

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Fakulta rybářství a ochrany vod
Ústav akvakultury

Diplomová práce

Vliv teploty, velikosti a nakrmenosti ryb na spotřebu kyslíku a exkreci amoniaku u keříčkovce červenolemého (*Clarias gariepinus*)

Autor: Bc. Jana Komendová

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jan Kouřil, Ph.D.

Konzultant diplomové práce: Ing. Vlastimil Stejskal, Ph.D.

Studijní program a obor: Zootechnika N4103, Rybářství

Forma studia: Prezenční

Ročník: 2.

České Budějovice, 2011

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala 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:

Jana Komendová

Děkuji svému vedoucímu doc. Ing. Janu Kouřilovi, Ph.D. i konzultantovi Ing. Vlastimilovi Stejskalovi, Ph.D., za odborné vedení, které mně poskytli v průběhu zpracování diplomové práce. Mé poděkování patří také Bc. Šárce Svobodové za obětavou pomoc s textovými úpravami.

Experimenty realizované v rámci mé diplomové práce byly realizovány s podporou Jihočeského výzkumného centra akvakultury a biodiverzity hydrocenóz CENAKVA (CZ.1.05/2.1.00/01.0024) a výzkumného projektu KONTAKT ME 10126 Enviromentálně a hormonálně indukovaná reprodukce, anestézie, raný ontogenetický vývoj a odchov vybraných ohrožených a hospodářsky významných druhů ryb.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta rybářství a ochrany vod
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jana KOMENDOVÁ**

Osobní číslo: **V09N006P**

Studijní program: **N4103 Zootechnika**

Studijní obor: **Rybářství**

Název tématu: **Vliv teploty, velikosti a nakrmenosti ryb na spotřebu
kyslíku a exkreci amoniaku u keříčkovce červenolemého
(*Clarias gariepinus*)**

Zadávací katedra: **Ústav akvakultury**

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

Cílem práce je formulovat výši spotřeby kyslíku obsaženého ve vodě a exkreci celkového amoniakálního dusíku, včetně průběhu denních změn v závislosti na teplotě vody a velikosti ryb, jak přijímajících potravu, tak ryb vylučných. Uvedené parametry jsou důležité pro rozvoj intenzivního chovu keříčkovce červenolemého (sumečka afrického) v recirkulačních systémech, s ohledem na úpravu a čištění vody (konstrukci biologických filtrů, intenzitu aerace, resp. oxygenace). Provedení sledování se předpokládá u minimálně 6 velikostních kategoriích ryb (v rozpětí průměrné individuální hmotnosti 0,05 - 2,5 kg), při 4 teplotách vody (v rozpětí 22,5 - 30 °C). Sledování při jednotlivých teplotách bude probíhat po předchozí teplotní adaptaci a odpovídajícím příjmu krmiva. Jednotlivé hmotnostní kategorie ryb budou umístěny v samostatných akváriích, jež budou součástí společného recirkulačního systému. Teplotní úprava vody bude probíhat v retenčních nádržích umístěných nad nádržemi odchovnými. V retenčních nádržích byla voda rovněž intenzivně provzdušňována. Měření bude probíhat ve dvou 1 denních cyklech, s přestávkou 1 dne. V prvním cyklu bude při krmení ryb probíhat měření, následující druhý den nebudou ryby krmeny (měření nebude probíhat), třetí den, kdy bude probíhat opětovné měření, ryby nebudou rovněž krmeny. Vzorkování bude prováděno ve 2h intervalech. V průběhu sledování bude sledován průběh hodnot vybraných fyzikálně-chemických parametrů vody. Po ukončení sledování bude provedeno vylovení obsádek a zjištění individuální a celkové hmotnosti biomasy ryb v jednotlivých akváriích. Obsah kyslíku a hodnota pH budou měřeny pomocí ručních přístrojů (oximetru a pH-metru). Měření obsahu amoniaku bude prováděno spektrofotometricky s využitím Nesslerovy metody. Současně bude prováděno i měření intenzity přítoku vody do jednotlivých akvárií. Pro výpočet spotřeby kyslíku a exkrece amoniaku bude využito rozdílu mezi naměřenými parametry v přítokové a odtokové vodě a rychlosti výměny vody v akváriích. Krmení ryb bude probíhat 4 krát denně v průběhu 12 h v obvyklých dávkách. Hlavní testovanou hypotézou je závislost úrovně spotřeby kyslíku a exkrece amoniaku ryb uvedeného druhu na jejich velikosti, teplotě vody. Provedení experimentů bude předcházet zpracování literární rešerše na dané téma. Při zjišťování biometrických údajů bude s rybami manipulováno v anestezii při využití přípravku hřebíčkový olej. Sledování bude probíhat v akvariijní místnosti FROV JU v Českých Budějovicích. Diplomová práce je součástí řešení projektu KONTAKT (Environmentálně a hormonálně indukovaná reprodukce, anestézie, raný ontogenetický vývoj a odchov vybraných ohrožených a hospodářsky významných druhů ryb).

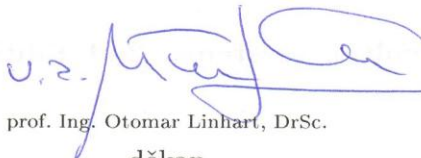
Příloha zadání diplomové práce

Seznam odborné literatury:

- Adamek, J. 2001. Sum afrikanski - Technologia chowu. Instytut Rybactwa Srodlandowego, Olsztyn, 50 s.
- Hamáčková, J., Kouřil, J., Kozák, P., Stupka, Z. 2006. Clove oil as an anaesthetic for different freshwater fish species. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 12: 185-194.
- Blancheton, J.-P., Eding, E.H., Husson, B. 2002. Recent developments in recirculation systems. In: Basurco, B., Sargolia, M. (eds.): *Seafarming today and tomorrow*. EAS, Spec. publ. No. 32, s. 3-9.
- Hamáčková, J., Kouřil, J., Masár J., Turanský, R. 2007. Technologie chovu keříčkovce jihoafrického - sumečka afrického (*Clarias gariapinus*). *VÚRH JU Vodňany, Edice Metodik (Technologická řada)*, č. 79, 22 s.
- Kolářová, J., Velíšek, J., Nepejchalová, L., Svobodová, Z., Kouřil, J., Hamáčková, J., Máchová, J., Piačková, V., Hajšlová, J., Holadová, K., Kocourek, V., Klimánková, E., Modrá, H., Dobšíková, R., Groch, L., Novotný, L. 2007. Anesthetika v rybářství. *Edice Metodik (Technologická řada)*, VÚRH JU Vodňany, č. 77, 19 s.
- Kouřil, J. 2006. Využití recirkulačních systémů s biologickým čištěním vody k intenzivnímu chovu ryb (krátký přehled). *Bull. VÚRH Vodňany*, 42(1): 33-37.
- Kouřil, J., Kujal, B. 2009. Využití recirkulačních systémů k intenzivnímu chovu ryb. *Vodohospodářský bulletin. Čs. Společnost vodohospodářská, České Budějovice*, s. 16-19.
- Kouřil, J., Hamáčková, J., Stejskal, V. 2008. Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. *Edice Metodik (technologická řada) č. 87*, VÚRH JU Vodňany, 40 s.
- Pruszyński, T., 2003. Effects of feeding on ammonium excretion and growth of the African catfish (*Clarias gariepinus*) fry. *Cz. J. Anim. Sci.*, 48 (3): 106-112.
- Stejskal, V., Kouřil, J., Valentová, O., Hamáčková, J., Policar, 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.
- Stupka Z., Bolha P., Kouřil J., Hamáčková, J., Lepič, P., Valentová, O. 2004. Předběžné výsledky růstu, konverze krmiva, spotřeby kyslíku a exkrece amoniaku u sivena amerického (*Salvelinus fontinalis*) při nízkých teplotách. In: Vykusová, B. (ed.): *Sb. VII. Česká ichtyologická konference*, VÚRH JU Vodňany, s. 239-244.
- Stupka, Z., Kouřil, J., Hamáčková, J., Valentová, O., Lepič, P. 2004. Účinnost biologických ponořených filtrů v málo zatíženém recirkulačním akvakulturním systému. In: Spurný, P. (ed.): *Sb. 55 let rybářské specializace na MZLU v Brně*, s. 140-146.
- Stupka, Z., Kouřil, J., Hamáčková, J., Valentová, O., Lepič, P. 2006. Vyhodnocení účinnosti biologické filtrace vody při zahájení provozu recirkulačního systému s chovem ryb. In: Vykusová, B. (ed.): *Sb. 12. konf. Toxicita a biodegradabilita odpadů a látek významných ve vodním prostředí*. Vodňany, VÚRH JU, s. 127-133.
- Timmons, M.B. et al. 2002. *Recirculating aquaculture systems*. 2nd Edition. NRAC Publication, 769 s.

Rozsah grafických prací: 15 - 20 grafů
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran textu
Forma zpracování diplomové práce: tištěná
Seznam odborné literatury: viz příloha

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jan Kouřil, Ph.D.**
Ústav akvakultury
Konzultant diplomové práce: **Ing. Vlastimil Stejskal, Ph.D.**
Ústav akvakultury
Datum zadání diplomové práce: **30. listopadu 2009**
Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2011**


prof. Ing. Otomar Linhart, 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

Ve Vodňanech dne 14. ledna 2010

Obsah

1. Úvod	10
2. Cíl práce.....	11
3. Literární přehled	12
3. 1. Taxonomické zařazení	12
3. 2. Biologické charakteristiky keříčkovce červenolemého (<i>Clarias gariepinus</i>)....	12
3. 2. 1. Popis	12
3. 2. 2. Výskyt	12
3. 2. 3. Potrava.....	13
3. 2. 4. Reprodukce.....	13
3. 3. Chov keříčkovce červenolemého	13
3. 3. 1. Historie chovu	13
3. 3. 2. Chov v recirkulačním systému	13
3. 3. 3. Umělý výtěr a odchov raných stádií.....	14
3. 4. Potravní nároky	15
3. 5. Chemismus vody.....	15
3. 5. 1. Kyslík	15
3. 5. 2. Amoniak	16
3. 6. Teplota.....	16
3. 7. Denní a noční aktivita	17
4. Metodika a materiál	18
4. 1. Chov ryb určených k pokusům	18
4. 2. Příprava ryb a recirkulačního systému k pokusu	19
4. 3. Průběh pokusu.....	19
4. 4. Vážení a rozdělení hmotnostních skupin	20
4. 5. Stanovení spotřeby kyslíku	21
4. 6. Stanovení exkrece amoniaku.....	21
5. Výsledky	24
5. 1. Spotřeba kyslíku.....	24
5. 1. 1. Diurnální průběh spotřeby kyslíku při různých teplotách	24
5. 1. 1. 1. Teplota 22 °C.....	24
5. 1. 1. 2. Teplota 25 °C.....	26
5. 1. 1. 3. Teplota 28 °C.....	28

5. 1. 1. 4. Teplota 30 °C.....	30
5. 1. 2. Rozdíl ve spotřebě kyslíku u krmených a nekrmených ryb	33
5. 1. 2. 1. Teplota 22 °C.....	33
5. 1. 2. 2. Teplota 25°C.....	33
5. 1. 2. 3. Teplota 28 °C.....	34
5. 1. 2. 4. Teplota 30 °C.....	34
5. 1. 3. Vliv hmotnosti ryb na spotřebu kyslíku	34
5. 1. 4. Vliv teploty na spotřebu kyslíku	36
5. 1. Exkrece amoniaku	36
5. 1. 1. Diurnální průběh exkrece amoniaku při různých teplotách	36
5. 1. 1. 1. Teplota 22 °C.....	36
5. 1. 1. 2. Teplota 25 °C.....	39
5. 1. 1. 3. Teplota 28 °C.....	41
5. 1. 1. 4. Teplota 30 °C.....	44
5. 1. 2. Rozdíl v exkreci amoniaku u krmených a nekrmených ryb	47
5. 1. 2. 1. Teplota 22 °C.....	47
5. 1. 2. 2. Teplota 25 °C.....	47
5. 1. 2. 2. Teplota 28 °C.....	48
5. 1. 2. 2. Teplota 30 °C.....	48
5. 1. 3. Vliv hmotnosti ryb na exkreci amoniaku	48
5. 1. 4. Vliv teploty na exkreci amoniaku	50
6. Diskuze	51
7. Závě	55
8. Přehled použité literatury	56
9. Seznam příloh	60
Přílohy	61
Abstrakt	87
Abstract	88

1. Úvod

V současné době, díky stále propracovanějším technologiím, se staly recirkulační systémy významným nástrojem intenzivní akvakultury. Možnost chovu ryb na malém prostoru, společně s malou potřebou přítokové vody, je stále více používána. S využitím moderních postupů u recirkulačních systémů, lze konstatovat, že se jedná o jeden z nejšetrnějších způsobů intenzivního chovu ryb vůči životnímu prostředí. Velikost počáteční investice, specifické biotické a abiotické podmínky vodního prostředí v recirkulačních systémech jsou aspekty, díky kterým není možné chovat v takovýchto zařízeních jakékoliv druhy ryb.

Keříčkovce červenolemý (*Clarias gariepinus*) patří mezi ryby, které jsou pro recirkulační systém vhodné, jak po stránce ekonomické, tak díky jeho velmi nízkým nárokům na chov a rychlému růstu. Schopnost přizpůsobení se nestandardním podmínkám, jako např. vysoké teplotě, vysoké koncentraci amoniaku, nízkému obsahu kyslíku, je u této ryby obdivuhodná. Díky těmto aspektům se tento druh ryby jevil pro pokusy jako ideální.

Tato práce si kladla za cíl zjištění spotřeby kyslíku a exkrece amoniaku u pokusných ryb. Právě obsah kyslíku a dusíkatých látek bývá často považován za limitující faktory pro chov v recirkulačním systému. Znalost těchto dvou parametrů je důležitá pro samotný technický návrh takovýchto chovných zařízení. Exkrece amoniaku a spotřeba kyslíku často také slouží k monitorování intenzity metabolismu. Je zde proto předpoklad značného vlivu trávení na tyto dva monitorované parametry. Ryby, až na určité výjimky, představují poikiloternní živočichy, jejichž metabolismus ovlivňuje podstatně teplota okolí. Z tohoto důvodu byly pokusy soustředěny do několika úrovní teplot vody, za účelem zjištění intenzity metabolismu keříčkovce červenolemého při různých podmínkách.

2. Cíl práce

Cílem práce bylo:

- Zjistit závislost spotřeby kyslíku na individuální hmotnosti.
- Formulovat závislost exkrece amoniaku na individuální hmotnosti.
- Pokusy prověřit závislost spotřeby kyslíku a exkrece amoniaku na teplotě.
- Zjistit vliv nakrmenosti ryb na exkreci amoniaku a spotřebu kyslíku.
- Popsat diurnální průběh spotřeby kyslíku a exkrece amoniaku

3. Literární přehled

3. 1. Taxonomické zařazení

Podle ITIS řadíme keříčkovce červenolemého (*Clarias gariepinus*) do taxonomického systému takto:

Třída: Paprskoploutví (*Actinopterygii*)

Řád: Sumci (*Siluriformes*)

Čeleď: Keříčkovcovití (*Clariidae*)

Keříčkovec červenolemý (*Clarias gariepinus*, Burchell 1822), patří do čeledi keříčkovcovití (*Clariidae*). Znaky této čeledi jsou úhořovitý tvar těla a široká hlava s příčně postavenými ústy, věnčenými čtyřmi páry vousků. Základy hřbetní a řitní ploutve jsou dlouhé, ocasní ploutev je oblá. Keříčkovcovití mají přídatné dýchací orgány, většinou tvořené dvěma slepými vaky vyběhajícími ze žaberní dutiny oboustranně pod páteří dozadu, nebo jedním dýchacím vakem ve tvaru květáku. Toto ústrojí jim umožňuje dýchat vzdušný kyslík a obývat i zcela zabahněné tůně. Jsou rozšířeny v Africe, na Madagaskaru, v jihovýchodní Asii, v Malajsii i na Filipínách (Frank, 2000). Jde o soumravné a noční druhy (Hanel, 2004).

3. 2. Biologické charakteristiky keříčkovce červenolemého (*Clarias gariepinus*)

3. 2. 1. Popis

Keříčkovec červenolemý (Obr. 1) má tělo bez šupin, torpédovitě protáhlé, barva hřbetu a boků je tmavě šedá až černá, břišní partie jsou bílé. Hlava je shora plochá, překrytá silnou kostěnou lebkou, hřbetní ploutev zasahuje až k ocasnímu násadci a má 68 – 79 měkkých paprsků. První paprsky prsních ploutví jsou tvrdé a z vnitřní strany ozubené (Hamáčková et al., 2007). Jeho délka se pohybuje mezi 80 – 90 cm, může dorůstat až 150 cm (Hanel, 2004).

3. 2. 2. Výskyt

Clarias gariepinus je rozšířen v povodí Nilu na západě Afriky, Alžíru a dále pak do jižní Afriky, také se vyskytuje v oblastech Izraele, Sýrie a v jižní části Turecka. Obývá klidné vody jezer, řeky, močály a povodňové oblasti, které sezónně vysychají (De Graaf, Janssen, 1996).

3. 2. 3. Potrava

Clarias gariepinus je řazen mezi všežravce. V přirozených podmínkách se živí vodním hmyzem, rybami, měkkýši, plži, rozkládajícími se vyššími rostlinami a plody (Micha, 1973, Bruton, 1979).

3. 2. 4. Reprodukce

Pohlavní dospělosti dosahuje *Clarias gariepinus* v prvním roce. Gonády keříčkovce červenolemého dozrávají sezónně v závislosti na dešťovém období. Tento proces je ovlivněn změnou teploty vody, fotoperiodou a finálním zvýšením hladiny vody s příchodem srážek (de Graaf et al., 1995). Tření ryb probíhá v noci v inundačním území řek, jezer nebo proudů, námluvám předchází agresivní souboje samců a poté následuje tření pouze v párech. Mlčí a jikry jsou uvolněny a rozptýleny ocasem samice po velké oblasti. Po krátkém odpočinku pár pokračuje dalšími výtěry (Bruton, 1979). Rodičovská péče není u keříčkovce vyvinuta. Vývoj jiker je rychlý. Plůdek plave během 48 – 72 hodin ve vodě o teplotě 23 – 28 °C (De Graaf, Janssen, 1996).

3. 3. Chov keříčkovce červenolemého

3. 3. 1. Historie chovu

Jednou z prvních zemí v Evropě, ve které se choval keříčkovce červenolemý, je Holandsko. Chov zde začal v 70. letech dvacátého století. Výhody pro chov keříčkovce v akvakultuře jsou nenáročnost na obsah kyslíku, možnost nasazení vysoké obsádky, odolnost a vysoká adaptabilita. Na přelomu 80. a 90. let se chov keříčkovce rozšířil do dalších zemí Evropy. Belgie, Holandsko, Německo, Maďarsko dosahovaly v té době produkce od 5 t do 200 t za rok (Péteri et al., 1989, Dijkema, 1992, Müller, 1998). V roce 1992 byla produkce v Evropě 1300t. Z toho 75 % v Holandsku. V roce 2005 pak Evropa vyprodukovala 4125 t. (Schneider et al., cit. Verreth, 2005).

