, následovala normoxie  $1,3 \pm 0,02$  % a nejpomaleji rostly v hypoxii  $1,2 \pm 0,01$  %. Při statistickém srovnání byl potvrzen rozdíl rychlosti růstu. Rozdíl je statisticky významný na hladině (ANOVA, Tukey test,  $p < 0,05$ ).



Obr. č.27. Specifická rychlost růstu candátů chovaných v podmínkách různého nasycení vody kyslíkem. Data jsou prezentována jako průměr $\pm$ S.D. Sloupce označené stejnými indexy se statisticky neliší.

## 5.5 Průměrná celková biomasa

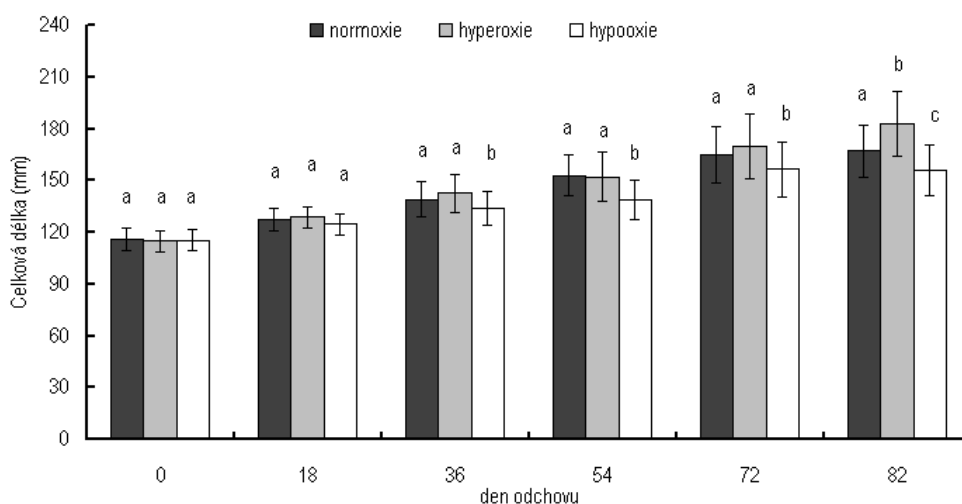
Biomasa nádrží stoupala úměrně s dobou odchovu (Obr. č.28). Jak již vyplývalo z průměrné kusové hmotnosti, největší biomasa se nacházela na konci pokusu ve skupině hyperoxie –  $3710 \pm 152$  g. Nejmenší v hypoxii –  $2787 \pm 71$  g. Rozdíl v biomase u skupin se objevil v 54 dnu odchovu. Tento rozdíl byl statisticky potvrzen (ANOVA, Tukey test,  $p < 0,05$ ) a byl zaznamenán při každém dalším přelovení až do konce experimentu.



Obr. č.28. Celková biomasa ryb z jednotlivých skupin chovaných v podmínkách různého nasycení vody kyslíkem. Data jsou prezentována jako průměr S.D. Sloupce označené stejnými indexy se statisticky neliší.

## 5.6 Celková délka těla

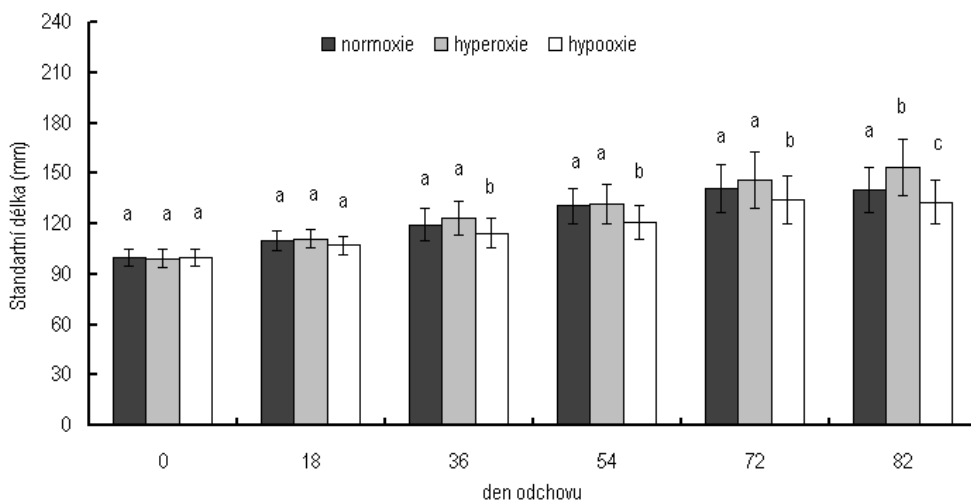
Na začátku experimentu měli candáti ve všech skupinách vyrovnanou délku cca  $115 \pm 6$  mm. Na konci v hyperoxii  $183 \pm 19$  mm, v normoxii  $167 \pm 15$  mm a v hypoxii  $156 \pm 14$  mm (Obr. č.29). U celkové délky těla ryb byla pozorována deformace ocasní ploutve, která byla zkrácená. Výrazně byl zkrácený spodní lalok ploutve. Statistické porovnání (ANOVA, Tukey test,  $p < 0,05$ ) prokázalo rozdíl celkové délky těla mezi skupinami až v 54 den přelovení. Tento rozdíl byl sledován od této doby po zbytek experimentu.