3. 3. 2. Chov v recirkulačním systému

Clarias gariepinus je ideální rybou pro intenzivní chov v recirkulačním systému. Tyto ryby je možné chovat v silně zhuštěných obsádkách při produkci od 250 – 400 kg/m³. Tržní hmotnosti dosahuje během 6 – 8 měsíců, váha ryb je v této době 700 – 1000 g. Z ryb chovaných v recirkulačních systémech patří keříčkovce mezi velmi odolné vůči nemocem a zhoršeným podmínkám. Chovné zařízení pro tyto

ryby může být poměrně jednoduše zařízeno pouze odchovnými bazény a usazovacími nádržemi s mechanickým a biologickým filtrem. To vše je samozřejmě potřeba potřeba pohánět čerpadlem. Průtok by se měl pohybovat mezi 5 – 15 m³ na 1 kg krmiva na den (Hamáčková et al., 2007).

3. 3. 3. Umělý výtěr a odchov raných stádií

Pro umělý výtěr se používají ryby starší 6 měsíců o hmotnosti minimálně 0,8 kg. Generační ryby se chovají v teplotě od 25 – 28 °C, jako krmivo se používají směsi pro pstruha duhového. Je vhodné přidávat mleté nebo malé krmné ryby a patentky. Samice jsou vybírány podle velikosti břišní partie, samci pouze podle kondice. Pohlaví jsou chována odděleně, ideálně na stejné vodě. Před výtěrem se ryby separátně oddělí a nádrže se pečlivě zakryjí, kvůli nebezpečí výskoku (M. Kahanec et al., 2004). Ryby je potřeba před stimulací k výtěru anestetizovat. K tomu lze použít hřebíčkový olej (0,04 – 0,05 ml/l vody), nebo 2-fenoxyetanol (0, 3 – 0,5 ml/l vody) (Hamáčková et al., 2007). Jako hormonální stimulaci lze použít kapří hypofýzu (4 mg/kg), nebo Ovopel (1 peleta na kg). Hormonální stimulace je závislá na teplotě. Ovulace po podání Ovopelu nastává za 12 – 16 hodin při 24 – 25 °C (M. Kahanec et al., 2004).

Jikernačky se kontrolují hodinu před výtěrem, při ovulaci pak následuje okamžitý výtěr po částečné anestezii. Výtěr se provádí klasicky do misky v množství 100 – 150 x 10³ jiker/kg jikernačky. K oplození se používá testikulární sperma. Sperma se aplikuje v množství 1 – 10 ml na 100 g jiker. Aktivace se provádí přidáním vody z líhne v poměru 1 : 1 a trvá minutu, odlepkování se obvykle neprovádí. Doba inkubace při 26 °C je 29 h° (M. Kahanec et al., 2004).

Jikry se inkubují nalepené na stěnu nádrže nebo uhelon, rozložené do jedné vrstvy. Je možné provádět koupele v acriflavinu. Po vylíhnutí se hladina vody musí snížit na 15 cm. Plůdek se rozplave v závislosti na teplotě za 12 – 24 hodin (M. Kahanec et al., 2004).

Odkrm váčkového plůdku je třeba provádět 24 hodin po vykulení. Nejčastěji se používá artemie po dobu 5 dnů, následně se k artemii přidá startérová směs a po deseti dnech obvykle následuje plný přechod na suché krmivo. Lze použít samokrmítka. Po pěti týdnech odkrmu dosahují sumečci 2 – 4 cm. Plůdek se odchovává při teplotě

25 – 28 °C. Plůdek se musí selektovat z důvodu kanibalismu. Je citlivý na bakteriální infekce (M. Kahanec et al., 2004).

3. 4. Potravní nároky

Clarias gariepinus, jak je vidět z jeho přirozené potravy, má vysoké požadavky na množství bílkovin v krmných směsích. Nejrychlejšího růstu a nejlepší konverze krmiva dosahuje s krmivem, která mají obsah bílkovin 35 – 42 % s vypočítanou stravitelností 12 kJ/g (ADCP, 1983). Z tohoto důvodu bývají nejčastěji pro chov sumečka využívány krmné směsi pro pstruha s krmnými koeficienty 0,9 – 1,2. Denní dávka krmiva se pak liší v závislosti na teplotě a hmotnostní kategorii ryb. Krmení v intenzivním chovu by mělo probíhat každé 2 – 3 hodiny (Hamáčková et al., 2007).

3. 5. Chemismus vody

Změny chemismu vody jsou jedním z ukazatelů intenzity metabolismu ryb. Pokusy byly soustředěny na spotřebu kyslíku a exkreci amoniaku.

3. 5. 1. Kyslík

Nízké koncentrace kyslíku působí stres, což má za následek snížení příjmu krmiva, zpomalení růstu a zvýšení výskytu infekčních onemocnění. U keříčkovce červenolemého se snížení koncentrace kyslíku projeví zvýšením počtu nádechů nad hladinou. Požadavky sumečka na množství rozpuštěného kyslíku ve vodě jsou však malé, což umožňuje chov ve vysokých hustotách a poměrně vysokých teplotách. Dýchání vzdušného kyslíku, jak už bylo řečeno, umožňuje sumečkovi rozvětvený orgán umístěný za žábami. Množství kyslíku, které dokáže sumeček přijmout tímto způsobem je stále ještě nezdokumentované (Van de Nieuwegiessen et al., 2005). Je známo, že dýchací kapacita labyrintu vzrůstá spolu s věkem ryby, raná věková stádia jsou, proto odkázána minimálně z 85 % na kyslík rozpuštěný ve vodě. U dospělých ryb pak dýchání vzdušného kyslíku představuje 50 – 60 % potřeby (Babiker, 1979). Keříčkovce by měl mít z tohoto důvodu neustálý přístup k vodní hladině. Při chovu keříčkovce by se měl udržovat obsah kyslíku minimálně na 5 mg/l (Council of Europe, 2000).

Kyslík je také v recirkulačním systému ovlivňován funkcí biofiltrů. K oxidaci 1 g amoniaku na dusitany je spotřeba kyslíku rovna 4,57 g. Ideální množství kyslíku

v biofiltru se nachází při naměření min. 2 mg/l na odtoku z biofiltru. Při této hodnotě dosahuje nitrifikace maxima (Timmons, 2005).

3. 5. 2. Amoniak

Amoniak je konečným produktem dusíkatého metabolismu ryb. Ve vodě se amoniak nachází ve formě

- nedisociované - NH_3
- disociované (amonné ionty) - NH_4^+

Poměr obou forem amoniaku závisí na teplotě a pH.

Nedisociovaný amoniak (NH_3) je nejvíce toxická forma amoniaku, která se uvolňuje z netoxického kationtu (NH_4^+) v alkalickém prostředí (Pokorný, 1998). NH_4^+ ionty jsou pro ryby podstatně méně škodlivé, protože žaberní epitel je pro ně nepropustný, zatímco molekuly NH_3 jím pronikají poměrně snadno. Vliv na toxicitu amoniaku má koncentrace kyslíku ve vodě (Velíšek os. sdělení).

Ryby vylučují za normálních okolností 60 % amoniakálního dusíku žábami, zbylou část v exkrementech. Produkce amoniaku rybami se pohybuje od 0,25 do 2,07 g/kg (Kouřil, 2006). *Clarias gariepinus* patří mezi ryby žijící v teplých vodách. Takové ryby jsou často k toxicitě amoniaku velmi tolerantní. Koncentrace NH_3 by měla být držena na úrovni nižší než 0.05 mg/l a koncentrace TAN by neměla dosahovat hodnoty nad 1.0 mg/l (Timmons et al., 2005). LC50 pro sumečka je přibližně 6,5 mg/l. Produkce amoniaku u sumečka vzrůstá se spotřebou krmiva, je také závislá na intenzitě světla. V nepřímém světle sumeček lépe přijímá krmivo, a tudíž produkuje i více amoniaku (Van de Nieuwegiessen et al., 2005).

Koncentrace amoniaku ovlivňuje rychlost nitrifikace. Toto ovlivňování se děje přímou úměrou, čím vyšší obsah amoniaku tím rychlejší průběh nitrifikace, tato úměra platí do doby, než dosáhne koncentrace amoniaku bodu, kdy už nemá koncentrace amoniaku na nitrifikaci vliv (Timmons et al., 2005).

3. 6. Teplota

Teplota vody je jedním z rozhodujících faktorů vnějšího prostředí, její význam je zásadní pro biologickou aktivitu ryb, příjem a využití potravy, růst a reprodukci (Pokorný, 1998). Mezi důležité faktory určující teplotní toleranci patří druh ryby, věk, velikost a teplota, ve které je ryba dlouhodobě chována. Každý druh ryby preferuje

v chovu své teplotní optimum, při kterém dosahují maximálního růstu a pak limity, kdy dochází k neschopnosti ryby přežít. Obecně se růstové tempo zrychluje se zvyšující se teplotou prostředí až do dosažení optima, Nad toto optimum pak dochází ke zvýšení spotřeby energie na úkor konverze krmiva. Změny teploty prostředí také způsobují různost poměrů metabolismu, což se projevuje např. zvýšenou nebo sníženou spotřebou kyslíku, zvýšenou produkcí CO₂ a zvýšenou produkcí různých metabolitů např. amoniaku (Timmons et al., 2005). K výkyvům teploty nesmí dojít náhle, protože by mohlo dojít k teplotnímu šoku (Pokorný, 1998). K šoku může dojít při teplotním rozdílu větším než 12 °C (Pitter, 1999).

Teplota je důležitá také pro průběh nitrifikace, neboť ovlivňuje její rychlost. Kinetika nitrifikační reakce se řídí Arrheniovým vztahem, kdy pokles teploty o 10 °C sníží rychlost reakce o polovinu. Nicméně se pro nitrifikaci doporučuje široké rozmezí teplot, což naznačuje přizpůsobivost nitrifikačních bakterií. Podmínkou této přizpůsobivosti je samozřejmě čas aklimatizace bakterií (Jones, Morita, 1985). Obecně vzato se řídí teplota spíše druhem chované ryby.

3. 7. Denní a noční aktivita

Pozorování denní a noční aktivity bývá často zaměřeno na exkreci amoniaku a spotřeby kyslíku, rozdíly mezi denní a noční aktivitou lze také pozorovat pomocí počtu nádechů atmosférického kyslíku. Tato dýchací aktivita je u Clariase gariepinuse spojena s krmením a také s energetickým výdajem na plavání. Počet nádechů se zvětší v okamžik, kdy se v odchovném zařízení rozsvítí a maximum nádechů je pak zaznamenané v okamžiku zhasnutí. Počet nádechů postupně klesá se zhasnutím. Dýchací aktivita zřejmě nahrazuje sníženou úroveň kyslíku ve vodě související s krmením. Spotřeba kyslíku je pak vyšší díky vzrůstajícímu metabolismu a ve vodě se hromadí v tuto aktivní denní dobu odpadní látky. Spotřeba krmiva u keříčkovce červenolemého je vyšší ráno než v odpoledních hodinách. (Van de Nieuwegiessen et al., 2005).

4. Metodika a materiál

4. 1. Chov ryb určených k pokusům

Keříčkovci určení k pokusům byli chováni v akvariijní místnosti Fakulty rybářství a ochrany vod, fotografie na příloze č. 1 (Obr. 2). Tyto ryby byly získány z dvou chovů, a to z Hrádku u Rokycan (Klatovské rybářství a. s.) a z rybářského ústavu HAKI Szarvas. Ryby s hmotností od 1, 2 kg/ks do 2,5 kg/ks byly jeden až jeden a půl roku staré. Keříčkovci ve váhové kategorii od 200 g/ks do 750 g/ks dosahovaly stáří 5 – 8 měsíců. Ryby s nejmenší individuální hmotností, 20 g/ks až 100 g/ks, byly maximálně 3 – 4 měsíce staré.

System umístěný v akvariijní místnosti se skládá z dvaceti skleněných, lepených akvárií o objemu 210 l (objem vody v jedné nádrži 200 l), opatřených kryty a umístěných na pěti kovových stojanech. Nad stojany je umístěn biologický filtr o objemu 500 l, naplněný hrubým bioakvacitem. Pod stojany se nachází usazovací nádrž také o objemu 500 l. Voda v systému je poháněna čerpadlem Wilo – Star – RS ClassicStar (004032956), mezi nádržemi ji rozvádí trubky, přítok do každého akvária je zajištěn ventilem, odtok z akvária je pak zařízen přepadem. Vzduchování zajišťuje membránový kompresor SECOH EL–S–120 W, vzduch je rozveden trubkami a akvaristickými hadičkami s vzduchovacími kameny do všech nádrží.

Údržba recirkulačního systému spočívá v každodenním odstranění kalu z kalové nádrže hadicí a následném doplnění čerstvou pitnou vodou z řádu, nastavenou na příslušnou teplotu. Teplota, při které byly ryby chovány, se pohybovala v rozmezí 25 – 28 °C. Každý týden pak byly odstraněny nárosty ze skel akvárií a vzduchovacích kamenů. Při tomto úkonu byla vyměněna polovina objemu vody v systému. Podle potřeby bylo upravováno pH pomocí jedlé sody (NaHCO_3) v intervalu přibližně dvou dnů. Filtr byl čištěn z jedné poloviny jednou za čtrnáct dní.

Světelný režim v akvariijní místnosti je 14 hodin světla a 10 hodin tmy. Rozsvěcuje se v 7:00 a zhasíná v 21:00. Ryby byly pravidelně krmeny, čtyřikrát denně, a to v 8:00, 12:00, 16:00 a 20:00. Bylo používáno krmivo značky Biomar. Pro ryby do 500 g byla použita kompletní krmná směs INICIO 702 (protein 42 %, tuk 22 %), velikost 2 mm a pro ryby větší byly použity granule EFICO Alpha 714 (protein 44 %, tuk 14 %), velikost 4,5 mm. Podle potřeby byly ryby pravidelně tříděny podle věku.

4. 2. Příprava ryb a recirkulačního systému k pokusu

Ryby byly roztříděny podle hmotnosti na deset váhových kategorií vždy minimálně týden před zahájením pokusu. Byly spočítány krmné dávky podle Hamáčkové et al. (2007). Během pokusu byly ryby krmeny ve stejných intervalech stejným krmivem jako při běžném chovu. Dva dny před pokusem byl celý recirkulační systém vyčištěn. Byly připraveny retenční nádrže, odstraněny povlaky a bylo do nich umístěno silné vzduchování pomocí membránového kompresoru (SECOH EL-S-120w) a velkých vzduchovacích kamenů. Den před zahájením pokusů bylo z deseti pokusných akvárií vyndáno vzduchování a zastaven přítok z rozvodného potrubí. Do jednotlivých akvárií byly zavedeny přítokové hadičky z retenčních nádrží. Zřízení retenčních nádrží sloužilo k zajištění pokud možno uniformních chemických a fyzikálních vlastností přítokové vody. Vlastnosti přitékající vody byly zprůměrovány a vloženy do tabulky v příloze č. 1 (Tab. 1). Hadičky byly v retenčních nádržích opatřeny závažím, proti posunu, aby se zabránilo vniknutí vzduchu. Konce hadiček byly zavedeny pod úroveň hladiny pokusných nádrží. Schéma recirkulačního systému připraveného k pokusu se nalézá v příloze Obr. 3.

Teplota v recirkulačním systému byla regulována pomocí topení a klimatizace umístěné v akvarijní místnosti. Ryby byly předem aklimatizovány. Na teplotu v rozmezí 25 – 25,5 °C nebyla aklimatizace potřeba, ryby jsou v této teplotě běžně chovány. Na teplotu 30,3 – 30,8 °C byla doba aklimatizace z teploty 25 – 25,5 °C celých 12 dní. Příprava ryb na teplotu 28 – 28,5 °C z teploty 30,3 – 30,8 °C trvala 3 dny. Pokles z teploty 28 °C na teplotu 22,2 – 22,5 °C byl patnáctidenní. Doba vyláčení, před pokusem na nenakrmených rybách, byla také závislá na teplotě. Při rozmezí teplot 22,2 – 22,5 °C a 25 – 25,5 °C trvala 24 hodin. Pro rozmezí 28 – 28,5 °C byla doba vytrávení 12 hodin. Pro teplotu nad 30 °C byla tato doba 14 hodin. Doba hladovění byla u těchto teplot zkrácena z důvodu zvyšující se agresivity ryb a předpokladu zrychlení trávení ve vyšší teplotě. Nadále budou v textu, grafech a tabulkách uvedeny zaokrouhlené teploty – 22 °C, 25 °C, 28 °C, 30 °C.

4. 3. Průběh pokusu

Měření vždy jako první proběhlo u krmných ryb, bylo zahájeno v 7:00 následně bylo ukončeno druhý den v 7:00. U nekrmených ryb začalo měření při 28 °C v 19:00 a skončilo ve stejný čas následující den. Při 30 °C u nekrmených ryb začalo

měření v 21:00 a finalizovalo následující den také v 21:00. Každé dvě hodiny byly odebrány vzorky, ze dvou retenčních nádrží a z odtoků jednotlivých akvárií, do plastových vzorkovnic pomocí hadičky. Vzorkovnice byly popsány a uloženy v lednici, nebo ihned zpracovány. Pomocí přenosného multimetru (HACH HQ40d multi) byla změřena teplota, pH a koncentrace kyslíku. Následně při měření o teplotě 22 °C byly odebrány směsné vzorky z přítoků a odtoků ryb, které byly následně analyzovány v laboratořích státního podniku Povodí Vltavy v Českých Budějovicích. Výsledky analýz jsou umístěny v příloze (Tab. 2). Průtok byl měřen po sedmi hodinách v 7:00, 14:00, 21:00 a následně zkontrolován v 7:00 na konci pokusu. Průměrná hodnota průtoku do jednotlivých pokusných nádrží dosahovala 1,4 l/min, voda v nádrži se vyměnila jednou za 2,3 hodiny. Po ukončení pokusu byly zváženy zbytky krmiva a následně byla vytvořena tabulka (Tab. 3) s předpokládanou krmnou dávkou určenou dle metodiky (Hamáčková et al., 2007) a skutečně zkrmenou dávkou krmné směsi.

4. 4. Vážení a rozdělení hmotnostních skupin

Ryby byly váženy na váze (KERN 440 - 53N). Nejprve byl zvážen vzorek nejméně dvaceti ryb, sloužil k určení odchylky, a následně byla zjištěna celková biomasa v nádrži (Tab. 4). Kusová hmotnost ryb, uváděná ve výsledcích je aritmetickým průměrem kusových hmotností, zjištěných ze všech tří vážení. Na ryby s hmotností nad 400 g/ks bylo použito anestetikum (hřebíčkový olej).

Nekrmené ryby byly váženy ihned po ukončení měření při teplotách 22 °C, 25 °C a 28 °C. Při teplotě 30 °C bylo od vážení upuštěno z důvodu rychlého přechodu do aklimatizace na teplotu 28 °C, nebylo by proto vhodné použití anestetika.

V kapitole 4. 2. Příprava ryb a recirkulačního systému k pokusu bylo zmíněno rozdělení ryb, podle jejich váhové kategorie, na deset hmotnostních skupin při každém z pokusů. Pokusy trvaly zhruba jeden měsíc, tak docházelo průběžně k dalšímu růstu ryb. Z důvodu omezeného počtu ryb bylo, po propočtech biomasy a kusové hmotnosti, nutno zredukovat počet skupin pro výpočty na základních osm, které disponovaly při různých teplotách nejmenší odchylkou v průměrné individuální hmotnosti. Nadále je jejich průměrná kusová hmotnost značena jako \bar{m} .

4. 5. Stanovení spotřeby kyslíku

Koncentrace kyslíku v retenčních a pokusných nádržích byla měřena pomocí multimetru (HACH HQ40d multi) v jednotkách mg/l každé dvě hodiny pokusu. Spotřeba kyslíku byla následně spočítána dle vzorce (Zakes et al., 2003):

$$OC = ((DO_{in} - DO_{out}) \times Q) / B$$

OC spotřeba kyslíku (mg O₂/kg/h)

DO_{in} koncentrace kyslíku v retenční nádrži (mg/l)

DO_{out} ... koncentrace kyslíku na odtoku z pokusné nádrže (mg/l)

Q průtok (l/h)

B biomasa v nádrži (kg)

Celodenní spotřeba kyslíku byla spočítána jako obsah plochy pod křivkou grafu, tvořeného vynesemím jednotlivých hodnot OC v jednotlivých časech měření. Graf byl sestaven v programu Excel 2007. Hodnota celodenní spotřeby kyslíku je udávána v mg O₂/kg/d.

Spotřeba kyslíku ve dne (světelná fáze) byla počítána stejnou metodou jako celodenní spotřeba kyslíku s omezením na úsek měření od 7:00 do 21:00. Je udávána v jednotkách mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku přes noc (temná fáze) byla počítána stejně jako spotřeba ve dne s časovým úsekem od 21:00 do 7:00 na konci pokusu. Udávaná jednotka je pak mg O₂/kg/h.

Z těchto dat byly vytvořeny následně grafy pro jednotlivé hmotnostní skupiny také pomocí programu Excel 2007.

4. 6. Stanovení exkrece amoniaku

První krokem stanovení exkrece amoniaku bylo stanovení koncentrací v retenčních a pokusných nádržích. Stanovení koncentrace amoniaku a amonných iontů byla provedena fotometrickou metodou s použitím Nesslerova činidla dle ČSN 830520. Vzorky odebrané z retenčních a pokusných nádrží byly přefiltrovány přes filtrační papír za pomoci filtrační nálevky. K 50 ml filtrátu byly přidány 1 – 2 kapky Seignettovy soli a směs se promíchala, poté se přidal 1 ml Nesslerova činidla a opět se směs promíchala. Po 10 minutách se změřila absorbance při 412 nm (fialový filtr) na spektrofotometru (Spectronic Genesys 20, MERCK, Germany). Zjištěná absorbance byla vynesena

na předem vytvořenou kalibrační křivku v programu Excel 2007. Z rovnice regrese pro tuto křivku byla vypočítána koncentrace amoniaku a amonných iontů v nádržích, v jednotkách (mg/l).

Dalším krokem byl přepoččet koncentrace amoniaku a amonných iontů ze vzorků na jednotky celkového amoniakálního dusíku (TAN - Total Ammonia Nitrogen). Jak bylo psáno v literárním přehledu, vyskytuje se amoniak ve formě NH_3 a NH_4^+ . Každá z těchto forem má jinou molekulární hmotnost, proto je třeba znát poměr obou forem. Koncentrace nedisociovaného amoniaku je závislá na teplotě vody a pH. Výpočet koncentrace nedisociovaného amoniaku zahájíme výpočtem disociační konstanty dle vzorce:

$$\text{pKa} = 0,0901821 + 2729,92 / T$$

pKa ... disociační konstanta

T teplota (K)

Další vzorec, který byl aplikován pro zjištění frakce nedisociovaného amoniaku je:

$$f = 1 / (10(\text{pKa} - \text{pH}) + 1)$$

f ... frakce nedisociovaného amoniaku

Tyto vzorce pro výpočet disociační konstanty a frakci nedisociovaného amoniaku uvádí Emerson et al. (1975).

Následně ze zjištěné frakce nedisociovaného amoniaku byly vypočítané přesné koncentrace NH_3 a NH_4^+ . Pomocí molekulárních hmotností obou forem amoniaku byl spočítán celkový amoniakální dusík v jednotkách mg TAN/l.

Exkrece amoniaku byla dále spočítána podle vzorce (Zakes et al., 2003):

$$\text{AE} = ((\text{TAN}_{\text{out}} - \text{TAN}_{\text{in}}) \times Q) / B$$

AE exkrece amoniaku (mg TAN/kg/l)

TAN_{out} ... koncentrace celkového amoniakálního dusíku, odtok z pokusné nádrže (mg/l)

TAN_{in} ... koncentrace celkového amoniakálního dusíku v retenční nádrži (mg/l)

Celodenní exkrece amoniaku byla spočítána jako obsah plochy pod křivkou grafu, tvořeného vynesáním jednotlivých hodnot AE v jednotlivých časech měření. Graf byl sestaven pomocí programu Excel 2007. Hodnota celodenní exkrece amoniaku je zde udávána v mg TAN/kg/d.

Exkrece amoniaku ve dne (světelná fáze) byla počítána stejnou metodou jako celodenní exkrece amoniaku s omezením na úsek měření od 7:00 do 21:00. Je udávána v jednotkách mg TAN/kg/h. Exkrece amoniaku přes noc byla počítána stejně jako exkrece ve dne s časovým úsekem od 21:00 do 7:00 na konci pokusu. Udávaná jednotka je pak mg TAN/kg/h.

Z těchto dat byly vytvořeny následně grafy pro jednotlivé hmotnostní skupiny také pomocí programu Excel 2007.

5. Výsledky

5. 1. Spotřeba kyslíku

5. 1. 1. Diurnální průběh spotřeby kyslíku při různých teplotách

Následující kapitola se věnuje diurnálnímu průběhu spotřeby kyslíku během celého dne při různých teplotách. Srovnání jednotlivých hmotnostních kategorií ryb je vyjádřeno graficky v příloze č. 5 – 8.

5. 1. 1. 1. Teplota 22 °C

Měření u skupiny ($\bar{m} = 2495$ g/ks) při teplotě 22 °C ukázalo, že v průběhu dne nedocházelo k výrazným výkyvům spotřeby kyslíku u krmených ani u nekrmených ryb. Spotřeba kyslíku byla při této teplotě u krmených ryb ve dne (20,85 mg O₂/kg/h) a nižší v noci (17,9 mg O₂/kg/h). U nekrmených ryb byla pak vyšší ve dne (19,6 mg O₂/kg/h), v noci byla 12,6 mg O₂/kg/h. Dále u krmených ryb bylo naměřeno maximálně 21,4 mg O₂/kg/h v 23:00, minimálně 17 mg O₂/kg/h v 7:00. U nekrmených ryb byla maximální spotřeba v 17:00 a to 20,7 mg O₂/kg/h, minimum během tohoto měření bylo 13,7 mg O₂/kg/h v 7:00. Diurnální průběh spotřeby kyslíku, těchto ryb pro všechny teploty, je znázorněn v příloze č. 9, u krmených ryb (Graf č. 13) a u nekrmených ryb (Graf č. 14).

Skupina ryb s $\bar{m} = 1282$ g/ks, měla spotřebu kyslíku při této teplotě během krmení vyšší ve dne (27,9 mg O₂/kg/h) a nižší v noci (24,8 mg O₂/kg/h). Spotřeba nekrmených ryb stoupla ve dne (25,9 mg O₂/kg/h), v noci dosáhla v průměru 18,2 mg O₂/kg/h. Krmené ryby dosáhly během dne maximální spotřeby 28 mg O₂/kg/h v 7:00 na konci měření, minimum pak dosáhlo na 20,3 mg O₂/kg/h v 7:00 na začátku měření. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla nejvyšší v 17:00 a to 26,3 mg O₂/kg/h, nejmenší spotřeba byla během tohoto měření naměřena 17,9 mg O₂/kg/h v 21:00. V průběhu měření v této teplotě nedošlo u spotřeby kyslíku během dne k výrazným výkyvům u krmených ani u hladových ryb. U krmených ryb během měření spotřeba kyslíku stoupala.

Ryby $\bar{m} = 719$ g/ks spotřebovaly více kyslíku během krmení ve dne (39,8 mg O₂/kg/h) a méně v noci (12 mg O₂/kg/h). Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla pak vyšší ve dne (33,4 mg O₂/kg/h), v noci byla 24,1 mg O₂/kg/h. Dále u krmených ryb bylo naměřeno maximálně 40,5 mg O₂/kg/h a to při odběru v 7:00 na konci měření, minimum 27,5 mg O₂/kg/h, které bylo také odebráno ve vzorku v 7:00,

ale na začátku měření. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla maximální v 17:00 a to 31,5 mg O₂/kg/h, minimum během tohoto měření bylo 26,2 mg O₂/kg/h v 5:00. Během měření nedošlo k výrazným výkyvům u krmených ani u hladových ryb. U krmených ryb během měření spotřeba kyslíku stoupala.

Při měření, u skupiny s $\bar{m} = 437$ g/ks byla spotřeba kyslíku u krmených ryb vyšší ve dne (34,7 mg O₂/kg/h) a nižší v noci (29,2 mg O₂/kg/h). Vylačňené ryby měly vyšší spotřebu také ve dne (28,4 mg O₂/kg/h), v nočních hodinách pak ryby prodýchaly 20,8 mg O₂/kg/h. Dále u krmených ryb byla zjištěná maximální spotřeba 34,6 mg O₂/kg/h v 23:00, nejnižší spotřeba během dne 26,6 mg O₂/kg/h se naměřila v 7:00 na začátku měření. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla maximální v 17:00 a to 27,1 mg O₂/kg/h, během tohoto měření bylo 22,2 mg O₂/kg/h v 7:00 na konci měření minimální hodnotou. V průběhu měření nedošlo u spotřeby kyslíku k výrazným výkyvům ani u krmených ani u hladových ryb. Průběh spotřeby kyslíku během dne je u těchto ryb znázorněn pro všechny teploty v příloze č. 10.

U skupiny s $\bar{m} = 299$ g/ks byla spotřeba kyslíku při této teplotě u krmených ryb také vyšší ve dne (58,5 mg O₂/kg/h) a nižší v noci (41,3 mg O₂/kg/h). Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla pak vyšší také ve dne (38,45 mg O₂/kg/h), v noci byla 30,6 mg O₂/kg/h. U krmených ryb bylo naměřeno maximálně 75,6 mg O₂/kg/h v 19:00, minimum 39,8 mg O₂/kg/h v 11:00. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla v 19:00 rovna 38,9 mg O₂/kg/h, což bylo za tento den nejvíce. Minimum během tohoto měření bylo 27,7 mg O₂/kg/h v 21:00 na konci měření, tedy v době zhasnutí. Spotřeba kyslíku u krmených ryb byla stabilní, stoupla po 15:00 a klesla před zhasnutím. U nekrmených ryb byla velmi vyrovnaná.

Pokus na rybách o $\bar{m} = 180$ g/ks ukázal vyšší spotřebu kyslíku u krmených ryb ve dne (41,2 mg O₂/kg/h) a sníženou v nočních hodinách (36 mg O₂/kg/h). Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla také vyšší ve dne (32,6 mg O₂/kg/h), v noci dosáhla 24,4 mg O₂/kg/h. U krmených ryb byla naměřena maximální spotřeba 41,8 mg O₂/kg/h v 23:00, nejmenší spotřeba během celého dne byla 33,9 mg O₂/kg/h v 13:00. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla zjištěna z odběru v 7:00 na začátku měření a dosáhla 32,7 mg O₂/kg/h, minimum během tohoto měření u těchto ryb bylo 26,4 mg O₂/kg/h v 7:00 na konci měření. Během tohoto měření nedocházelo ve spotřebě kyslíku k výkyvům ani u krmených ani u nekrmených ryb.

Při měření u skupiny s $\bar{m} = 103$ g/ks bylo dosaženo spotřeby kyslíku u krmených ryb ve dne 52,6 mg O₂/kg/h a v noci 43,5 mg O₂/kg/h. Spotřeba u nekrmených ryb byla vyšší taktéž ve dne (36,7 mg O₂/kg/h), v noci byla průměrně 26,6 mg O₂/kg/h. Dále u krmených ryb bylo naměřeno maximálně 50,9 mg O₂/kg/h v 23:00, minimum bylo 44,3 mg O₂/kg/h v 9:00. Spotřeba kyslíku nekrmenými rybami byla maximální v 7:00 na začátku měření a dosáhla hodnoty 35,6 mg O₂/kg/h, nejmenší hodnota byla 28,9 mg O₂/kg/h v noci v 1:00. Ve spotřebě kyslíku při této teplotě nedocházelo k výkyvům ani u nekrmených ani u krmených ryb. Diurnální průběh spotřeby kyslíku u 103g/ks ryb je graficky vyjádřen v příloze č. 11 pro všechny teploty.

5. 1. 1. 2. Teplota 25 °C

Měření u skupiny s $\bar{m} = 2495$ g/ks ukázalo, při teplotě 25 °C, u krmených ryb spotřebu kyslíku ve dne 16,3 mg O₂/kg/h a v noci byla pouhých 6,9 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla poté ve dne 11,3 mg O₂/kg/h a v nočních hodinách ryby spotřebovaly 8,2 mg O₂/kg/h. U krmených ryb byla nejvyšší spotřeba kyslíku v 7:00 a byla rovna 18,1 mg O₂/kg/h, nejnižší hodnoty dosáhly ryby v 15:00 a to 11,6 mg O₂/kg/h, u nekrmených ryb bylo zjištěno maximálně 11,1 mg O₂/kg/h v čase 9:00, minimální hodnota byla naměřena v 7:00 a čítala 8,5 mg O₂/kg/h. V průběhu měření nedošlo k výrazným výkyvům ve spotřebě kyslíku u krmených ani u nekrmených ryb.

U skupiny s $\bar{m} = 1282$ g/ks se ukázalo během měření, při kterém byly ryby krmeny, že vyšší spotřeba kyslíku byla ve dne 15,8 mg O₂/kg/h a v noci se naměřilo průměrně 13,4 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla ve dne 14 mg O₂/kg/h a v noci 9,9 mg O₂/kg/h. V průběhu pokusu s krmením byla nejvyšší spotřeba v 9:00 a rovnala se 16,5 mg O₂/kg/h, nejnižší v 15:00 měla hodnotu 10,5 mg O₂/kg/h. Hladové ryby měly nejvyšší spotřebu v průběhu celodenního měření v 9:00, hodnota dosahovala 13,4 mg O₂/kg/h, minimální spotřeba se naměřila v 7:00 a to 10,1 mg O₂/kg/h. Během průběhu měření nedošlo k výrazným výkyvům ve spotřebě kyslíku u krmených i nekrmených ryb.

Během měření u skupiny s $\bar{m} = 719$ g/ks byla naměřena spotřeba kyslíku u krmených ryb přes den 19,3 mg O₂/kg/h a v noci byla 16,8 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb ve dne byla 16,3 mg O₂/kg/h a po zhasnutí do rozsvícení pak byla 10,9 mg O₂/kg/h. Krmené ryby spotřebovaly nejvyšší množství kyslíku v 9:00

(20,9 mg O₂/kg/h), nejnižší hodnota byla dosažena v 15:00 a rovnala se 12,1 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla maximálně 16,3 mg O₂/kg/h a v 13:00, minimální hodnota v 7:00 na začátku pokusu měla hodnotu 10,7 mg O₂/kg/h. V průběhu měření nedošlo k výrazným výkyvům ve spotřebě kyslíku u krmených ani nekrmených ryb.

U ryb (\bar{m} = 436 g/ks) byla spotřeba kyslíku při teplotě 25 °C, v průběhu krmení, vyšší ve dne (28,6 mg O₂/kg/h) a nižší v noci (23,8 mg O₂/kg/h). Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb se zvýšila ve dne (22 mg O₂/kg/h), v noci klesla na 15,6 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u krmených ryb byla nejvyšší v 21:00 a byla rovna 30,4 mg O₂/kg/h, nejnižší byla v 15:00 (19,9 mg O₂/kg/h). Spotřeba u ryb, které nebyly krmeny, dosáhla maximálně 23,3 mg O₂/kg/h v 21:00, minimální hodnota byla naměřena v 7:00 na konci pokusu a měla výši 14,8 mg O₂/kg/h. V průběhu měření nedošlo k výrazným výkyvům ve spotřebě kyslíku u krmených a nekrmených ryb.

Měření u ryb s \bar{m} = 298 g/ks ukázalo spotřebu kyslíku, během krmení, vyšší za světla (56,9 mg O₂/kg/h) a nižší v noci (43 mg O₂/kg/h). Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla pak vyšší také ve dne (41 mg O₂/kg/h), v noci byla 31,5 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u krmených ryb nabývala nejvyšších hodnoty v 19:00 a byla rovna 61,3 mg O₂/kg/h, nejmenší rozdíl mezi přítokem z retenční nádrže a odtokem z pokusného akvária byl v 15:00 a rovnal se 42,9 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla maximálně 48,6 mg O₂/kg/h v 17:00, minimální hodnota byla naměřena v 13:00 a čítala 30,1 mg O₂/kg/h. V průběhu měření nedošlo k výrazným výkyvům ve spotřebě kyslíku u krmených ani nekrmených ryb. Jediné zvýšení nastalo u krmených ryb v 19:00 a u nekrmených ryb v 17:00.

Ryby s \bar{m} = 180 g/ks měly spotřebu kyslíku při teplotě vody 25 °C během krmení zvýšenou ve dne (73,6 mg O₂/kg/h) ke snížení došlo v noci na 55,5 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u vyláčených ryb dosahovala vyšších hodnot ve dne (53,7 mg O₂/kg/h), v noci byla 41,5 mg O₂/kg/h. Nejvyšší spotřeba u krmených ryb byla změřena v 21:00 a nabývala hodnoty 77,9 mg O₂/kg/h, nejnižší spotřeba byla zaznamenána v 7:00 na konci pokusu a čítala 58 mg O₂/kg/h. U nekrmených ryb byla maximální spotřeba kyslíku 57,3 mg O₂/kg/h v 17:00, nejméně kyslíku ryby spotřebovaly kolem 1:00 a to 41,8 mg O₂/kg/h. V průběhu měření nedošlo k výrazným výkyvům ve spotřebě kyslíku u krmených ani u nekrmených ryb. Jediné zvýšení nastalo u krmených ryb v 19:00 a u nekrmených ryb v 17:00.

Měření, u ryb s $\bar{m} = 103$ g/ks, ukázalo vyšší spotřebu kyslíku při teplotě 25 °C v průběhu běžného krmení ve dne (58,2 mg O₂/kg/h) a nižší v noci (44 mg O₂/kg/h). Spotřeba kyslíku u ryb, které nebyly krmeny, byla pak zvýšená ve dne (38 mg O₂/kg/h), v noci byla 28 mg O₂/kg/h. U krmených ryb byla nejvyšší spotřeba v 21:00 a byla rovna 59,9 mg O₂/kg/h, nejnižší byla v 15:00 a byla rovna 45,7 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla maximálně 41,9 mg O₂/kg/h v 17:00 a minimálně 28,3 mg O₂/kg/h v 1:00. V průběhu měření nedošlo k výrazným výkyvům ve spotřebě kyslíku u krmených ani u nekrmených ryb. Jediné zvýšení nastalo u krmených ryb v 21:00 a u nekrmených ryb v 17:00.