Obr. č.29. Celková délka candátů chovaných v podmínkách různého nasycení vody kyslíkem. Data jsou prezentována jako průměr±S.D. Sloupce označené stejnými indexy se statisticky neliší.

## 5.7 Standardní délka těla

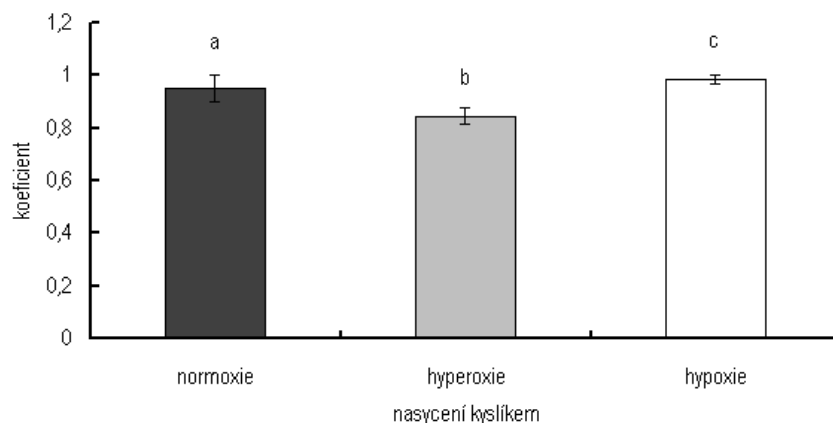
Na začátku měli candáti průměrnou délku měřenou ze všech skupin  $99,6 \pm 5$  mm. Na konci pokusu v hyperoxii měli velikost  $154 \pm 17$  mm, v normoxii  $140 \pm 13$  mm a v hypoxii  $130 \pm 13$  mm (Obr. č.30) Opět jako u celkové délky byl pozorován rozdíl v 54 dnu až do konce experimentu (ANOVA, Tukey test,  $p < 0,05$ ).



Obr. č.30. Standardní délka těla candátů chovaných v podmínkách různého nasycení vody kyslíkem. Data jsou prezentována jako průměr ±S.D. Sloupce označené stejnými indexy se statisticky neliší.

## 5.8 Produkční ukazatel konverze krmiva

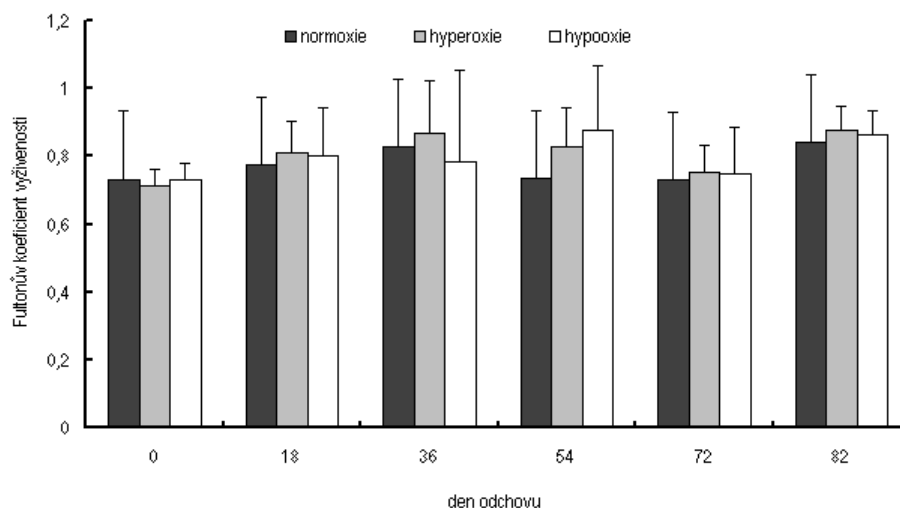
Nejlepší konverze krmiva byla zaznamenána ve skupině candátů chovaných v hyperoxii s koeficientem  $0,85 \pm 0,03$ . Nejvíce krmiva musely přijmout ryby ve skupině hypoxie s koeficientem  $0,99 \pm 0,01$ , aby dosáhly stejného přírůstku jako v hyperoxii. V normoxii byl koeficient  $0,95 \pm 0,05$  (Obr. č.31). Při statistickém porovnání s hladinou významnosti  $p < 0,05$  byl potvrzen rozdíl mezi skupinami (ANOVA, Tukey test,  $p < 0,05$ ).