U krmených keříčkovců s $\bar{m} = 21$ g/ks byla spotřeba kyslíku nižší ve dne (79,64 mg O₂/kg/h) a vyšší v noci (42,2 mg O₂/kg/h). Spotřeba kyslíku u hladových ryb se zvýšila přes den (57,4 mg O₂/kg/h), v noci byla 41,6 mg O₂/kg/h. Během krmení byla nejvyšší spotřeba v 21:00 a to 76,3 mg O₂/kg/h, nejnižší hodnota byla určena ze vzorku odebraného v 15:00 a dosáhla 65,2 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla maximálně 61,8 mg O₂/kg/h v 17:00, minimální hodnota byla naměřena v noci v 1:00 a činila 41,7 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u krmených i nekrmených ryb byla oproti jiným teplotám vyšší, ale kontinuální, zvýšila se během krmení v 11:00 a 21:00, u nekrmených ryb pak stoupla v 17:00.

5. 1. 1. 3. Teplota 28 °C

Pozorování u ryb s $\bar{m} = 2495$ g/ks ukázalo, při 28 °C, spotřebu kyslíku u krmených ryb ve dne 15,8 mg O₂/kg/h a v noci 6,9 mg O₂/kg/h. Spotřeba nenakrmených ryb přes den byla 10,2 mg O₂/kg/h a v noci 12,1 mg O₂/kg. Nejvyšší hodnota spotřeby kyslíku byla zjištěna ze vzorku odebraného v 1:00, dosahovala 15,1 mg O₂/kg/h a nejnižší 11,8 mg O₂/kg/h během noci ve 3:00. U nekrmených ryb bylo rybami maximálně vyžadováno 17,1 mg O₂/kg/h v 5:00 a minimálně 5,4 mg O₂/kg/h v 13:00. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb stoupala po zhasnutí.

1282g ryby měly spotřebu kyslíku během krmení ve dne 22,1 mg O₂/kg/h a v noci 9,3 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb přes den byla 19 mg O₂/kg/h a noční spotřeba byla 11,5 mg O₂/kg/h. Nejvyšší hodnota spotřeby kyslíku u krmených ryb se vyskytla v 1:00 a dosahovala 15,1 mg O₂/kg/h a nejnižší 11,8 mg O₂/kg/h v 3:00. U ryb, které nebyly krmeny, se spotřeba maximalizovala v 5:00 na 17,1 mg O₂/kg/h

a minimální spotřeba byla v 13:00 a to 5,4 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb stoupala po zhasnutí.

U skupiny s $\bar{m} = 719$ g/ks byla spotřeba kyslíku u krmených ryb ve dne 30,7 mg O₂/kg/h a v noci 12 mg O₂/kg/h. U nekrmených ryb ve dne byla spotřeba 13,7 mg O₂/kg/h a v noci 205 mg O₂/kg/h. Nejvyšší hodnota spotřeby kyslíku u krmených ryb byla v 21:00 a dosahovala 35,7 mg O₂/kg/h a nejnižší 15,9 mg O₂/kg/h v 3:00. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla maximálně 27,6 mg O₂/kg/h v 5:00 a minimální požadavek na kyslík měly ryby v 17:00 (4,3 mg O₂/kg/h). V průběhu měření nedocházelo k výrazným výkyvům. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb stoupala po 19:00.

Měření během teploty 28 °C u keříčkovců s $\bar{m} = 437$ g/ks ukázalo spotřebu kyslíku u krmených ryb v denních hodinách 32,1 mg O₂/kg/h a v noci pak nabyla průměrné hodnoty 22,3 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u ryb, kterým nebylo podáváno krmivo, byla ve dne 25 mg O₂/kg/h a v noci 22,8 mg O₂/kg/h. Nejvyšší hodnota, během pokusu při krmení, byla v 19:00 a dosahovala 30,4 mg O₂/kg/h, nejnižší spotřebu (20,5 mg O₂/kg/h) měly ryby v 3:00. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla maximální v 19:00 a to 34,2 mg O₂/kg/h a nejnižší hodnota během tohoto měření byla 10,7 mg O₂/kg/h v 17:00. V průběhu měření nedocházelo k výrazným výkyvům. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb stoupala po 17:00.

Ryby s $\bar{m} = 299$ g/ks spotřebovaly při krmení ve dne 44,3 mg O₂/kg/h a v noci 30,3 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb ve dne byla 21 mg O₂/kg a přes noc byla 25,2 mg O₂/kg/h. Nejvyšší hodnota u krmených ryb se nacházela ve vzorku odebraného v čase 13:00 a dosahovala 43,6 mg O₂/kg/h a minimální spotřeba (17,6 mg O₂/kg/h) byla zjištěna ze vzorku z třetí hodiny ranní. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb stoupla na maximum 34,9 mg O₂/kg/h v 21:00 a minima dosáhla v 19:00 a to 6,9 mg O₂/kg/h. U nekrmených ryb při této teplotě byla spotřeba stabilní, po 13:00 začala spotřeba kyslíku klesat, zvýšila se s rozsvícením. U krmených ryb se spotřeba kyslíku nijak výrazně nepohybovala, po zhasnutí zlehka klesla.

Ryby s $\bar{m} = 180$ g/ks ukázaly spotřebu kyslíku během krmení vyšší ve dne (45,9 mg O₂/kg/h) a v noci spotřeba klesla (35,2 mg O₂/kg/h). Nároky na kyslík u nekrmených ryb ve dne nabyly hodnoty 28 mg O₂/kg/h a v noci 26,7 mg O₂/kg/h. Nejvyšší hodnota spotřeby u krmených ryb byla v 21:00 a dosahovala 49,4 mg O₂/kg/h a nejnižší 27,9 mg O₂/kg/h v 3:00. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla maximálně

37,7 mg O₂/kg/h v 19:00 a minimálně 10,4 mg O₂/kg/h v 17:00. Spotřeba kyslíku u krmených ryb klesla po 13:00 a po zhasnutí, jinak byla kontinuální. U nekrmených ryb, spotřeba kyslíku po 9:00 klesala a zvýšila se v 17:00, od tohoto měření byla spotřeba kyslíku také kontinuální.

U ryb s $\bar{m} = 103$ g/ks byla spotřeba kyslíku u krmených ryb ve dne 41,6 mg O₂/kg/h a v noci 28,5 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb ve dne byla 23,3 mg O₂/kg/h a v noci 23,7 mg O₂/kg/h. Nejvyšší hodnota v průběhu pokusu, kdy byly ryby krmeny, byla v 13:00 a dosahovala 39,2 mg O₂/kg/h a nejnižší 25,8 mg O₂/kg/h byla zjištěna ze vzorku odebraného ve 3:00. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla nejvýše 31,7 mg O₂/kg/h v 21:00 a nejmenší hodnota spotřeby (10,5 mg O₂/kg/h) byla zjištěna v 17:00. U krmených ryb byla spotřeba rovnoměrná, po zhasnutí lehce klesla. U nekrmených ryb po 19:00 stoupala a po zhasnutí byla kontinuální.

Měření u ryb s $\bar{m} = 21$ g/ks ukázalo spotřebu kyslíku u krmených ryb ve dne 66 mg O₂/kg/h a v noci 45,7 mg O₂/kg/h. U nekrmených ryb ve dne byla 36,4 mg O₂/kg/h a v noci 20,8 mg O₂/kg/h. Nejvyšší hodnota spotřeby kyslíku u krmených ryb byla v 13:00 a dosahovala 63,5 mg O₂/kg/h a nejnižší 39,9 mg O₂/kg/h v 3:00. Spotřeba u nekrmených ryb byla maximálně 48,6 mg O₂/kg/h v 5:00 a minimálně 15 mg O₂/kg/h v 17:00. Spotřeba kyslíku u krmených ryb byla velmi kontinuální, u nekrmených ryb po rozsvícení klesala a následně v 17:00 stoupla a byla již stálá.

5. 1. 1. 4. Teplota 30 °C

Měření u ryb, během teploty 30 °C, o $\bar{m} = 2495$ g/ks ukázalo spotřebu kyslíku během krmení vyšší ve dne (23,5 mg O₂/kg/h) a v noci byla průměrně 22,9 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u ryb, které krmivo nedostávaly, byla vyšší ve dne (16,9 mg O₂/kg/h), v noci klesla na 15,4 mg O₂/kg/h. Hodnoty spotřeby u krmených ryb byly – maximum 28,9 mg O₂/kg/h v 7:00 ráno na konci pokusu a minimum v 7:00 na začátku pokusu bylo 12,4 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla nejvyšší v 3:00 a nabývala hodnoty 18,9 mg O₂/kg/h. Nejnižší spotřeba kyslíku u hladových ryb byla v 11:00 a to 13,2 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u krmených ryb se průběžně během měření zvyšovala, u nekrmených ryb byla víceméně stálá.

U skupiny ryb o $\bar{m} = 1282$ g/ks byla spotřeba kyslíku nakrmených keříčkovců vyšší ve dne (12,1 mg O₂/kg/h) a v noční hodiny měla hodnotu 9,3 mg O₂/kg/h.

Nekrmené ryby spotřebovaly větší množství kyslíku ve dne (30,1 mg O₂/kg/h) a v noci požadovaly 23,6 mg O₂/kg/h. Hodnota spotřeby u krmených ryb byla maximální 43,3 mg O₂/kg/h naměřena v 7:00 ráno na konci pokusu a minimální požadavky na kyslík měly ryby v 7:00 na začátku pokusu a to 12,1 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku, u ryb bez krmiva, byla nejvyšší v 3:00 a nabývala hodnoty 29 mg O₂/kg/h. Minimální spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla v 23:00 a to 22,3 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u krmených ryb se průběžně během měření zvyšovala, u nekrmených ryb byla víceméně stálá.

Ryby s $\bar{m} = 719$ g/ks měly spotřebu kyslíku při krmení zvýšenou ve dne (32,2 mg O₂/kg/h) a v noci spotřebovaly 22,4 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku byla vyšší ve dne (27,6 mg O₂/kg/h) i u nekrmených ryb a v noci klesla na 24,1 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u krmených ryb byla na svém maximu v 7:00 ráno na začátku pokusu s hodnotou 37,9 mg O₂/kg/h a minimum bylo naměřeno v 5:00 (19 mg O₂/kg/h). Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla nejvyšší v 3:00 a čítala 28,3 mg O₂/kg/h. Nejnižší spotřeba kyslíku u nekrmených ryb se vyskytla v 21:00 a to 22 mg O₂/kg/h. V průběhu tohoto měření nedocházelo k výkyvům. Spotřeba se u krmených ryb zvýšila v 13:00 a nadále lehce klesala a po zhasnutí se opět začala mírně zvedat až do 1:00, od 3:00 pak opět klesla. U nekrmených ryb byla víceméně stálá.

Měření při teplotě 30 °C u keříčkovců s $\bar{m} = 437$ g/ks ukázalo spotřebu kyslíku u krmených ryb vyšší ve dne (53,1 mg O₂/kg/h) a v noci ryby spotřebovaly 36,5 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla vyšší ve dne (32,6 mg O₂/kg/h) a v noci klesla na 32,2 mg O₂/kg/h. Hodnoty kyslíku u krmených ryb byly – maximum 59,3 mg O₂/kg/h v 13:00 a minimum 30,1 mg O₂/kg/h v 21:00. Nejvyšší spotřebu kyslíku, během vytrávení, měly ryby v 3:00 a nabývala hodnoty 39,6 mg O₂/kg/h. Nejnižší spotřeba kyslíku u těchto ryb byla v 11:00 (16 mg O₂/kg/h). V průběhu tohoto měření nedocházelo k výkyvům. Spotřeba se u krmených ryb postupně po rozsvícení zvyšovala a nadále lehce klesala a po zhasnutí se opět začala mírně zvedat až do 1:00, od 3:00 pak opět klesla, u nekrmených ryb byla nejdříve klesající a po 13:00 začala stoupat, po 15:00 byla již spotřeba stálá.

U ryb s $\bar{m} = 299$ g/ks byla naměřena spotřeba kyslíku v průběhu krmení vyšší v denních hodinách (41 mg O₂/kg/h). V noci tyto ryby spotřebovaly 38,3 mg O₂/kg/h. Ve dne byla naměřena vyšší spotřeba (47,6 mg O₂/kg/h) u ryb, které krmivo nedostávaly, a v noci klesla na 37,1 mg O₂/kg/h. Hodnota spotřeby kyslíku u krmených

ryb byla maximální v 7:00 na začátku pokusu 61,3 mg O₂/kg/h a minimum bylo zjištěno v 23:00 (24,9 mg O₂/kg/h). Nekrmené ryby měly spotřebu kyslíku nejvyšší v 3:00 a to 57,5 mg O₂/kg/h. Nejnižší spotřeba 30 mg O₂/kg/h byla v 3:00. Spotřeba kyslíku byla také velmi stálá u krmených i nekrmených ryb, stoupla v nočních hodinách.

Měření u $\bar{m} = 180$ g/ks ukázalo spotřebu kyslíku u krmených ryb vyšší ve dne (48,8 mg O₂/kg/h), během noci spotřebovaly 44 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku byla vyšší ve dne i u nekrmených ryb (45,6 mg O₂/kg/h) a v noci klesla na 35 mg O₂/kg/h. Hodnoty spotřeby kyslíku u krmených ryb byly – maximum 62,2 mg O₂/kg/h v 3:00, minimum v 7:00 mělo hodnotu 14,1 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla nejvyšší v 9:00 a to 44,4 mg O₂/kg/h. Nejnižší spotřeba u nekrmených ryb v 3:00 nabyla hodnoty 34,4 mg O₂/kg/h. Během pokusu se spotřeba kyslíku zvyšovala po rozsvícení, lehké snížení následovalo po 13:00 a následně se zvýšila po zhasnutí. Ryby, které nebyly krmené, měly spotřebu kyslíku kontinuální.

Měření během teploty v rozmezí 30,3 °C - 30,8 °C u ryb s $\bar{m} = 103$ g/ks ukázalo, že spotřeba kyslíku u krmených ryb byla vyšší ve dne (67 mg O₂/kg/h) a v noci ryby spotřebovaly 66,3 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku ryb, kterým nebylo podáváno krmivo, byla vyšší ve dne (46,8 mg O₂/kg/h) a v noci klesla na 35,4 mg O₂/kg/h. Hodnoty kyslíku u krmených ryb byly – maximum 96,6 mg O₂/kg/h v 1:00 a minimum v 7:00 na začátku pokusu bylo 37,1 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla nejvyšší v 23:00 a nabývala hodnoty 47,4 mg O₂/kg/h. Nejnižší spotřeba kyslíku u nekrmených ryb byla v 3:00 a byla 34,4 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku u krmených ryb se zvýšila po 13:00 a následně po zhasnutí, u nekrmených ryb byla poměrně kontinuální s lehkým zvýšením po zhasnutí.

Ryby s $\bar{m} = 21$ g/ks, během měření při teplotě 30 °C, ukázaly spotřebu kyslíku u krmených ryb při této teplotě vyšší ve dne (62 mg O₂/kg/h) a v noci ryby spotřebovaly 42,2 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku byla vyšší ve dne i u nekrmených ryb (43,3 mg O₂/kg) a v noci klesla na 33,4 mg O₂/kg. Nejvyšší hodnota spotřeby kyslíku v průběhu krmení nabývala 60,2 mg O₂/kg/h v 13:00, minimum v 7:00 na konci pokusu bylo 31,6 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku hladových ryb byla maximální v 23:00 a to 41,5 mg O₂/kg/h. Nejmenší potřebu kyslíku měly nekrmené ryby v 5:00 a to 34,9 mg O₂/kg/h. Spotřeba kyslíku při krmení i bez krmení byla velmi stálá.

5. 1. 2. Rozdíl ve spotřebě kyslíku u krmených a nekrmených ryb

Celodenní spotřeba kyslíku u krmených a nekrmených ryb je znázorněna v přílohách č. 12 – 15. V této kapitole jsou prezentovány pak pouhé rozdíly mezi krmenými a nekrmenými keříčkovci.

5. 1. 2. 1. Teplota 22 °C

Měření u ryb s $\bar{m} = 2495$ g/ks ukázalo vyšší spotřebu kyslíku o 71,3 mg O₂/kg/d u krmených ryb než u nekrmených. Ryby s $\bar{m} = 1282$ g/ks vykazaly rozdíl v celodenní spotřebě kyslíku 93,5 mg O₂/kg/d, vyšší spotřebu kyslíku měly opět krmené ryby. U skupiny s $\bar{m} = 719$ g/ks byl rozdíl v celodenní spotřebě kyslíku 208,2 mg O₂/kg/d, vyšší spotřebu kyslíku měly opět krmené ryby. Měření při nejnižší teplotě, t.j. 22 °C, u keříčkovců s $\bar{m} = 437$ g/ks ukázalo rozdíl v celodenní spotřebě kyslíku 171,9 mg O₂/kg/d, vyšší spotřebu kyslíku měly krmené ryby. U ryb s $\bar{m} = 299$ g/ks byl rozdíl v celodenní spotřebě kyslíku 388,1 mg O₂/kg/d, vyšší spotřebu kyslíku měly opět krmené ryby. Měření u skupiny ryb o $\bar{m} = 180$ g/ks ukázalo rozdíl v celodenní spotřebě kyslíku 241,5 mg O₂/kg/d, vyšší spotřebu kyslíku měly krmené ryby. U skupiny s $\bar{m} = 103$ g/ks byl rozdíl v celodenní spotřebě kyslíku 392,3 mg O₂/kg/d, vyšší spotřebu kyslíku měly opět krmené ryby.

5. 1. 2. 2. Teplota 25°C

Měření při této teplotě u skupiny ryb s $\bar{m} = 2495$ g/ks ukázalo spotřebu kyslíku za celý den vyšší také u krmených ryb o 128 mg O₂/kg/d. U ryb s $\bar{m} = 1282$ g/ks, byla spotřeba kyslíku za celý den vyšší u krmených ryb o 61,1 mg O₂/kg/d. Keříčkovci s průměrnou hmotností 719 g/ks měli spotřebu kyslíku za celý den vyšší během krmení o 101,2 mg O₂/kg/d. Měření u ryb s $\bar{m} = 436$ g/ks ukázalo rozdíl v celodenní spotřebě kyslíku 174,6 mg O₂/kg/d, vyšší spotřebu kyslíku měly opět krmené ryby. Ryby s $\bar{m} = 299$ g měly rozdíl v celodenní spotřebě kyslíku 335 mg O₂/kg/d, vyšší spotřebu kyslíku měly opět krmené ryby. U skupiny s $\bar{m} = 103$ g/ks byl rozdíl v celodenní spotřebě kyslíku 418,8 mg O₂/kg/d, vyšší spotřebu kyslíku měly krmené ryby. Ryby s $\bar{m} = 103$ g/ks byl rozdíl v celodenní spotřebě kyslíku 440,6 mg O₂/kg/d, vyšší spotřebu kyslíku měly krmené ryby. Měření u skupiny ryb s $\bar{m} = 21$ g/ks ukázalo rozdíl v celodenní spotřebě kyslíku 528 mg O₂/kg/d, vyšší spotřebu měly krmené ryby.

5. 1. 2. 3. Teplota 28 °C

Měření během této teploty u skupiny s $\bar{m} = 2494$ g/ks ukázalo vyšší celodenní spotřebu kyslíku u krmených ryb o 166,2 mg O₂/kg/d. U skupiny s průměrnou hmotností 1282 g/ks ukázalo měření vyšší celodenní spotřebu kyslíku u krmených ryb o 2,5 mg O₂/kg/d. Keříčkovci o průměrné hmotnosti 719 g/ks ukázali vyšší celodenní spotřebu kyslíku u krmených ryb o 248 mg O₂/kg/d. Ryby s $\bar{m} = 437$ g/ks měly vyšší celodenní spotřebu kyslíku v průběhu krmení o 92,9 mg O₂/kg/d. Měření během této teploty u keříčkovců s $\bar{m} = 299$ g/ks ukázalo vyšší celodenní spotřebu kyslíku u krmených ryb o 377,3 mg O₂/kg/d. U skupiny ryb s $\bar{m} = 180$ g/ks ukázalo měření vyšší celodenní spotřebu kyslíku během krmení o 99,9 mg O₂/kg/d. Během této teploty, u skupiny s $\bar{m} = 103$ g/ks, ukázaly výsledky vyšší celodenní spotřebu kyslíku u krmených ryb o 304,8 mg O₂/kg/d. U skupiny s $\bar{m} = 21$ g/ks byla vyšší celodenní spotřeba kyslíku u krmených ryb o 495,8 mg O₂/kg/d.

5. 1. 2. 4. Teplota 30 °C

Měření u $\bar{m} = 2495$ g/ks ukázalo nižší spotřebu kyslíku u nekrmených ryb o 166,2 mg O₂/kg/d oproti rybám krmeným. U skupiny s $\bar{m} = 1282$ g/ks byla nižší spotřeba kyslíku u nekrmených ryb o pouhých 3,9 mg O₂/kg/d oproti rybám krmeným. Během této teploty u skupiny s $\bar{m} = 719$ g/ks ukázaly nižší spotřebu kyslíku nekrmené ryby o pouhých 48,2 mg O₂/kg/d oproti rybám krmeným. U skupiny s $\bar{m} = 436$ g/ks byla nižší spotřeba kyslíku u nekrmených ryb o 329,4 mg O₂/kg/d oproti rybám krmeným. Měření u skupiny s $\bar{m} = 298$ g/ks ukázalo vyšší spotřebu kyslíku u nekrmených ryb o 81,2 mg O₂/kg/d oproti rybám krmeným. Výsledky u skupiny s $\bar{m} = 180$ g/ks ukázaly vyšší spotřebu kyslíku u krmených ryb o 100 mg O₂/kg/d. U skupiny s $\bar{m} = 103$ g/ks byla vyšší spotřeba kyslíku u krmených ryb o 590,8 mg O₂/kg/d oproti rybám nekrmeným. Měření u keříčkovců s $\bar{m} = 21$ g/ks ukázalo vyšší spotřebu kyslíku u krmených ryb o 350,3 mg O₂/kg/d oproti rybám nekrmeným.

5. 1. 3. Vliv hmotnosti ryb na spotřebu kyslíku

Při teplotě 22 °C měly nejvyšší spotřebu ryby o průměrné hmotnosti 299 g/ks, a to 1232,9 mg O₂/kg/d během krmení. U nekrmených ryb při nejnižší teplotě měly nejvyšší

spotřebu kyslíku také ryby této hmotnostní kategorie (844,8 mg O₂/kg/d). Nejnižší spotřebu kyslíku při této teplotě pak měly největší ryby (2495 g/ks) a to při krmení (471 mg O₂/kg/d) i nekrmení (399,6 mg O₂/kg/d).

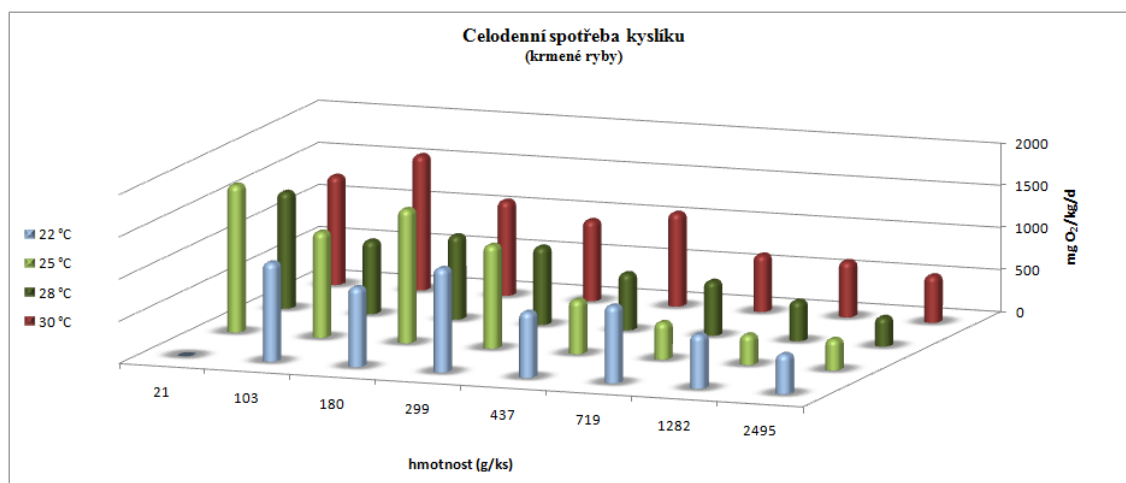
Při teplotě 25 °C spotřebovaly nejvíce kyslíku ryby s $\bar{m} = 21$ g/ks (1747,2 mg O₂/kg/d) během krmení i nekrmené (1219,2 mg O₂/kg/d). Nejméně kyslíku spotřebovaly při krmení ryby o hmotnosti 1282 g/ks a to 355,4 mg O₂/kg/d. Nejmenší spotřeba u nekrmených ryb byla u skupiny s průměrnou hmotností 2494 g/ks a to 239,2 mg O₂/kg/d.

Během měření při teplotě 28 °C byla nejvyšší spotřeba kyslíku u ryb s hmotností 21 g/ks (1380,4 mg O₂/kg/d). Tyto ryby měly nejvyšší spotřebu i při hladovění (884,6 mg O₂/kg/d). Nejnižší hodnoty při krmení (345,7 mg O₂/kg/d) i bez krmení (263 mg O₂/kg/d) měly ryby o průměrné hmotnosti 2494 g/ks.

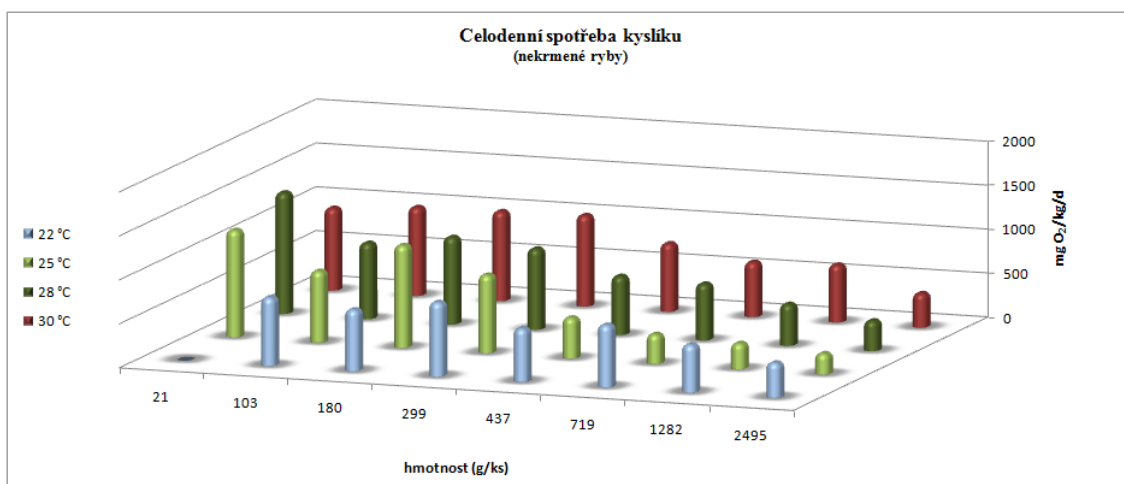
Při teplotě 30 °C měly nejvyšší spotřebu ryby o hmotnosti 103 g/ks (1600 mg O₂/kg/d) během krmení. Nejnižší spotřeba kyslíku při krmení byla naměřena u skupiny s průměrnou hmotností 2494 g/ks (557 mg O₂/kg/d), tato skupina ryby měla i nejnižší hodnotu spotřeby i bez krmení (390,9 mg O₂/kg/d). Nejvyšší spotřebu měly bez krmení ryby o $\bar{m} = 299$ g/ks a to 1038,2 mg O₂/kg/d.

Se snižující hmotností ryby se spotřeba kyslíku většinou zvyšovala při všech teplotách.

Celodenní spotřeba kyslíku, všech hmotnostních kategorií, je pro srovnání znázorněna u krmených ryb v grafu č. 1, u nekrmených ryb pak v grafu č. 2.



Graf č. 1: Celodenní spotřeba kyslíku v průběhu krmení



Graf č. 2: Celodenní spotřeba kyslíku u nekrmených ryb

5. 1. 4. Vliv teploty na spotřebu kyslíku

Spotřeba kyslíku se zvyšující se teplotou u většiny ryb stoupala, pouze u teploty 28 °C se spotřeba snížila téměř u všech váhových kategorií. U velkých ryb s průměrnými hmotnostmi 2494 g/ks, 1282 g/ks a 719 g/ks byla spotřeba kyslíku vyšší spíše v teplotě 22 °C. Propad ve spotřebě kyslíku při teplotě 28 °C nastal pak u menších krmených ryb do 300 g/ks. U nekrmených ryb při této teplotě propad zaznamenán nebyl, pouze ryby s průměrnou hmotností 21 g/ks měly bez krmení při teplotě 30 °C nižší spotřebu než u předchozích dvou teplot.

5. 1. Exkrece amoniaku

5. 1. 1. Diurnální průběh exkrece amoniaku při různých teplotách

Tato kapitola je věnována exkreci amoniaku jeho diurnálnímu průběhu při různých testovaných teplotách 22 °C, 25 °C, 28 °C, 30 °C. Pro všechny tyto teploty a hmotnostní kategorie byly vypracovány srovnávací grafy umístěné v přílohách č. 16 – 19.

5. 1. 1. 1. Teplota 22 °C

Ryby s $\bar{m} = 2495$ g/ks, při teplotě 22 °C, vyprodukovaly ve dne průměrně 20,9 mg TAN/kg/h, v noci pak 7,5 mg TAN/kg/h během krmení. U nekrmených ryb byla exkrece amoniaku vyšší také ve dne (8,6 mg TAN/kg/h), v noci bylo naměřeno průměrně 3,6 mg TAN/kg/h. Během dne vystoupila hodnota exkrece amoniaku na maximum 27,6 mg TAN/kg/h v 15:00 a na minimum 3,3 mg TAN/kg/h v 1:00

u krmených ryb. Nekrmené ryby vyprodukovaly maximum 8,9 mg TAN/kg/h v 21:00 a minimum 2,1 mg TAN/kg/h ve 3:00. U exkrece amoniaku byl během měření zaznamenán pokles u nekrmených ryb po zhasnutí. Exkrece amoniaku u krmených ryb pak stoupala od 11:00 do 15:00, poté klesala. Výrazný pokles u krmených ryb nastal také po zhasnutí. Průběh celého dne pro tuto hmotnostní kategorii lze najít v příloze č. 20 pro krmené (Graf č. 35) i nekrmené ryby (Graf č. 36).

Keřičkovci s $\bar{m} = 1282$ g/ks vyprodukovali více amoniaku při krmení ve dne (23,7 mg TAN/kg/h), v noci byla produkce 19 mg TAN/kg/h. Nekrmené ryby měly exkreci amoniaku vyšší také ve dne (5,5 mg TAN/kg/h), v noci byla 7,4 mg TAN/kg/h. V průběhu měření vystoupla hodnota exkrece amoniaku na maximální množství 30,4 mg TAN/kg/h v 15:00, minimální exkrece (12,2 mg TAN/kg/h) byla naměřena v 11:00. Během měření, u nekrmených ryb, bylo zaznamenáno maximum 16,5 mg TAN/kg/h v 7:00 na začátku měření a minimum 0,1 mg TAN/kg/h v 11:00. Exkrece amoniaku klesala po 7:00 a stoupala opět po 15:00, od 19:00 se držela exkrece velmi nízko a stoupala až do 23:00 během noci, kdy ale došlo k pomalému poklesu exkrece až do rozsvícení.

Měření u skupiny s $\bar{m} = 719$ g/ks ukázalo u krmených ryb převládající exkreci amoniaku ve dne (35,1 mg TAN/kg/h), v noci byla 19,6 mg TAN/kg/h. U nekrmených ryb byla exkrece amoniaku také vyšší v denním měření (4,2 mg TAN/kg/h), v nočních hodinách měla průměrně 4,7 mg TAN/kg/h. Hodnota exkrece amoniaku se dostala na maximum 43,3 mg TAN/kg/h v 15:00 a na minimum v 1:00 a to 1,8 mg TAN/kg/h u ryb, které byly krmeny. U vylačňných ryb bylo maximum 12,8 mg TAN/kg/h v 17:00 na začátku měření a minimální exkrece byla naměřena 0,08 mg TAN/kg/h v 15:00. Exkrece amoniaku u krmených ryb po 7:00 klesala a začala stoupat v 13:00, bpo čtyřech hodinách opět klesla a pak náhle opět výrazně stoupala po 19:00. Po zhasnutí začala exkrece amoniaku klesat až do 3:00, kdy se zvedala do opětovného rozsvícení. U hladových ryb byla exkrece amoniaku nižší a vyrovnanější, stoupala po 19:00 a přes noc se dále zvýšila.

Při měření, u skupiny s $\bar{m} = 437$ g/ks převládala, během krmení, exkrece amoniaku ve dne (33,9 mg TAN/kg/h), v noci byla 21,4 mg TAN/kg/h. U nekrmených ryb byla exkrece amoniaku nižší ve dne (7,3 mg TAN/kg/h), v noci byla 13,7 mg TAN/kg/h. Během dne vystoupla hodnota exkrece amoniaku na maximum 44,3 mg TAN/kg/h v 23:00 a na minimum 11,2 mg TAN/kg/h v 1:00 u krmených ryb.

Maximální exkrece u nekrmených ryb byla zaznamenána v 7:00 na konci měření a to 18,8 mg TAN/kg/h a minimální 0,7 mg TAN/kg/h v 19:00. Exkrece amoniaku u krmených ryb v průběhu dne kolísala, snížila se po zhasnutí a zvýšila opět při rozsvícení, u nekrmených ryb byla exkrece, při teplotě 22 °C, stabilní po celou dobu. Grafy diurnální exkrece amoniaku pro tuto hmotnostní skupinu je umístěn v příloze č. 21.

U skupiny ryb ($\bar{m} = 299$ g/ks) převládala, během krmení, exkrece amoniaku ve dne (35 mg TAN/kg/h), noční produkce dosahovala 26,7 mg TAN/kg/h. U nekrmených ryb byla exkrece amoniaku nižší ve dne (15,2 mg TAN/kg/h), v noci se naměřilo 19 mg TAN/kg/h. Během měření hodnota exkrece amoniaku dosáhla maxima 59,9 mg TAN/kg/h v 15:00 a minima 6,5 mg TAN/kg/h v 11:00, u ryb, které byly krmeny. Nekrmené ryby vyprodukovaly maximálně 44,2 mg TAN/kg/h v 3:00 a minimum bylo naměřeno v 9:00 (3,7 mg TAN/kg/h). Exkrece amoniaku během tohoto měření byla velmi nestálá. U krmených ryb exkrece po rozsvícení klesala, tento pokles se zastavil v 13:00, kdy začal amoniak prudce stoupat, následně v 15:00 exkrece klesla, a pohybovala se ve střídavých výkyvech. U nekrmených ryb, byly výkyvy exkrece amoniaku menší. Exkrece byla do 13:00 stabilní. Následně po 17:00 stoupala a klesala střídavě. Mezi 3:00 a 5:00 opět stoupla.

Měření u keříčkovců s $\bar{m} = 180$ g/ks, při kterém bylo podáváno rybám krmivo, ukázalo převládající exkreci amoniaku ve dne (5,79 mg TAN/kg/h), v noci byla 2,6 mg TAN/kg/h. Ryby, které krmivo nedostávaly, ukázaly nižší exkreci ve dne (7,7 mg TAN/kg/h), v noci dosáhly průměrně 3,5 mg TAN/kg/h. Během dne vystoupila hodnota exkrece amoniaku na maximum 9,7 mg TAN/kg/h v 19:00 a na minimum 0,2 mg TAN/kg/h v 11:00 u krmených ryb. U nekrmených ryb bylo maximum 14,8 mg TAN/kg/h v 15:00 a minimum 1,5 mg TAN/kg/h v 3:00. Exkrece amoniaku u krmených ryb také byla bez významných výkyvů, u nekrmených ryb se exkrece amoniaku zvedla v 15:00.

Při měření u ryb s $\bar{m} = 103$ g/ks při krmení převládala exkrece amoniaku ve dne (11,6 mg TAN/kg/h), v noci byla 7,2 mg TAN/kg/h. Keříčkovci, kteří krmení nebyly, měly exkreci amoniaku vyšší ve dne (5,2 mg TAN/kg/d), v noci dosahovala 5 mg TAN/kg/h. Diurnální průběhy pro všechny teploty, související s touto skupinou ryb, jsou umístěné v příloze č. 22. Maximální hodnota byla zjištěna ve vzorku odebraného v 15:00 a dosahovala 32,8 mg TAN/kg/h a minimální 1,9 mg TAN/kg/h se

vyskytovala v 9:00, v průběhu pokusu na krmených rybách. Pro ryby, které hladověly, bylo dosaženo maximum v exkreci 24,3 mg TAN/kg/h v 17:00 a minimum 0,4 mg TAN/kg/h v 1:00. Během měření došlo v exkreci amoniaku u krmených ryb ke snížení po rozsvícení a náhlému zvýšení po 13:00, u nekrmených ryb došlo k nápadnému výkyvu v 17:00 a ve 3:00, jinak byla spotřeba relativně kontinuální.