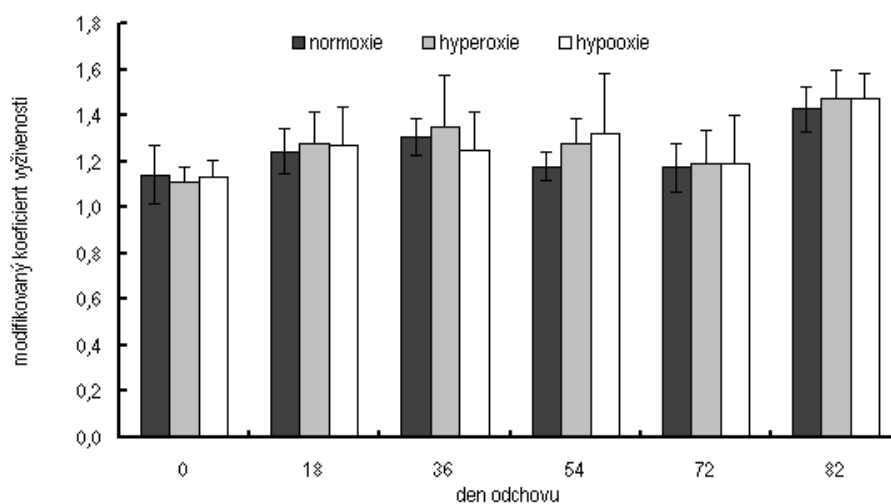
Obr. č.31. Konverze krmiva – využití krmiva u candátů chovaných v podmínkách různého nasycení vody kyslíkem. Data jsou prezentována jako průměr±S.D. Sloupce označené stejnými indexy se statisticky neliší.

### 5.9 Fultonův koeficient – koeficient vyživenosti ryb

Tento ukazatel udává kondici a vyživenost ryb v jednotlivých obdobích za celý experiment (Obr. č.32). U všech přelovení byl zjištěn mírně snížený koeficient kondice v hypoxii. Na konci pokusu se pohybovala vyživenost u jednotlivých skupin takto: normoxie  $0,84 \pm 0,06$ ; hyperoxie  $0,88 \pm 0,06$ ; hypoxie  $0,86 \pm 0,7$  a v průměru za celý pokus normoxie  $0,77 \pm 0,06$ ; hyperoxie  $0,81 \pm 0,09$ ; hypoxie  $0,80 \pm 0,14$ . Vzhledem k vysoké variabilitě nebyl prokázán vliv saturace kyslíkem na tento ukazatel. Tento výsledek byl podhodnocen z důsledku zkrácení celkové délky ryb a to poškozením ocasní ploutve. Proto byla použita modifikace Fultonova koeficientu vypočtená ze standardní délky. Koeficient modifikované kondice ryb se průměrně pohyboval za celý pokus normoxie  $1,24 \pm 0,10$ ; hyperoxie  $1,28 \pm 0,11$ ; hypoxie  $1,27 \pm 10$  (Obr. č.33). Statistické rozdíly mezi skupinami nebyly prokázány.



Obr. č.32. Koeficient vyživenosti ryb u candátů chovaných v podmínkách různého nasycení vody kyslíkem. Data jsou prezentována jako průměr ±S.D.



Obr. č.33. Modifikovaný koeficient vyživenosti u candátů chovaných v podmínkách různého nasycení vody kyslíkem. Data jsou prezentována jako průměr±S.D.

## 6 Diskuze

Pokus byl zaměřen na vliv nasycení vody kyslíkem u candáta obecného. Hladina rozpuštěného kyslíku ve vodě může působit na ryby jak pozitivně tak i negativně. V našem případě byly sledovány 3 saturace kyslíku (85-95 %; 145-155 %; 55-65 %) na přežití, růst, příjem krmiva a kondici u candáta obecného. Podobný pokus nebyl na candátovi doposud publikován v žádné literatuře. Experimenty s různou saturací vody kyslíkem se prováděly pouze u některých komerčně využívaných druhů ryb chovaných v řízené akvakultuře, jako je např. losos obecný, pstruh duhový, mořský okoun atd.

Přežití u ryb pozvolna klesalo a na konci experimentu dosáhlo kolem 94 – 96 %. Rozdíl mezi sledovanými skupinami nebyl statisticky průkazný. Proto lze konstatovat, že saturace kyslíku v testovaném rozsahu (55 – 155% nasycení) nemá vliv na přežití. U mořského okouna (Pichavant a kol., 2001), u kambaly velké (Person-Le Ruyet a kol., 2002) a u lososa (Hosfeld a kol., 2008) rovněž nebyly sledovány výrazné rozdíly v přežití ryb chovaných v hyperoxii či hypoxii. Čítek a kol. (1997) uvádí negativní vliv kyslíku na přežití při spodní hranici saturace pod 40 % mg/l O<sub>2</sub>, kdy dochází k dušení až úhynu ryb. Horní letální hranice působení kyslíku udává Svobodová a kol. (2000), kdy dochází při nasycení 250 – 300 % k nekróze žaber a úhynu ryb.

Krmení bylo podáváno *ad-libitním* množstvím v několika denních intervalech. Ryby se krmily do zjevného nasycení, kdy přestaly přijímat předkládané granule. U některých ryb byla pozorována absence oka, ke které zřejmě došlo při atakování příjmu krmiva. Hendikepované ryby zaostávaly v růstu díky ztíženému příjmu krmiva. Z výsledku byl zřejmý lepší příjem krmiva u hyperoxie. Zde měly ryby průměrnou denní spotřebu krmiva kolem 30,1 g. Nejhůře přijímaly krmivo ryby v hypoxii, kdy ryby spotřebovaly průměrně za den 22,6 g granulí. Thetmeyer a kol. (1999) na pokusu s mořským okounem zjistili výrazný vliv snížení příjmu krmiva a tím i snížení růstu. Pichavant a kol. (2001) sledovali rovněž nechutenství kambaly v hypoxickém prostředí. Foss a kol. (2002) potvrzují předchozí výsledky o sníženém příjmu krmiva i u mořského vlka. Vliv hyperoxie na příjem krmiva nebyl ve zmíněné literatuře statisticky prokázán. Zatímco v této práci byl viditelný vyšší příjem krmiva.

Kusový hmotnostní růst u rozrostlého candáta 11,5 g dosáhl hodnot na konci experimentu u normoxie 40,2 g, hyperoxie 48,9 g a hypoxie 34,5 g. Tím se potvrdil pozitivní vliv zvýšeného nasycení vody kyslíkem na růst ryb. Naopak v hypoxickém

prostředí bylo pozorováno zjevné zaostání v růstu, což mohlo zapříčinit snížení příjmu potravy. Rovněž Thorarensen a kol. (2010) pozorovali u halibuta zlepšení růstu při hyperoxii, ale pro chov doporučili koncentraci na úrovni 80 – 100 %. Také Hosfeld a kol. (2008) prokázali pozitivní působení hyperoxie na růst, při saturaci vody 120 %, kterou doporučili pro chov lososa obecného. Remen a kol. (2008) zaznamenal pozitivní účinek hyperoxie na růst tresky obecné a snížení toxicity amoniaku vznikajícího metabolismem dusíku u ryb. Exponenciální extrapolací dat z našeho experimentu lze matematicky odvodit, že námi chovaní candáti by tržní hmotnosti 1000g dosáhli 180 dní po ukončení pokus. Candáti chovaní v normoxii by stejné hmotnosti dosáhli za 234 dní a ryby z hypoxie za 288 dní. Prakticky jsou však tyto údaje pouze orientační a další ověření růstu větších ryb v různých kyslíkových poměrech je žádoucí.

Při použití ukazatele specifické rychlosti růstu byl v našem případě zjištěn rychlejší růst u hyperoxie 1,6 % za den. Nejpomaleji rostly ryby v hypoxii, kdy rychlost růstu byla kolem 1,2 %. Statisticky byly potvrzeny rozdíly mezi jednotlivými. Thetmeyer a kol. (1999) zaznamenali v hypoxii o 24 % pomalejší růst než v normoxii. Rychlejší růst byl zaznamenán i v experimentu s lososem, kdy v hyperoxii měly ryby lepší růst než v ostatních skupinách (Hosfeld a kol. 2008).

Konverze krmiva pro candáty měla nejvyšší koeficient v hypoxii 0,99 a nejnižší v hyperoxii 0,85. Tyto výsledky potvrzují lepší využití potravy v nádrži s vyšší koncentrací kyslíku. Thorarensen a kol. (2010) ve své práci udávají, že koncentrace kyslíku významně ovlivnila růst ryb, zatímco konverze krmiva se nijak výrazně nelišila. U mořského okouna zaznamenal Thetmeyer a kol. (1999) menší citlivost při mírné hypoxii na konverze krmiva než na příjem a růst ryb.

Fultonův koeficient vyživenosti byl v průběhu našeho experimentu nižší. Hodnoty koeficientu byly na konci pozorování v rozmezí 0,84 – 0,88. V práci Beránek a kol. (2006), kteří popisují odchov násadového candáta obecného v intenzivních podmínkách, byl Fultonův koeficient  $1,23 \pm 0,12$ . Nižší výsledek vyživenosti v této práci mohl být způsoben deformací ocasní ploutve. Toto zkrácení se neprojevilo u všech ryb, ale ovlivnilo výpočet Fultonova koeficientu. Proto se použil modifikovaný Fultonův vzorec počítaný ze standardní délky, který eliminoval hendikep deformovaných ryb. Po této úpravě se projevila kondice ryb vyjádřena koeficient takto normoxie 1,24; hyperoxie 1,28; hypoxie 1,27. Proto by se dalo konstatovat, že ryby měly dobrou kondici a stav. Thetmeyer a kol. (1999) udává na konci experimentu kondiční stav mořského okouna



v různé saturaci vody následovný: hypoxie - 1,01; normoxii – 1,06 a v oscilující saturaci vody (40 – 86 %) – 1,06. Statistický rozdíl nebyl mezi skupinami významný.

Celková délka u pozorovaných ryb se v průběhu pokusu kontinuálně zvyšovala. Na začátku pokusu se nasadili podobně rozrostlí candáti s délkou okolo 115,4 mm. Na konci sledovaného období dosahovala nejvyšších hodnot v hyperoxii, kdy celková délka těla byla 183 mm, nejnižší délka těla byla v hypoxii 156 mm na konci pokusu. Také byla pozorována u ryb deformace ocasní ploutve, kdy spodní lalok byl výrazně zkrácený. Příčinou mohl být chov v malých nádržích, kdy příjem krmiva docházel u dna nádrže.

## 7 Závěr

Abiotické vlivy a chemické vlastnosti vody jsou zkoumány pro optimalizaci chovu ryb v intenzivních podmínkách. Cílem této práce byla studie různého nasycení vody kyslíkem. Kyslík patří mezi základní abiotické vlastnosti vody. Je na něm závislá převážná většina organismů a biochemických procesů. Různé druhy ryb však mají odlišné nároky na kyslík. Kyslík limituje nejen život ryb ve vodě, ale i jejich kondiční a zdravotní stav, příjem krmiva, rychlost růstu a welfare ryb.