5. 1. 1. 2. Teplota 25 °C

Měření při teplotě 25 °C u ryb s $\bar{m} = 2495$ g/ks ukázalo u krmených ryb exkreci amoniaku při této teplotě ve dne (8,8 mg TAN/kg/h), v noci byla 5,2 mg TAN/kg/h. U nekrmených ryb byla exkrece amoniaku vyšší v denních hodinách (7,8 mg TAN/kg/h) a v noci byla 7,1 mg TAN/kg/h. Během dne se vyhoupla hodnota exkrece amoniaku na své maximum 17,4 mg TAN/kg/h v 5:00 a poklesla na minimum 3,7 mg TAN/kg/h v 13:00 u krmených ryb. Exkrece amoniaku u keříčkovců, kteří krmění nedostávali, dosáhla maximálně 11,6 mg TAN/kg/h a to v 5:00 a minimum bylo naměřeno v 7:00 (2,7 mg TAN/kg/h). Exkrece amoniaku v průběhu dne u této skupiny mírně stoupla v 19:00 a 5:00 u krmených ryb, u nekrmených ryb nebyly výkyvy tak výrazné. Při této teplotě nedošlo po zhasnutí ani po rozsvícení k výrazné změně v exkreci amoniaku.

U skupiny ryb s $\bar{m} = 1282$ g/ks byla naměřena, při teplotě 25 °C, u krmených ryb převládající exkrece amoniaku při této teplotě ve dne (7,3 mg TAN/kg/h), v noci byla 6,3 mg TAN/kg/h. U nekrmených ryb byla exkrece amoniaku vyšší ve dne (2,6 mg TAN/kg/h) v noci byla 0,7 mg TAN/kg/h. V průběhu měření vystoupla hodnota exkrece amoniaku nejvýše na 11,1 mg TAN/kg/h v 19:00 a nejnižší na 2,3 mg TAN/kg/h v 15:00 u ryb, které byly krmeny. Exkrece amoniaku u nekrmených ryb dosáhla 5,6 mg TAN/kg/h, což bylo maximum, v 15:00 a minimální hodnota v 11:00 ukázala 0,6 mg TAN/kg/h. Exkrece amoniaku v průběhu dne u nekrmených ryb mírně stoupla kolem 15:00 a u krmených ryb, stoupala nárazově v 11:00, 19:00 a 5:00.

Keříčkovci s $\bar{m} = 719$ g/ks, kterým byla předkládáno krmivo, měli převládající exkreci amoniaku ve dne (12,6 mg TAN/kg/h), v noci byla 10 mg TAN/kg/h. Ryby, které krmeny nebyly, měly exkreci amoniaku v průměru nižší ve dne (1 mg TAN/kg/h) a v noci stoupla na hodnotu 2,9 mg TAN/kg/h. Během dne se maximální hodnota exkrece amoniaku ukázala v 07:00 na začátku pokusu (22,9 mg TAN/kg/h) a na minimum klesla v 15:00 na 2 mg TAN/kg/h u krmených ryb. Exkrece amoniaku

u nekrmených ryb dosáhla maximálně 7,8 mg TAN/kg/h v 7:00 na začátku pokusu a minimum bylo zjištěno v 23:00 a rovnalo se prakticky nule. Exkrece amoniaku u krmených ryb po rozsvícení klesala, pak stoupla v 17:00, u nekrmených ryb byla exkrece nízká a velmi stabilní.

U skupiny ryb ($\bar{m} = 437$ g/ks) během krmení převládala exkrece amoniaku ve dne (21,5 mg TAN/kg/h), v noci byla 14,1 mg TAN/kg/h. U nekrmených ryb byla exkrece amoniaku vyšší taktéž ve dne (7,45 mg TAN/kg/h), v noci byla 3,6 mg TAN/kg/h. Během dne vystoupla hodnota exkrece amoniaku na maximum 58,1 mg TAN/kg/h v 19:00 a na minimum 0,7 mg TAN/kg/h klesla v 13:00 u krmených ryb. Exkrece amoniaku u nekrmených ryb dosáhla maximálně 21,3 mg TAN/kg/h v 15:00 a minimum bylo naměřeno v 19:00 a to 1,4 mg TAN/kg/h. Exkrece amoniaku u krmených ryb klesla po 11:00 a následně stoupla v 19:00, po zhasnutí pak k výkyvům již nedocházelo. U nekrmených ryb byla exkrece celkem stabilní, začala stoupat po 13:00, následně klesla a na svých hodnotách zhruba zůstala.

Měření u keříčkovců s průměrnou $\bar{m} = 299$ g ukázalo převládající exkreci amoniaku ve dne při krmení, dosáhla v průměru 12 mg TAN/kg/h, v noci byla 16 mg TAN/kg/h. U ryb, bez přístupu ke krmivu, byla exkrece amoniaku vyšší v denních hodinách a to průměrně (13 mg TAN/kg/h), v noci byla tato hodnota 4 mg TAN/kg/h. Exkrece amoniaku u nekrmených ryb dosáhla maximálně 22 mg TAN/kg/h v 19:00 a minimum bylo naměřeno v 3:00 a to 1,2 mg TAN/kg/h. Exkrece amoniaku u krmených ryb stoupala po rozsvícení, následně v 11:00 klesla a stoupla poté až po zhasnutí. U nekrmených ryb byla exkrece amoniaku stabilní, jediné zvýšení nastalo v 19:00.

Ryby s $\bar{m} = 180$ g/ks měly během krmení vyšší exkreci amoniaku v denních hodinách (17,9 mg TAN/kg/h), v noci byla 18,9 mg TAN/kg/h. Nekrmené ryby měly exkreci amoniaku vyšší přes den (21,1 mg TAN/kg/h), v noci byla 10,2 mg TAN/kg/h. V průběhu měření u krmených ryb, při teplotě 25 °C, vystoupla hodnota exkrece amoniaku na maximum, které bylo 38,4 mg TAN/kg/h v 11:00 a na minimální hodnotu se exkrece dostala v 21:00 na 1,3 mg TAN/kg/h. Když nebylo podáváno krmení, dosáhla exkrece maximálně 36,2 mg TAN/kg/h v 1:00 a minimum bylo naměřeno v 21:00 a bylo 10,8 mg TAN/kg/h. Exkrece amoniaku u krmených ryb stoupala po rozsvícení, následně v 11:00 klesla a stoupla poté až po zhasnutí. U nekrmených ryb se exkrece amoniaku zvýšila v 11:00 a poté po zhasnutí světla.

Měření, u skupiny s $\bar{m} = 103$ g/ks ukázalo převládající exkreci amoniaku ve dne u krmených ryb (9,8 mg TAN/kg/h), v noci byla 6,7 mg TAN/kg/h. U hladových ryb byla exkrece amoniaku vyšší ve dne (2,17 mg TAN/kg/h), v noci byla pouhých 1,2 mg TAN/kg/h. Během dne vystoupila hodnota exkrece amoniaku na maximum 23,8 mg TAN/kg/h v 7:00 na začátku pokusu a na minimum klesla na 2 mg TAN/kg/h v 7:00 na konci pokusu u krmených ryb. Exkrece amoniaku u nekrmených ryb dosáhla maximálně 4,9 mg TAN/kg/h v 13:00 a minimum bylo naměřeno v 21:00 a to odpovídalo prakticky 0 mg TAN/kg/h. Exkrece amoniaku klesla po rozsvícení u krmených ryb a následně se držela poměrně vyrovnaně, u nekrmených ryb byla při této teplotě také kontinuální.

U skupiny keříčkovců s $\bar{m} = 21$ g/ks byla, během krmení, převládající exkrece amoniaku ve dne (14,6 mg TAN/kg/h), v noci byla 6,6 mg TAN/kg/h. Ryby bez krmiva měly exkreci amoniaku vyšší ve dne (25,5 mg TAN/kg/h), v noci byla 16,5 mg TAN/kg/h. Během dne dosáhla hodnota exkrece amoniaku svého maxima v 7:00 na začátku pokusu, tato hodnota byla rovna 24,7 mg TAN/kg/h a na minimum klesla exkrece v 1:00 a to na 2,3 mg TAN/kg/h v průběhu krmení. Exkrece amoniaku u vylačňených ryb dosáhla maximálně 28,3 mg TAN/kg/h v 7:00 na začátku pokusu a minimum bylo zjištěno v 5:00 a mělo hodnotu 2,8 mg TAN/kg/h. V průběhu měření, v teplotě mezi 25 °C a 25,5 °C byla u krmených ryb exkrece amoniaku spíše s klesající tendencí, stoupala před rozsvícením, nekrmené ryby produkovaly amoniak s mnoha výkyvy, po rozsvícení exkrece klesla a stoupla kolem 13:00, po zhasnutí se exkrece amoniaku zvýšila.

5. 1. 1. 3. Teplota 28 °C

Ryby s $\bar{m} = 2495$ g/ks produkovaly během krmení více amoniaku ve dne (8,6 mg TAN/kg/h), v noci byla exkrece jen 5,7 mg TAN/kg/h. U ryb, kterým nebylo podáváno krmivo, byla přes den naměřena denní exkrece amoniaku 9,7 mg TAN/kg/h a v noci 8 mg TAN/kg/h. V průběhu dne byla nejvyšší hodnota exkrece amoniaku u krmených ryb naměřena v 15:00 a nabyla hodnoty 11,3 mg TAN/kg/h. Nejnižší hodnota exkrece amoniaku čítala 2,3 mg TAN/kg/h v 7:00. U nekrmených ryb byla maximální exkrece amoniaku zjištěna v 21:00 a dosáhla hodnoty 10,8 mg TAN/kg/h, nejnižší v 19:00 a byla 6,2 mg TAN/kg/h. Exkrece amoniaku u krmených ryb stoupla od 13:00.

Keříčkovci s $\bar{m} = 1282$ g/ks měly během krmení nižší exkreci amoniaku ve dne (12,2 mg TAN/kg/h), v noci byla 14,5 mg TAN/kg/h. Ryby, které nebyly krmeny, dosáhly přes den v průměru svou exkrecí na 14,6 mg TAN/kg/h a v noci 8,8 mg TAN/kg/d. V průběhu dne byla nejvyšší hodnota exkrece amoniaku, zjištěna ve vzorku odebraném v 15:00 u krmených ryb měla hodnotu 11,3 mg TAN/kg/h. Minimální hodnota spotřeby amoniaku byla zjištěna v 7:00 a to 2,3 mg TAN/kg/h. U nekrmených ryb byla maximální exkrece amoniaku v 21:00 a nabyla hodnoty 10,8 mg TAN/kg/h, nejnižší v 19:00 nabyla 6,2 mg TAN/kg/h. Exkrece amoniaku u krmených ryb stoupla od 13:00, v 19:00 začala opět klesat.

U ryb s $\bar{m} = 719$ g/ks byla vyšší exkrece amoniaku u krmených ryb při světle (21,2 mg TAN/kg/h), v noci dosahovala průměrně 11 mg TAN/kg/h. Ryby, které nebyly krmeny, produkovaly ve dne 6,3 mg TAN/kg/h a v noci 4,9 mg TAN/kg/h. Při měření byla maximální hodnota exkrece amoniaku u krmených ryb v 1:00 a to 37,8 mg TAN/kg/h. Nejnižší hodnota exkrece amoniaku byla zjištěna ze vzorku odebraného v 7:00 na konci pokusu a to 6,6 mg TAN/kg/h. Nekrmení keříčkovci měli nejvyšší exkreci amoniaku v 23:00 a byla vysoká 16,9 mg TAN/kg/h, nejnižší v 13:00 dosahovala hodnoty 0,4 mg TAN/kg/h. Exkrece amoniaku u krmených ryb stoupala vyváženě od 15:00 a vrcholila v 1:00, kdy začala opět klesat, u nekrmených ryb stoupala po zhasnutí.

Měření během teploty 28 °C u krmených ryb s $\bar{m} = 436$ g/ks ukázalo vyšší exkreci amoniaku ve dne (22,7 mg TAN/kg/h), v noci byla 15,1 mg TAN/kg/h. Nekrmeným keříčkovcům bylo přes den naměřeno 12,6 mg TAN/kg/h produkce amoniaku a v noci 9,9 mg TAN/kg/h. V průběhu dne byla maximální hodnota exkrece amoniaku, v průběhu krmení, naměřena v 23:00 a nabyla hodnoty 32,6 mg TAN/kg/h. Nejnižší hodnota amoniakální exkrece byla 6,9 mg TAN/kg/h v 1:00. U nekrmených ryb byla maximální exkrece amoniaku naměřena v 23:00 a dosáhla hodnoty 31,1 mg TAN/kg/h, nejnižší v 13:00 a to 1,8 mg TAN/kg/h. Exkrece amoniaku u krmených ryb stoupala vyváženě od 7:00 a vrcholila v 17:00, kdy začala opět klesat, následně stoupla po zhasnutí, u nekrmených ryb stoupala po rozsvícení, následně klesla a ke stoupání exkrece došlo opět po zhasnutí.

Ryby s $\bar{m} = 299$ g/ks vyprodukovaly při krmení ve dne (23,6 mg TAN/kg/h), v noci byla exkrece 25,4 mg TAN/kg/h. U nekrmených ryb byla přes den naměřena hodnota exkrece amoniaku 30,2 mg TAN/kg/h a v noci 24,7 mg TAN/kg/h. Během

pokusu při 28 °C byla nejvyšší hodnota exkrece amoniaku u krmených ryb zjištěna ze vzorku odebraného v 17:00 a nabyla 57,1 mg TAN/kg/h. Minimum exkrece amoniaku bylo 3,3 mg TAN/kg/h v 13:00. U nekrmených ryb byla maximální exkrece amoniaku naměřena v 17:00, dosahovala 60,8 mg TAN/kg/h, nejnižší v 7:00 na začátku měření a to 5,5 mg TAN/kg/h. V průběhu měření došlo u exkrece amoniaku u krmených ryb k výraznému zvýšení v 17:00, dále se exkrece výrazně snižovala, následné zvýšení nastalo v 3:00. U nekrmených ryb došlo ke zvýšení exkrece amoniaku v 11:00, a pak v 17:00. Po zhasnutí došlo u nekrmených ryb k ustálení, exkrece amoniaku klesla při rozsvícení.

U skupiny ryb s $\bar{m} = 180$ g/ks měly krmené ryby vyšší exkreci amoniaku ve dne (7,3 mg TAN/kg/h), v noci byla 8,5 mg TAN/kg/h. U nekrmených ryb byla přes den naměřena hodnota exkrece amoniaku 7,14 mg TAN/kg/h a v noci 11 mg TAN/kg/h. V průběhu měření bylo maximum exkrece amoniaku u krmených ryb naměřeno v 3:00 a nabylo hodnoty 26,3 mg TAN/kg/h. Nejnižší hodnota exkrece amoniaku byla v 1:00 a to 0,5 mg TAN/kg/h. U nekrmených ryb byla maximální exkrece amoniaku naměřena ve vzorku odebraném v 11:00 a dosáhla hodnoty 23,3 mg TAN/kg/h, minimum v 13:00 bylo 0,2 mg TAN/kg/h. V průběhu měření došlo ke zvýšení exkrece amoniaku u krmených ryb po 11:00 a po zhasnutí. U nekrmených ryb se exkrece amoniaku zvýšila po 11:00 a následně po 23:00, poté do rozsvícení klesala.

Ryby s $\bar{m} = 103$ g/ks při krmení více produkovaly amoniak ve dne (10,1 mg TAN/kg/h), noční průměrná hodnota 5,5 mg TAN/kg/h byla nižší. Rybám bez krmení byla přes den zjištěna hodnota exkrece amoniaku 9,4 mg TAN/kg/h a v noci 4,7 mg TAN/kg/h. Během pokusů byla zjištěna nejvyšší hodnota exkrece amoniaku u ryb, kterým bylo podáváno krmivo, v 9:00 a to 16,3 mg TAN/kg/h. Nejnižší hodnota exkrece amoniaku dosahovala pouhých 0,1 mg TAN/kg/h v 19:00. Nekrmené ryby maximálně produkovaly amoniak v 17:00 a to 28,9 mg TAN/kg/h, minimálně v 9:00 (0,5 mg TAN/kg/h). V průběhu měření došlo ke zvýšení exkrece amoniaku u krmených ryb po rozsvícení pak průběžně klesala až do 17:00. Po zhasnutí se exkrece amoniaku opět snížila. U nekrmených ryb se zvýšila po 11:00 a následně po 21:00, poté do rozsvícení klesala.

Měření u keříčkovců s $\bar{m} = 21$ g/ks ukázalo při krmení vyšší exkreci amoniaku v denních hodinách (10 mg TAN/kg/h), v noci byla 9,1 mg TAN/kg/h. U nekrmených ryb byla přes den naměřena hodnota exkrece amoniaku 20,6 mg TAN/kg/h a v noci

15,7 mg TAN/kg/h. V průběhu celodenního měření byla nejvyšší hodnota exkrece amoniaku, během krmení ryb, naměřena v 11:00 a nabyla hodnoty 32,8 mg TAN/kg/h. Nejnižší hodnota exkrece amoniaku byla 0,5 mg TAN/kg/l v 21:00 na konci pokusu. U vyláčených ryb byla maximální exkrece amoniaku naměřena v 17:00 a dosáhla hodnoty 40,9 mg TAN/kg/h, nejnižší v 13:00 a byla 5,4 mg TAN/kg/h. V průběhu měření exkrece amoniaku u krmených ryb stoupala po rozsvícení, pak klesla v 13:00 a stoupla následně až po zhasnutí, u nekrmených ryb se po rozsvícení také zvedla, pak klesla po 13:00 a stoupla před zhasnutím, ve tmě pak exkrece amoniaku lehce stoupala.

5. 1. 1. 4. Teplota 30 °C

Měření u ryb o $\bar{m} = 2495$ g/ks ukázalo exkreci amoniaku u krmených ryb během denních hodin nižší (7,2 mg TAN/kg/h) a v nočních vyšší (9,7 mg TAN/kg/h). U hladových ryb byla exkrece amoniaku ve dne 19,9 mg TAN/kg/h vyšší než v noci (15,5 mg TAN/kg/h). Během pokusného měření byla zaznamenána nejvyšší hodnota exkrece amoniaku u krmených ryb v 5:00 a dosahovala hodnoty 20,8 mg TAN/kg/h. Nejnižší hodnota tohoto měření byla 3,3 mg TAN/kg/h v 7:00. U nekrmených ryb byla naměřena maximální exkrece amoniaku v 3:00 a to 18,8 mg TAN/kg/l a minimální exkrece (13,3 mg TAN/kg/l) byla zjištěna v 23:00. Exkrece amoniaku poklesla u nekrmených ryb v 23:00, jinak byla také stálá, u krmených ryb po zhasnutí exkrece amoniaku stoupla.

U skupiny keříčkovců ($\bar{m} = 1282$ g/ks) během teploty 30 °C byla exkrece amoniaku, u ryb s poskytnutým krmivem, ve dne (6 mg TAN/kg/h) a v noci (11,9 mg TAN/kg/h). Hladové ryby produkovaly amoniak přes den v průměrné výši 17,8 mg TAN/kg/h, v noci byla exkrece 7,6 mg TAN/kg/h. Během dne byla nejvyšší hodnota exkrece amoniaku u krmených ryb naměřena v 5:00 a to 31 mg TAN/kg/h. Nejnižší hodnota tohoto měření u ryb čítala 2,6 mg TAN/kg/h v 7:00. Nekrmení keříčkovci měli maximální exkreci amoniaku (23,8 mg TAN/kg/l) v 15:00 a minimální (1,7 mg TAN/kg/l) v 5:00. Exkrece amoniaku se zvyšovala u nekrmených ryb od doby rozsvícení, maxima dosáhla v 15:00 a nadále klesala, u krmených ryb, po zhasnutí exkrece amoniaku stoupla a maxima dosáhla v již zmíněných 5:00.