Z výsledků práce je zřejmé, že zvýšení nasycení vody kyslíkem podporuje příjem krmiva, konverzi krmiva a také rychlost růstu kondiční i zdravotní stav. Pokud saturace nedosahuje extrémních hodnot, nebyl zjištěn výrazný vliv na přežití. Pro srovnání byla testována normoxie, která měla hodnoty kolem 80 %, jako v dobře fungujícím vodním prostředí. Naproti těmto nasycením byla testovaná i nižší koncentrace kyslíku. Zde se projevil negativní vliv kyslíku zejména na příjem krmiva, růst a konverzi krmiva. Dále zde bylo pozorováno chování u ryb, které se shromažďovaly u přítoku nádrže a jevily menší aktivitu.

Tyto výsledky by měly napomoci pro rozšíření a poznání abiotických vlivů působících na produkční ukazatele u ryb, konkrétně u candáta obecného. Poznáním nároků candáta obecného na kvalitu vody a pozdějším vylepšením chovných podmínek v řízené akvakultuře, se dokáže maximalizovat produkce candáta všech věkových kategorií. Pro praktické využití je však nutno kalkulovat s cenou dodávaného kapalného kyslíku, či s investičními náklady na pořízení zařízení destilující kyslík z okolního vzduchu.

Dalším směrem budoucího aplikovaného výzkumu v této oblasti je testování vlivu u mladších i starších kategorií ryb než v prezentované práci a použití extrémnějších hodnot nasycení vody kyslíkem (až 200%) a jejich vliv na produkční (růst, konverze krmiva, kondice ryb) a fyziologické (hematokrit, počet červených krvinek, pH krve) funkce candáta.

## 8 Použitá literatura

- Ang, K. P., Petrell, R. J. (1997). Control of feed dispensation in seacages using underwater video monitoring: effects on growth and food conversion. *Aquaculture Engineering*, 16, 45-62.
- Balik, Ü., Çubuk, H., Kardeş, B., Özkök, R., Uysal, R., Alp, A. (2006). Food and Feeding Habits of the Pikeperch, (*Sander lucioperca*) (Linnaeus, 1758), Population from Lake Eğirdir (Turkey). *Turk J Zool*, 30,19-26.
- Baruš, V., Oliva, O. (1995a). Mihulovci a ryby, 1. Díl. *Academia Praha*, 623.
- Baruš, V., Oliva, O. (1995b). Mihulovci a ryby 2. *Academia., Praha*. 395-413.
- Bastl, I. (1978). Raný vývoj zubáča obyčajného (*Sander lucioperca*) v podmienkach Oravskej údolnej nádrže. *Biol. Práce SAV*, 24(3), 99-181.
- Bártů, V., Kopp, R. (2004). Exkrece amoniaku u plůdka kapra (*Cyprinus carpio L.*) ve vztahu k různé úrovni proteinu v krmivu. *Sbírka referátů s mezinárodní účastí* (Brno 30. Listopadu a 1. Prosince 2004) *ÚRH MZLU v Brně*, 114-118.
- Beránek, V., Mareš, J., Prokeš M., Jirásek, J., Spurný, P. (2005a): Možnosti odchovu plůdka candáta obecného (*Sander lucioperca*) v kontrolních podmínkách – krátký přehled. *Bulletin VÚHR Vodňany*. sv. 41, č. 3, 128-124.
- Beránek, V., Mareš, J., Prokeš, M., Jirásek, J., Spurný, P. (2005b). Odchov larev candáta obecného (*Sander lucioperca*) v kontrolovaných podmínkách. 1.vyd. Brno: *Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Oddělení rybářství a hydrobiologie*, 226-227.
- Beránek, V., Mareš, J., Jirásek, J., Spurný, P., Čileček, M., Brabec, T., Dvořák, J. (2006). Problematika odchovu a výživy násadového materiálu candáta obecného (*Sander lucioperca*) v kontrolovaných podmínkách intenzivní akvakultury. *Ediční středisko MZLU v Brně*, s. 41. ISBN 80-7157-999-8.
- Beránek, V., Mareš, J., Prokeš M., Jirásek, J., Spurný, P. (2007). The effect of application of semimoist feeding mixture when converting the advaced fry of zander (*Sander lucioperca*) to intensit culture conditions. *Acta univ. Agric. Et silvic. Mendel. Brun.*, LV, NO. 1, 17-24 s.
- Blinka, T. (2011). Potravní adaptabilita pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) na podmínky přírodního toku. *Bakalářská práce. JU FROV České Budějovice*.
- Bokor, Z., Müller, T., Bercsényi, M., Horváth, L., Urbányi, B., Horváth, A. (2007). Cryopreservation of sperm of two European percid species, the pikeperch (*Sander lucioperca*) and the Volga pikeperch (*S. volgensis*). *Acta Biol Hung*, 58(2), 199-207.
- Brožová, M. (2005). Ryby - situační výhledová zpráva. Mze-České republiky, 50.
- Clark-Kolaks, S. (2009). Distribution and movement of walleye (*Sandervitreus*) in monroe resevoir, Indiana 2008 and 2009. *Indiana Department of Natural Resources*, 4-10.

- Covés, D., Gasset, E., Lemarié, G., Dutto, G. (1998). A simple way for avoiding feed wastage in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) under self-feeding conditions. *Aquatic Living Resources*, 11, 395-401.
- Čítek, J., Krupauer, V., Kubů, F. (1998). Rybníkářství. vydání 2. *Praha Informatorium*, 123-126.
- Čítek, J., Svobodová, Z., Teserčík, J. (1997). Nemoci sladkovodních a akvariálních ryb. vydání 2. *Informatorium Praha*, 218.
- Dubents, H. (1954). Feeding habits of the largemouth bass as revealed by a gastroscope. *The Progressive Fish-Culturist*, 16, 134-136.
- Dubský, K. (1998). Základy chovu vedlejších druhů ryb. *Institut výchovy a vzdělání ministerstva České republiky Praha*, 9-12.
- Dubský, K., Kouřil, J., Šrámek, V. (2003). Obecné rybářství. *Informatorium Praha*, 308s.
- Dvořák, J. (2007). Porovnání produkční účinnosti krmiv s diferenciovanou úrovní živin a energie v chovu ročka candáta obecného (*Sander lucioperca*). Bakalářská práce, MZLU Brno.
- Dvořák, J., Kalenda, V., Beránek, V., Mareš, J. (2008). Vliv zbarvení diety na úspěšnost převodu rychleného plůdku candáta obecného (*Sander lucioperca*). Sborník referátů konference s mezinárodní účastí. *Oddělení rybářství a hydrobiologie MZLU v Brně*, 57-61.
- Dyk, V. (1956). Potravní základna v pstruhových vodách. Sb. ČSAZV – Živoč.výroba, 29 (12), 985 -990.
- Foss, A., Evensen, T.H., Øiestad, V. (2002). Effects of hypoxia and hyperoxia on growth and food conversion efficiency in the spotted wolffish *Anarhichas minor* (Olafsen). *Aquaculture*, 33, 437-444.
- Hamáčková, J., Sedova, M. A., Pjanova, S. V., Lepičová, A., (2001). The effect of 2 - Pheoxyethanol, clove oil and Propiscin anaesthetics on perch (*Perca fluviatilis*) in relation to water temperature. *Czech Journal of Animal Science* 46, 469-473.
- Hanel, L., Lusk, S. (2005). Ryby a mihule České republiky – Rozšíření a ochrana. *Český svaz ochránců přírody Vlašim*, 41-352 s. ISBN: 80-86327-49-3.
- Holčík, J., Mihálek, J. (1971). Sladkovodní ryby. vydání 1. *Praha Artia*, 133.
- Hosfeld, C. D., Engevik, A., Mollan, T., Lunde, T. M., Waagbø, R., Olsen, A.B., Breck, O., Stefansson, S., Fivelstad, S. (2008). Long-term separate and combined effects of environmental hypercapnia and hyperoxia in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) smolts. *Aquaculture*, 280, 146-153.
- Houlihan, D., Boujard, T., Jobling M. (2011). Food intake in fish. *Blackwell Science Ltd. Osney Mead, Oxford OX2 0EL*, 67-74. ISBN: 0-632-05576-6.
- Jirásek, J., Adámek, Z., PHA, N. (1977). Vliv různé potravy na spotřebu kyslíku a kapřího plůdku. In: *Živočišná výroba*, 22, (11), 833-838.

- Jirásek, J., Mareš, J. (2005). Nutriční aspekty odchovu plůdku dravých druhů ryb. *BULLETIN VÚRH Vodňany* 41, 3/2005, pp. 107-113.
- Kalenda, V. (2007). Počáteční odchov raných stádií Candáta obecného (*Sander lucioperca*) v kontrolních podmínkách s použitím různé strategie krmení. Bakalářská práce, MZLU Brno.
- Klimeš, J., Kouřil, J. (2003). Odchov rychleného plůdku a ročního candáta obecného (*Sander lucioperca*) v rybnících. *BULLETIN VÚRH JU Vodňany*, 39, 43-158 s.
- Kljaštorin, L. B. (1982). Vodnoje dychanije i kislородnyje potrebnosti ryb. Moskva, Izd. Legkaja i piščevaja prom., 167 pp.
- Kouřil, J., Hamáčková, J. (2005). Metody poloumělé a umělé reprodukce candáta obecného (*Sander lucioperca*) a odchov jeho plůdku v rybnících. *BULLETIN VÚRH Vodňany*, 41(3), 122-127.
- Kouřil, J., Hamáčková, J., Lepič P., Mareš J. (2002). Poloumělý a umělý výtěr okouna říčního a odchov jeho raného plůdku. *Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický Jihočeská univerzita - Vodňany*.
- Kouřil, J., Hamáčková, J., Stejskal, V. (2008). Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. Edice Metodik (technologická řada) č. 87, *VÚRH JU Vodňany*, 40.
- Kowalska, A., Demska-Zakeš, K., Zakeš Z. (2003). Krytyczne okresy w intensywnym podchowcie larw sandacza, (*Sander lucioperca L.*). In: Zakeš et al. (eds), Ryby drapieżne rozród, podchów, profilaktyka. Wydawnictwo IRS, Olsztyn 2003, pp. 43-50.
- Kroupová, H., Máchová, J., Svobodová, Z., 2005. Nitrite influence on fish – a review. *Veterinary Medicine – Czech* 50, 461-471.
- Landless, P. J. (1976). Demand feeding behaviour of rainbow trout. *Aquaculture*, 7, 11-25.
- Lappalainen, J., Dörner, H., Wysujack, K. (2003). Reproduction biology of pikeperch (*Sander lucioperca L.*) a review. *Ecology of Freshwatr Fish* 12, 95-106.
- Lucký, Z. (1986). Péče o zdraví a prevence chorob ryb. vydání 1. *Praha Ministerstvo zemědělství a výživy ČSR ve spolupráci s ÚV ČRS*, 1986. 188.
- Luchiari, A. C., Freire, F. A. D., Koskela, J., Pirhonen, J. (2006). Light intensity preference of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca L.*). *Aquaculture Research*, 37, 1572-1577.
- Lusk, S., Heteša, J., Hochman, L., Král, K. (1983). Účelové rybí obsádky v údolních nádržích. *Hydroprojekt Brno, Vývoj* č. 6, 110 pp.
- Mélar, C., Kestemont, P., Grignard, J. C. (1996). Intensive culture of juvenile and adult Eurasian perch (*Perca fluviatilis*): Effect of major biotic and abiotic factors on growth. *Journal of Applied Ichthyology* 12, 175-180.
- Molnár, T., Hancz, Cs., Molnár, M., Horn, P. (2004). The effects of diet and stocking density on the growth and behaviour of pond pro-reared pikeperch under intensit conditions. *J. Appl. Ichthyol.* 20, 105 - 109.