Ryby s $\bar{m} = 719$ g/ks měly exkreci amoniaku během krmení ve dne (8,5 mg TAN/kg/h) a v noci (17,1 mg TAN/kg/h). U hladových ryb byla exkrece amoniaku ve dne 6,3 mg TAN/kg/h vyšší, v noci byla jen 4,6 mg TAN/kg/h. Během dne

byla nejvyšší hodnota exkrece amoniaku v průběhu krmení naměřena v 23:00 a dosahovala 22,3 mg TAN/kg/h. Minimální hodnota tohoto měření byla 3,2 mg TAN/kg/h v 9:00. Ryby, kterým nebylo podáváno krmivo, měly maximální exkreci amoniaku v 9:00 a to 15,8 mg TAN/kg/h a minimální exkrece byla prakticky nulová v 1:00. Exkrece amoniaku se zvyšovala u krmených ryb od 11:00 a od 13:00 opět klesla, výrazně stoupla po zhasnutí. U nekrmených ryb se exkrece amoniaku zvedla v 9:00, aby nadále klesala, až do 15:00, kdy se zvedla a po dvou hodinách opět začala klesat, další zvýšení exkrece nastalo po 3:00.

Měření u skupiny ryb s $\bar{m} = 436$ g/ks, při 30 °C, ukázalo exkreci amoniaku u krmených ryb ve dne (25,5 mg TAN/kg/h) a v noci (19,2 mg TAN/kg/h). Keříčkovci, kteří nedostávali krmivo, měli exkreci amoniaku ve dne 7,4 mg TAN/kg/h vyšší, v noci byla průměrně jen 1,1 mg TAN/kg/h. Během dne byla nejvyšší hodnota exkrece amoniaku u krmených ryb, zjištěna ze vzorku odebraného v 11:00 a dosahovala hodnoty 44 mg TAN/kg/h. Nejnižší hodnota tohoto měření byla 4,5 mg TAN/kg/h v 3:00. U nekrmených ryb byla maximální exkrece amoniaku naměřena v 13:00 a to 25,6 mg TAN/kg/h a minimální exkrece byla 0,2 mg TAN/kg/h v 23:00. Exkrece amoniaku se zvyšovala u krmených ryb od 11:00 a od 13:00 opět klesla, výrazně stoupla po zhasnutí. U nekrmených ryb se exkrece amoniaku zvedla v 13:00, aby nadále klesala, až do 15:00 kdy se stabilizovala až do konce pokusu.

U ryb s $\bar{m} = 299$ g/ks byla exkrece amoniaku během krmení ve dne (16,7 mg TAN/kg/d) a v noci (1,8 mg TAN/kg/d). U ryb, kterým krmivo podáváno nebylo, dosahovala exkrece amoniaku přes den průměrně 9,6 mg TAN/kg/h, v noci byla 4,3 mg TAN/kg/h. Měření u krmených ryb ukázalo nejvyšší hodnotu exkrece amoniaku v 13:00 a to 21,8 mg TAN/kg/h. Nejnižší hodnota tohoto měření pak byla prakticky nulová v 5:00. Nekrmené ryby dosáhly svého maxima v exkreci amoniaku v 21:00, mělo hodnotu 12,5 mg TAN/kg/h a minimální exkrece byla 1,2 mg TAN/kg/h v 5:00. V průběhu pokusu se exkrece amoniaku nijak výrazně neměnila ani u krmených ani u hladových ryb.

Ryby s $\bar{m} = 180$ g/ks ukázaly exkreci amoniaku během krmení ve dne (12,6 mg TAN/kg/h) vyšší a v noci (9,4 mg TAN/kg/h). Exkrece amoniaku ve dne (17,2 mg TAN/kg/h) byla vyšší než v noci (8,7 mg TAN/kg/h). Během dne byla nejvyšší hodnota exkrece amoniaku u krmených ryb naměřena v 15:00 a dosahovala 27,1 mg TAN/kg/h. Nejnižší hodnota tohoto měření byla prakticky nulová v 17:00.

U nekrmených ryb byla maximální exkrece amoniaku naměřena v 15:00 a to 30,9 mg TAN/kg/l a minimální exkrece byla 2,6 mg TAN/kg/l v 17:00. U nekrmených ryb se exkrece amoniaku snižovala po rozsvícení, v 15:00 stoupala a následně klesla, po zhasnutí byla kontinuální. Exkrece amoniaku u krmených ryb zpočátku klesala, ale následně během odpoledne stoupla, v 17:00 byl zaznamenán výrazný pokles, exkrece se začala zvyšovat poté po zhasnutí.

Měření u ryb s $\bar{m} = 103$ g/ks vykazovalo vyšší exkreci během krmení ve dne 26,3 mg TAN/kg/h a v noci 32,3 mg TAN/kg/h. Ryby, které nedostávaly krmivo, měly exkreci amoniaku v denních hodinách průměrně (40,7 mg TAN/kg/h) vyšší, v noci byla 23,2 mg TAN/kg/h. V průběhu měření na krmených rybách byla nejvyšší hodnota exkrece amoniaku naměřena v 5:00 a to 49,7 mg TAN/kg/h. Nejnižší hodnota tohoto měření byla 9,8 mg TAN/kg/h ve vzorku z 15:00. Hladoví keříčkovci vyprodukovali za den maximálně 54,6 mg TAN/kg/l v 21:00 a minimální exkrece byla prakticky nulová v 3:00. Během pokusu docházelo ke značným výkyvům exkrece amoniaku u krmených i nekrmených ryb, u krmených ryb se exkrece po rozsvícení zvýšila, v 13:00 opět klesla a následně se s lehkými výkyvy průběžně zvedala. Exkrece amoniaku u nekrmených ryb byla až do 17:00 poměrně vyrovnaná, k výkyvu směrem nahoru došlo v 21:00, poté exkrece klesla, následně došlo k výkyvu ve 3:00, kdy ryby téměř amoniak neprodukovaly, poté se před rozsvícením opět exkrece zvedala.

Ryby s $\bar{m} = 21$ g/ks měly exkreci amoniaku při krmení ve dne (23,4 mg TAN/kg/h) a v noci (11,2 mg TAN/kg/h). U nekrmených ryb byla exkrece amoniaku ve dne 25,8 mg TAN/kg/h vyšší, v noci byla 18,3 mg TAN/kg/h. Během dne byla nejvyšší hodnota exkrece amoniaku u krmených ryb naměřena v 17:00 a dosahovala 36,2 mg TAN/kg/h. Minimální exkrece při měření byla 4,9 mg TAN/kg/h v 5:00. U nekrmených ryb byla maximální exkrece amoniaku naměřena v 9:00 a to 34,8 mg TAN/kg/l a nejméně ryby produkovaly 3 mg TAN/kg/l v 3:00. V průběhu pokusu na této teplotě docházelo ke zvýšení exkrece amoniaku po 9:00 u krmených i hladových ryb, Významné snížení exkrece amoniaku bylo zaznamenáno po zhasnutí u krmených ryb. U hladových ryb byla exkrece amoniaku nestálá, klesla po 19:00 a výrazně klesla v 3:00, zvýšila se před rozsvícením.

5. 1. 2. Rozdíl v exkreci amoniaku u krmených a nekrmených ryb

Exkrece amoniaku za celé měření se srovnáním mezi krmenými a nekrmenými rybami je znázorněna v grafech umístěných v příloze č. 23 – 26.

5. 1. 2. 1. Teplota 22 °C

Měření u ryb s $\bar{m} = 2495$ g/ks ukázalo, při teplotě 22 °C, vyšší celodenní exkreci amoniaku u krmených ryb o 216 mg TAN/kg/d než u nekrmených ryb. Pokus při nejnižší teplotě u ryb s $\bar{m} = 1282$ g/ks, ukázal vyšší celodenní exkreci amoniaku u krmených ryb o 369,7 mg TAN/kg/d než u nekrmených ryb. U keříčkovců s $\bar{m} = 719$ g/ks byla vyšší celodenní exkrece amoniaku u krmených ryb o 580,9 mg TAN/kg/d než u vyláčených. Měření u skupiny s $\bar{m} = 437$ g/ks ukázalo vyšší celodenní exkreci amoniaku u krmených ryb o 450 mg TAN/kg/d než u hladových ryb. U keříčkovců s $\bar{m} = 299$ g/ks byla vyšší celodenní exkrece amoniaku u ryb, které byly krmeny, o 352,3 mg TAN/kg/d. Keříčkovci o $\bar{m} = 180$ g/ks měli vyšší celodenní exkreci amoniaku u nekrmených ryb o 36 mg TAN/kg/d. Ryby s $\bar{m} = 103$ g/ks ukázaly vyšší celodenní exkreci amoniaku o 112,4 mg TAN/kg/d během krmení.

5. 1. 2. 2. Teplota 25 °C

Měření při teplotě 25 °C u keříčkovců s $\bar{m} = 2495$ g/ks ukázalo vyšší celodenní exkreci amoniaku u krmených ryb o 42,2 mg TAN/kg/d. U skupiny ryb s $\bar{m} = 1282$ g/ks ukázalo vyšší celodenní exkreci amoniaku u ryb, které byly krmeny, o 121,2 mg TAN/kg/d než u hladových. U ryb s průměrnou hmotností 719 g/ks byla vyšší celodenní exkrece amoniaku u ryb, kterým bylo podáváno krmivo, o 234 mg TAN/kg/d než u nekrmených. Pokus na rybách s $\bar{m} = 436$ g/ks ukázal zvýšenou celodenní exkreci amoniaku u krmených ryb o 300,8 mg TAN/kg/d než u ryb, které krmivo nedostávaly. Při této teplotě se u ryb vážících v průměru 298 g/ks ukázalo měření vyšší celodenní exkreci amoniaku u krmených ryb o 328,8 mg TAN/kg/d než u nekrmených ryb. U skupiny s $\bar{m} = 180$ g/ks byla nižší celodenní exkrece amoniaku o 40,5 mg TAN/kg/d během krmení. Ryby s $\bar{m} = 103$ g/ks měly nižší celodenní exkreci amoniaku během hladovění o 161,7 mg TAN/kg/d. U ryb s $\bar{m} = 21$ g/ks měly nižší celodenní exkreci amoniaku krmené ryby o 213,4 mg TAN/kg/d než u nekrmené

5. 1. 2. 2. Teplota 28 °C

Při teplotě 28 °C ukázalo měření, u ryb s $\bar{m} = 2495$ g/ks, nižší celodenní exkreci amoniaku u krmených ryb a to 39 mg TAN/kg/d. Ryby $\bar{m} = 1282$ g/ks měly vyšší celodenní exkreci amoniaku při krmení a to o 22,3 mg TAN/kg/d. Měření u ryb ($\bar{m} = 719$ g/ks) ukázalo vyšší celodenní exkreci amoniaku během krmení, o 321 mg TAN/kg/d. Ryby o $\bar{m} = 436$ g/ks měly vyšší celodenní exkreci amoniaku také v průběhu krmení a to o 193,7 mg TAN/kg/d. Měření během této teploty u ryb s $\bar{m} = 299$ g/ks, ukázalo vyšší celodenní exkreci amoniaku u nekrmených ryb a to o 84,3 mg TAN/kg/d. Ryby s $\bar{m} = 180$ g/ks ukázaly vyšší celodenní exkreci amoniaku u nekrmených ryb o hodnotu 57,7 mg TAN/kg/d. U této teploty se u ryb s průměrnou $\bar{m} = 103$ g/ks se ukázala vyšší celodenní exkrece amoniaku u nekrmených ryb o 18,5 mg TAN/kg/d. U skupiny ryb s $\bar{m} = 21$ g/ks byla vyšší celodenní exkrece amoniaku u nekrmených ryb o hodnotu 213 mg TAN/kg/d.

5. 1. 2. 2. Teplota 30 °C

Ryby s $\bar{m} = 2495$ g/ks ukázaly vyšší celodenní exkreci amoniaku u nekrmených ryb o 236,1 mg TAN/kg/d. U skupiny ryb s $\bar{m} = 1282$ g/ks byla vyšší celodenní exkrece amoniaku u nekrmených ryb o 121,7 mg TAN/kg/d. Měření během teploty 30 °C u ryb s $\bar{m} = 719$ g/ks ukázalo vyšší celodenní exkreci amoniaku u nekrmených ryb o 155,4 mg TAN/kg/d. Ryby s průměrnou hmotností 436 g/ks měly vyšší celodenní exkreci amoniaku, během podávání potravy, o 434,6 mg TAN/kg/d. Keříčkovci ($\bar{m} = 299$ g/ks) produkovali více amoniaku během krmení jen o 4,2 mg TAN/kg/d. U ryb ($\bar{m} = 180$ g/ks) byla vyšší celodenní exkrece amoniaku, během hladovění, o 57,7 mg TAN/kg/d. Ryby vážící v průměru 103 g/ks, měly vyšší celodenní exkreci amoniaku hladové o 110,4 mg TAN/kg/d. Měření s průměrnou hmotností ryb 21 g/ks ukázalo vyšší celodenní exkreci amoniaku při nekrmení o 104,4 mg TAN/kg/d.

5. 1. 3. Vliv hmotnosti ryb na exkreci amoniaku

Během měření při teplotě 22 °C při krmení byla nejvyšší exkrece amoniaku u ryb s $\bar{m} = 299$ g/ks 755 mg TAN/kg/d, nejmenší exkreci amoniaku vykazovaly ryby 180

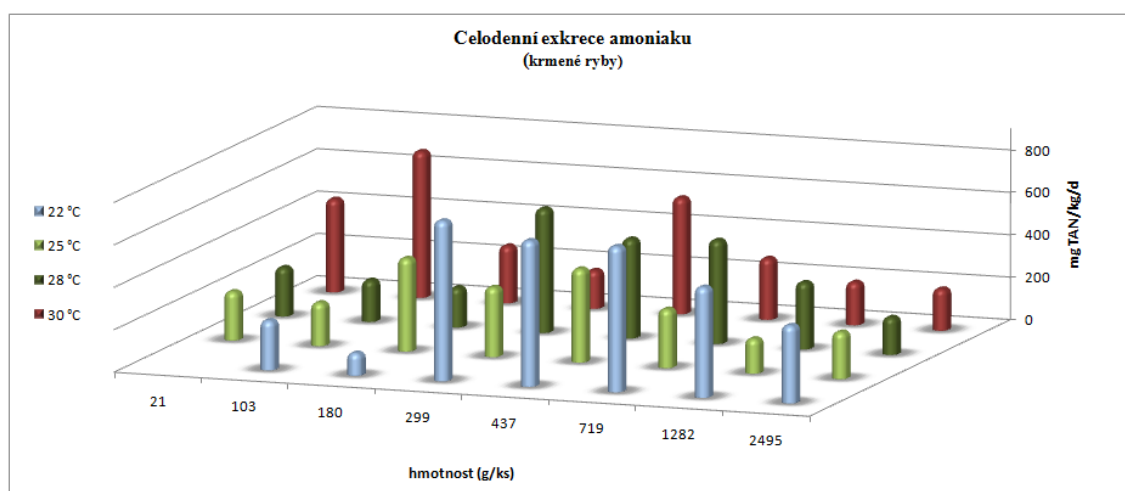
g/ks. U pokusu bez krmení při teplotě 22 °C měly nejvyšší exkreci ryby o průměrné hmotnosti 299 g/ks a nejnižší exkreci měly ryby s $\bar{m} = 719$ g/ks.

Při teplotě 25 °C byla exkrece amoniaku nejvyšší, během krmení, u skupiny s $\bar{m} = 437$ g/ks a nejnižší u ryb s průměrnou hmotností 1282 g/ks. U této teploty měly nejvyšší exkreci nekrmené ryby $\bar{m} = 180$ g/ks, nejnižší celodenní exkrece byla zaznamenána u ryb $\bar{m} = 103$ g/ks.

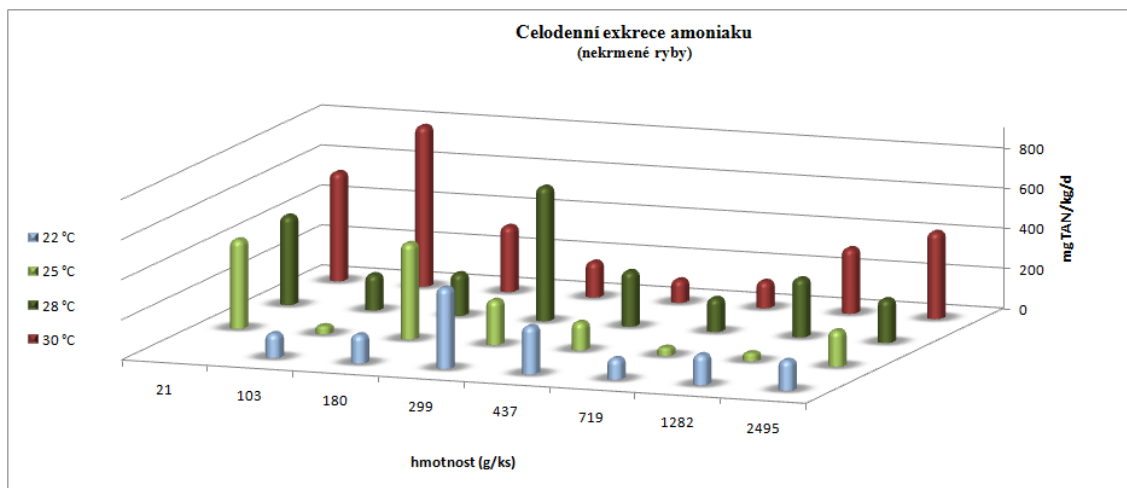
V průběhu měření při teplotě 28 °C byla nejvyšší exkrece amoniaku zaznamenána u ryb s $\bar{m} = 299$ g/ks (585,6 mg TAN/kg/d) a nejmenší exkrece (177,1 mg TAN/kg/d) u $\bar{m} = 2495$ g/ks, během krmení. Nejvyšší exkrece amoniaku byla u nekrmených ryb 669,8 mg TAN/kg/d u $\bar{m} = 299$ g/ks a nejnižší u $\bar{m} = 719$ g/ks (167,9 mg TAN/kg/d).

Během měření při teplotě 30 °C byla nejnižší hodnota exkrece amoniaku naměřena u ryb s průměrnou hmotností 437 g/ks a to 115 mg TAN/kg/d při vylučnění. Při této teplotě byla maximální exkrece u skupiny 103g ryb (801 mg TAN/kg/d).

Vliv hmotnosti na exkreci amoniaku při všech teplotách je znázorněn v následujících dvou grafech č. 3 a č. 4 pro krmené i vylučněné keříčkovce.