- Müller-Belecke, A., Zienert, S., (2008). Out-of-season spawning of pike perch (*Sander lucioperca* L.) without the need for hormonal treatments. *Aquaculture Research*, 39, 1279-1285.
- Musil, J., Kouřil, J. (2006). Řízená reprodukce candáta obecného a odchov jeho plůdku v rybnících. Edice Metodik (Technologická řada), *VÚRH JU Vodňany*, 16.
- Nagel, T. O. (1976) Intensive culture of fingerlings walleyes on formulated Leeds. *Progres.Fish-Culture*, 90-91.
- Person-Le Ruyet, J., Pichavant, K., Vacher, C., Le Bayon, N., Se've're, A., Boeuf G. (2002). Effects of O<sub>2</sub> supersaturation on metabolism and growth in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture*, 373-383.
- Pichavant, K., Person-Le-Ruyet, J., Le Bayon, N., Severe, A., Le Roux A., Boeuf, G. (2001). Comparative effects of long-term hypoxia on growth, feeding and oxygen consumption in juvenile turbot and European sea bass. *Journal of Fish Biology*, 59, 875-883.
- Pitter, B. (1990). Hydrochemie. vydání 2. *Nakladatelství technické literatury Praha*, 565.
- Pokorný, J., Adámek, Z., Šrámek, V., Dvořák, J. (2003). Pstruhařství. *Informatorium*, 71. ISBN 80-7333 – 022-9.
- Polícar, T., Toner, D., Alavi, S.M.H., Linhart, O. (2008). Reproduction and Spawning. In: Rougeot, C., Toner, D., (Eds) Farming of Eurasian Perch, *Special publication BIM 24, Dublin, Ireland*, 22-29.
- Remen, M., Imsland A.K., Stefansson, S.O., Jonassen T.M., Foss A. (2008). Interactive effects of ammonia and oxygen on growth and physiological status of juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture*, 274, 292–299.
- Stejskal, V., Kouril, J., Valentova, O., Hamackova, J., Polícar, T., (2009). Size-related oxygen consumption and ammonia excretion of Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) reared in a recirculating system. *Aquaculture Research*, 41, 135-142.
- Stejskal, V., Polícar, T., Bláha, M., Křišťan, J. (2010). Produkce tržního okouna říčního (*Perca fluviatilis*) kombinací rybničního a intenzivního chovu. Edice Metodik, FROV JU, *Ověřená technologie*, č. 105, 27.
- Svobodová, Z., Máchová J., a kolektiv (2000). Ekotoxikologie-praktická cvičení část II.: diagnostika havarijních úhynů ryb a dalších vodních organizmů. Vydání 1. Brno: *Ediční středisko Veterinární a farmaceutické univerzity Brno*, 2000, 134. ISBN 80-85114-89-5.
- Szkudlarek, M. (2003). Obiecujace wyniki podchowu larw sandacza w obiegach zamknietych. In: Zakeš et al. (eds.), *Ryby drapieżne rozród, podchow, profilaktyka. Wydawnictwo IRS, Olsztyn*, pp. 35-42.
- Szkudlarek, M., Zakes, Z. (2002). The effect of stock density on the effectiveness of rearing pikeperch (*Sander lucioperca* L.) summer fry. *Archives of Polish Fisheries*, 10, 115-119.

- Tölg, T. (1984). Pike-perch culture. (in Horváth L. et al., Special methods in pond fish husbandry). *Budapest Akadémiai Kiadó*, 124-146.
- Thetmeyer, H., Waller, U., Black, K.D., Inselmann, S., Rosenthal, H. (1999). Growth of European sea bass (*Dicentrarchus labrax L.*) under hypoxic and oscillating oxygen conditions. *Aquaculture*, 174, 355-367.
- Thorarensen, H., Gústavsson, A., Mallya, Y., Gunnarsson, S., Árnason, J., Arnarson, I., Jónsson, A. F., Smáradóttir, H., Zoega, G. T., Imsland, A.K. (2010). The effect of oxygen saturation on the growth and feed conversion of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus L.*). *Aquaculture*, 309, 96-102.
- Unprasert, P., Taylor, J. B., Robinette, H. R. (1999). Competitive feeding interactions between small and large channel catfish cultured in mixed-size populations. *North American Journal of Aquaculture*, 61, 336-339.
- Volf, F. (1928). Biologie a hospodářský význam candáta obecného. *Zpráva výzkumného ústavů zemědělských, Praha*, 35, 68 pp.
- Wang, N., Xu, X., Kestemont, P., (2009). Effect of temperature and feeding frequency on growth performances, feed efficiency and body composition of pikeperch juveniles (*Sander lucioperca*). *Aquaculture Volume 289, Issues 1–2, 3*, 70–73.
- Zakes, Z. (1999). The effect of body size and water temperature on the results of intensit rearing of pikeperch (*Sander lucioperca L.*) fry under controlled conditions. *Archives of Polish Fisheries* 7, 187-199.
- Zehnálek, J. (2009). Odchov plůdku a násadového materiálu candáta obecného (*Sander lucioperca L.*) v kontrolovaných podmínkách. *Bakalářská práce, MZLU Brno*.

### **Webové stránky**

- www.blatenskaryba.cz: *Blatenská ryba s.r.o.: Zdravá strava z čistých vod* [online]. 2005 – 2009 [cit. 2012-04-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.blatenskaryba.cz/ziveryby.php>>.
- www.fao.org: Food and Agriculture Organization of the United Nations: Fisheries and Aquaculture Department [online]. 2012 [cit. 2012-04-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.fao.org/fishery/species/3098/en>>.
- www.fishmarket.cz: Fish market a.s. [online]. 2011 [cit. 2012-04-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.fishmarket.cz/ryby-prodej>>.
- www.rybarizatec.cz: Rybáři Žatec: Informační portál MO ČSR Žatec [online]. 2006 – 2012 [cit. 2012-04-07]. Dostupné z WWW: <[http://www.rybarizatec.cz/page/biologie/dychaci\\_ustroji.php](http://www.rybarizatec.cz/page/biologie/dychaci_ustroji.php)>.

## Souhrn

Diplomová práce se zabývá problematikou chovu candáta obecného v řízených podmínkách a zkoumá optimální podmínky prostředí pro jeho dobrý růst a přežití. Cílem této práce bylo zjistit vliv různého nasycení vody kyslíkem na přežití, růst, příjem, využití předkládaného krmiva a kondici candáta obecného.

Candáti (průměrná hmotnost 10,3 g; n=810) adaptovaní na příjem suchého krmiva byli umístěni na odchovné nádrže se stejným objemem a podmínkami prostředí. Krmivo bylo předkládáno v ad-libitním množství. Byly testovány tři různé saturace vody kyslíkem se třemi opakováními: normoxie s nasycením 85-95 % O<sub>2</sub>, hypoxie s nasycením 55-65 % O<sub>2</sub> a hyperoxie s nasycením 145-155 % O<sub>2</sub>. Pokus trval 82 dní a byl rozdělen do pěti období. Na konci každého období bylo provedeno biometrické měření ryb. K vyhodnocení výsledků byly použity ukazatele kumulativního přežití, hmotnostního růstu ryb, množství přijatého krmiva, specifické rychlosti růstu a koeficientu kondice.

Výsledky prokázaly pozitivní vliv hyperoxie na příjem krmiva a růst ryb. U hypoxie bylo sledováno zjevné zpomalení růstu. Za celý pokus byl průměrný kusový přírůstek u jednotlivých skupin ryb následující: normoxie 28,2 g, hyperoxie 37,7 g a hypoxie 22,9 g.

**Klíčová slova:** okounovití, metabolismus ryb, hyperoxie, hypoxie, normoxie, recirkulační systémy



## Summary

This diploma thesis is focused on culture of pikeperch under controlled conditions and tested the optimal environmental conditions for their good growth and survival. The aim of this work was to test the effect of different oxygen saturation on survival, growth, feed intake, feed conversion rate and condition of pikeperch

Pikeperch (mean body weight 10.3 g; n=810) habituated to artificial feed were placed in culture tank of the same volume of water and environmental conditions. Fish were fed ad-libitum. Three different oxygen saturations were tested in triplicate: normoxia with saturation of 85-95% O<sub>2</sub>, hypoxia with saturation of 55-65% O<sub>2</sub> and hyperoxia with saturation of 145-155% O<sub>2</sub>. The experiment lasted 82 days and was divided into five periods. Biometric measurements of fish were performed at the end of each period. Cumulative survival, fish growth, amount of received feed, specific growth rate and condition factor were used for evaluation of our results.

The results showed the positive effect of hyperoxia on feed intake and growth of fish. Slower growth was observed in hypoxia. The mean weight gain for the whole experiment was followed: normoxia 28.2 g, hyperoxia 37.7 g and hypoxia 22.9 g.

**Keywords:** percids, fish metabolism, hyperoxia, hypoxia, normoxia, recirculating systems