Graf č. 3: Celodenní exkrece amoniaku v průběhu krmení



Graf č. 4: Celodenní exkrece amoniaku v průběhu pokusu bez krmení

5. 1. 4. Vliv teploty na exkreci amoniaku

U krmených ryb exkrece amoniaku u dvou nejmenších průměrných hmotností 21 g/ks, 103 g/ks stoupala se zvyšující se teplotou. U ryb s vyšší průměrnou hmotností 2495 g/ks, 1282 g/ks, 719 g/ks, 436 g/ks a 299 g/ks byla exkrece amoniaku nejvyšší v teplotě 22 °C. Exkrece amoniaku byla zvýšená u teplot 25 °C a 28 °C u ryb v průměrné velikosti mezi 298 g/ks a 719 g/ks, ostatní skupiny ryb ji měly nižší. U ryb s $\bar{m} = 2495$ g se exkrece amoniaku s klesající teplotou zvedala.

Exkrece amoniaku u nekrmených keříčkovců se až na ryby s průměrnými hmotnostmi 180 g/ks, 299 g/ks, 436 g/ks a 719 g/ks, s teplotou zvyšovala. U vyjmenovaných skupin se neúměrně zvýšila exkrece amoniaku při teplotě 28 °C a 22 °C.

6. Diskuze

Tato práce se věnuje vlivu teploty, velikosti a nakrmenosti ryb na spotřebu kyslíku a exkreci amoniaku u keříčkovce červenolemého. Exkrece amoniaku a spotřeba kyslíku jsou u ryb považovány za ukazatele intenzity metabolismu. Změny metabolismu závisí na četných biotických a abiotických podmínkách (Jobling, 1985). Jobling (1985) a Cai (1992) uvádí, že studie mnoha rybích druhů prokázaly závislost metabolických procesů na teplotě. Tato práce jejich tvrzení podporuje. Zakes et al. (2003) uvádí, že poměr spotřeby a exkrece amoniaku je závislý na teplotě, kdy jsou rozdíly patrné i u změny o 1 °C. Tato citlivost je mými výsledky podpořena. Nejvyšší dopad na intenzitu metabolismu má mít velikost ryb. Teplotní toleranci uvádí Hecht et al. (1988) u keříčkovce červenolemého mezi 7 °C a 38 °C, preferenci uvádí pro teploty od 28 °C do 33 °C, jako nejlepší pro fyziologické procesy metabolismu zmiňuje teplotu 30 °C.

Výsledky této práce ukázaly nejnižší spotřebu kyslíku u ryb s hmotností nad 1 kg. Nejvyšší spotřebu kyslíku pak měly ryby pod 500 g. Je možno tedy říci, že spotřeba kyslíku závisí na velikosti. Podobný trend byl pozorován i Zakesem et al. (2003). Tento výsledek způsobila zřejmě různá intenzita metabolismu malých a velkých ryb. U keříčkovce červenolemého je nutno také zohlednit jeho schopnost dýchání atmosférického vzduchu pomocí přídatného dýchacího, keříčkovitého orgánu. Tento orgán se vyvíjí s věkem ryby (Babiker, 1979). Ryba je schopna v dospělosti, jak uvádí Babiker (1979), pokrýt 50 – 60 % své potřeby kyslíku ze vzduchu. Přístup ryb k vodní hladině byl během pokusu pro ryby samozřejmě volný, bylo rybám potřeba zajistit jistý welfare, a tak je pravděpodobnost snižování spotřeby díky této schopnosti vysoká. Spotřeba kyslíku v závislosti na hmotnosti ryb ale kolísala, a to prakticky u všech teplot. Již dříve bylo zjištěno, že vliv na spotřebu kyslíku v závislosti na velikosti ryby u lososa (*Salmo salar*) má míra intenzifikace chovu a prostředí, ve kterém je ryba chována (Fivelstad, 1999). Míru spotřeby kyslíku u různých hmotnostních skupin mohly ovlivnit také další faktory jako fotoperioda (Page, Andrews, 1975) nebo dávka a typ krmiva (Halver, 1989). U lína obecného (*Tinca tinca*) byl zaznamenán vliv dávky krmiva na spotřebu kyslíku také (Lang, 2008). Během pokusu bylo zkrmováno množství krmiva, které ryby byly schopny zkonsumovat, dávky tak nebyly uniformní po celou dobu měření. Tento aspekt mohl spotřebu kyslíku u různých velikostí výrazně ovlivnit.

Diurnální průběh spotřeby kyslíku byl poměrově pro většinu hmotnostních kategorií stejný. *Clarias gariepinus* je běžně považován za denní i noční zvíře (Appelbaum, McGeer, 1998). Výsledky, které autoři Appelbaum a McGeer (1998) prezentovali, ukázaly spotřebu vyššího podílu z krmné dávky zvýšenou přes den. Toto tvrzení je v rozporu s Hossainem (Hossain et al., 1998), který pozoroval vyšší aktivitu u *Clarias gariepinus* v nočních hodinách. Počet nádechů ukázal u pokusů prováděných Ruedou (2004) vyšší spotřebu atmosferického kyslíku ve dne. Moje pokusy, které byly prováděny v akvariijní místnosti však výrazný výkyv mezi noční a denní spotřebou nezaznamenaly. Občasné náhlé zvýšení spotřeby kyslíku mohlo být způsobeno také stresem ryb způsobeným ať už měřením přímo, nějakým vedlejším aspektem (rušivý vliv okolí) nebo také příležitostnými souboji mezi rybami.

Vliv nakrmenosti na spotřebu kyslíku byl posuzován rozdíly mezi měřením u krmených a nekrmených ryb. Výsledky jasně ukázaly vyšší spotřebu kyslíku u krmených ryb než u ryb, které hladověly. Toto bylo pozorováno i u tilapie nilské (*Oreochromis niloticus*) Koppem (2008) či okouna říčního (*Perca fluviatilis*) Caiem a Summerfeltem (1992), kdy byla nejnižší spotřeba kyslíku také u hladových ryb. Během měření u nekrmených ryb byla pozorována agresivita zvláště u ryb do cca 800 g/ks, což se projevilo častým mechanickým poškozením ryb. Chvilé agresivity pak střídaly dlouhé chvíle odpočinku a nehybnosti.

Vliv teploty na spotřebu kyslíku byl nápadný. Spotřeba kyslíku se u ryb se stoupající teplotou zvyšovala. Závislost teploty na spotřebu kyslíku například u *Anguilla anguilla* (Degani et al., 1989) byla lineární, podobná studie se stejným lineárním trendem byla provedena na candátovi obecném (*Sander lucioperca*) Zakesem a Karpinskim v roce 1999.

Tato práce se věnovala také exkreci amoniaku. Produkce tohoto metabolitu, je ovládána mnoha faktory jako jsou například krmení jeho četnost a typ, druh ryby, délka hladovění, což bylo provedeno opět na candátovi (Zakes, Karpinski, 1999). Výsledky měření v této práci neukázaly přepokládaný výsledek zvyšující se exkrece amoniaku se snižující se individuální hmotností ryby. Pokusy provedené na *Perca fluviatilis* (Zakes et al., 2003) a *Sander lucioperca* (Zakes, Karpinski, 1999) ukázaly zvyšující se exkreci amoniaku se snižující se hmotností. Exkrece amoniaku během mých pokusů nevykazovala závislost na velikosti ryby. Jedním z možných důvodů je neuniformované krmení, ryby byly, stejně jako u spotřeby kyslíku, krmeny dokud potravu přijímaly, tedy

nikoliv všechny stejně. Dalším z důvodů tohoto výsledku může být stres, který není na velikosti v takové míře závislý. Do jisté míry mohla exkreci amoniaku u všech velikostí ryb ovlivnit už tak vysoká koncentrace amoniakálního dusíku v systému, tento fakt je u recirkulačních systémů způsoben kumulací odpadních látek v průběhu času. Protože pokus trval tři dny, během nichž se voda téměř neměnila, funkce filtru mohla být také omezená, při čemž v celém systému bylo malé množství kyslíku, nemůžeme vysokou koncentraci odpadních látek v systému rozhodně vyloučit.

Diurnální exkrece amoniaku v pokusech vyšla zvláště u ryb do 500 g/ks velmi rozkolísaně, nebyla ve svém průběhu nijak podobná spotřebě kyslíku, což je v rozporu s prací Zakese (Zakes et al., 2003), který uvádí, že spotřeba kyslíku s exkrecí amoniaku jsou si trendově podobné. Do jisté míry byla exkrece amoniaku zvýšená v odpoledních hodinách, což souhlasí s výsledky Ruedy (2004). Tento výsledek by mohl být vysvětlen zpožděnou reakcí na krmení, kdy se exkrece amoniaku nejprve zvýší po 2 – 3 hodinách, a poté se po 6 – 7 hodinách stabilizuje (Zakes et al., 2003). Během měření u nekrmených ryb bylo v práci Zakese et al. (2003) zaznamenáno minimální kolísání v exkreci amoniaku. Náhlé zvýšení exkrece amoniaku také může způsobit agresivní chování ryb mezi sebou a stejně jako u spotřeby kyslíku může mít vliv frekvence a způsob krmení (Kaiser, 1995).

Exkreci amoniaku významně ovlivňovala nakrmenost ryb. Exkrece amoniaku u krmených ryb byla výrazně vyšší. Tyto výsledky jsou shodné se závěry Caie a Summerfelta (1992), kteří prováděli pokusy na okounovi říčním (*Perca fluviatilis*). Exkrece amoniaku se výrazně zvyšuje s množstvím a složením podaného krmiva, hlavně s poměrem dusíkatých látek v něm obsaženém (Lang, 2008). Z toho lze usoudit, že exkrece amoniaku stoupá spolu s trávením krmiva. Zvýšení exkrece během prováděných pokusů na rybách, kterým nebylo předloženo krmivo, může být vysvětleno stresem z hladovění, který mohl být výraznější u menších ryb do 100 g/ks. Zvýšená exkrece amoniaku u nekrmených ryb se může vysvětlit i snahou ryb o hledání potravy a také vzrůstající agresivitou.

Exkrece amoniaku je ovlivněná také teplotou. Se stoupající teplotou exkrece amoniaku stoupá (Zakes et al., 2003) u krmených i nekrmených ryb (Kopp, 2008). Tento aspekt pokusy prezentované v této práci zcela nepotvrdily. U krmených ryb nebyla exkrece amoniaku tolik závislá na teplotě, ale vliv zřejmě mělo, jak je uvedeno výše, množství krmiva. Je proto paradoxní, že celkově nejvyšší exkrece amoniaku byla

pozorována při nejnižší teplotě, to mohlo být způsobeno výrazně vyšším příjmem krmiva zejména ryb u ryb nad 700 g. U nekrmených ryb se exkrece amoniaku zvyšovala s teplotou pouze u skupin 21 g/ks a 2495 g/ks, tedy u nejmenších a největších ryb.

Závěrem je třeba si uvědomit, že pokusy uvedené v této práci byly všechny prováděny u ryby, která má specifickou schopnost využití atmosférického kyslíku, což jistě ovlivňuje její metabolismus. Pokusy byly prováděny na poměrně velkém váhovém rozpětí hmotnostních kategorií, od 21 g/ks do 2495 g/ks, většina zde uváděných autorů prováděla pokusy na rybách cca do 250 g/ks, zde má nejtěžší skupina necelé 2,5 kg/ks. Bohužel během pokusů nebylo možné u ryb s průměrnou hmotností 21 g/ks změřit exkreci amoniaku a spotřebu kyslíku u teploty 22 °C. I přes pomalou aklimatizaci na tuto teplotu tato nejnižší váhová kategorie uhynula, zřejmě na bakteriální infekci, která u těchto malých ryb druhu *Clarias gariepinus* nebývá výjimkou. Pokusy byly prováděny na recirkulačním systému, každý takový systém má svá konkrétní specifika, to se samozřejmě může na výsledcích projevit.

7. Závěr

Ze získaných výsledků lze vyvodit tyto závěry:

- Spotřeba kyslíku se zvyšovala se snižující se individuální hmotností ryb.
- Spotřeba kyslíku keříčkovců se zvyšovala se stoupající teplotou. Na 1 °C stoupala spotřeba v průměru o 451 mg O₂/kg/d.
- Ze získaných výsledků nelze přímo usoudit, že se exkrece amoniaku zvyšovala se snižující se kusovou hmotností ryb. Do budoucna je třeba se této problematice dále věnovat.
- S rostoucí teplotou se zvyšovala exkrece amoniaku, tento závěr však neplatil pro všechny hmotnostní kategorie.
- Krmené ryby měly vyšší spotřebu kyslíku než nekrmené a to průměrně o 6,4 %. Exkrece amoniaku byla vyšší také převážně během krmení, průměrně o 6,5 %.
- Diurnální průběh spotřeby kyslíku byl poměrně vyrovnaný, nebo docházelo ke zvýšení v odpoledních hodinách. Celodenní průběh exkrece amoniaku působil rozkolísaně, hlavně u ryb s individuální hmotností pod 700 g/ks. Nebylo proto možné vyvodit pro produkci amoniaku žádný trend.

8. Přehled použité literatury

- ADCP, Aquaculture Development and Co-ordination Programme (1983): Fish feeds and feeding in developing countries, an interim report on the ADCP feed development programme, FAO-ADCP/REP/83/18:97 pp, Rome, Italy.
- Appelbaum, S., McGeer, J.C. (1998): Effect of diet and light regime on growth and survival of African catfish (*Clarias gariepinus*) larvae and early juveniles, *Aquaculture Nutrition*, (4), 157-164.
- Babiker, M.M. (1979): Respiratory behaviour, oxygen consumption and relative dependence on aerial respiration in the African lungfish (*Protopterus annectens*, Owen) and an air-breathing teleost (*Clarias lazera*, C.), *Hydrobiologia*, (65), 177-187.
- Bruton, M. N. (1979): The food and feeding behaviour of *Clarias gariepinus* (Pisces: *Clariidae*) in Lake Sibaya, South Africa, with emphasis on its role as a predator of cichlids. *Trans. Zool. Soc. London*, (35), 47-114.
- Bruton, M.N. (1979): The survival of habitat dessication by air breathing clariid catfishes, *Environmental Biology of Fishes*, (4), 273-280.
- Cai, Y.J., Summerfelt, R.C. (1992): Effects of temperature and size on oxygen consumption and ammonia excretion by walleye, *Aquaculture*, (104), 127-138.
- Council of Europe (2000): Draft recommendation concerning farmed fish, Standing committee of the European convention for the protection of animals kept for farming purposes, Strasbourg.
- De Graaf, G. J., Galemoni, F., Banzoussi, B. (1995): The artificial reproduction and fingerling production of the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) in protected and unprotected ponds, *Aquaculture Research*, (26), 233-242.
- De Graaf, G., Janssen, H. (1996): Handbook on the artificial reproduction and pond rearing of the african catfish *Clarias gariepinus* in sub-saharan Africa, Nefisco foundation Amsterdam, Rome.

- Degani G., Gallagher M.L., Meltzer A. (1989): The influence of body size and temperature on oxygen consumption of the European eel, *Anguilla anguilla*, *Journal of Fish Biology*, (34), 19–24.
- Dijkema, T. (1992): Developments in cultivating the African catfish (*Clarias gariepinus*) in the Netherlands, Technics, markets, perspectives. proc. of the 5th International conf. on Aquafarming „Aquacultura '90“, Verona, Italy, Oct. 12 – 13, 1990, 128 – 139.
- Emerson, K., Lund, R.E., Thurston, R.V., Russo, R.C (1975): Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature, *J. Fish. Res. Board Can.*, (32), 2379-2383.
- Fivelstad, S., Kloften, H., Ski, H., Olsen, A. B., Stefansson, S. (1999): Effects of carbon dioxide on Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) smolts at constant pH in bicarbonate rich freshwater, *Aquaculture*, (178), 171-187.
- Frank, S. (2000): *Sladkovodní akvaristika*, Praha, Ottovo nakladatelství.
- Halver, J. E. (1989): *Fish nutrition*. 2nd edition, Academic Press, New York, 798.
- Hamáčková, J., Kouřil, J., Masár, J., Turanský, R. (2007): Technologie chovu keříčkovce jihoafrického – sumečka afrického (*Clarias gariepinus*), VÚRH JU, Vodňany.
- Hanel, L. (2004): *Akvaristika, Biologie a chov vodních živočichů*, II. Speciální část, Karolinum, Praha.
- Hecht, T., Uys, W. and Britz, P.J., (1988): The culture of sharptooth catfish *Clarias gariepinus* in southern Africa, *South African National Scientific Programmes*, (153), 133.
- Hossain, M.A.R., Beveridge, M.C. M., Haylor, G.S. (1998): The effects of density, light and shelter on the growth and survival of African catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell, 1822) fingerlings, *Aquaculture* (160), 251-258.
- Jobling, M., (1985): Physiological and social constraints on growth of fish with special reference to Arctic charr, *Salvelinus alpinus L.* *Aquaculture* (44), 83–90.

- Jones, R. D., Morita, R. Y. (1985): Low temperature growth and whole cell kinetics of a marine ammonium oxidizer, *Marine Ecology Progress Series*, (21), 239 - 243.
- Kaiser, H., Weyl, O., Hecht, T. (1995): Observations on agonistic behaviour of *Clarias gariepinus* larvae and juveniles under different densities and feeding frequencies in a controlled environment, *Journal of Applied Ichthyology* (11), 25-36.
- Kopp, R., Lang, Š., Ziková, A., Mareš, J. (2008): Změny spotřeby kyslíku a exkrece amoniakálního dusíku u tilapie nilské (*Oreochromis niloticus*) v závislosti na množství proteinu v krmivu, , R. XI. Česká ichtyologická konference, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 121--125.
- Kouřil, J., (2006): Využití recirkulačních systémů s biologickým čištěním vody k intenzivnímu chovu ryb, *VÚRH Vodňany* 42, (1), 33-37.
- Lang, Š., Kopp, R., Mareš, J. (2008): Změny spotřeby kyslíku a exkrece amoniakálního dusíku u lína obecného (*Tinca tinca*) v závislosti na množství proteinu v krmivu, "60 let výuky rybářské specializace na MZLU v Brně, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 111-116.
- Micha, J.C. (1973): Etude des populations piscicoles de l'Ubangui et tentative de selection et d'adaptation de quelques especes a l'etang de pisciculture, *Centre Technique Forestiere Tropical*, Nogent sur Marne, 100.
- Müller, T. (1998): Hungarian production and marketing African catfish in Hungary, *Eastfish Magazine*, (2), 36 – 40.
- Page, J.W., Andrews J.W. (1975): Effect of light intensity and photoperiod on growth of normally pigmented and albino channel catfish., *Progressive Fish-Culturist*, (37), 121-122.
- Péteri, A., Horváth, L., Radics, F., Pupanné, B. F.(1989): Az afrikai harcse (*Clarias garpinus*) tenyésztése, *Halászat*, (3), 86 – 91.
- Pitter, P., 1999: *Hydrochemie*. Vydavatelství VŠCHT, Praha.
- Pokorný, J., Adámek, Z., Dvořák, J., Šrámek, V.(1998): *Pstruhařství*, Informatorium, Praha.

- Rueda, P., A. (2004): Towards assessment of welfare in African catfish, *Clarias gariepinus*: the first step, PhD thesis, Wageningen Universiteit, 152.
- Timonns, M. B., Ebeling, J. M., Wheaton, F.W., Summerfelt, S. T., Vinci, B. J. (2005): Recirculating aquaculture systems, Cayuga Aqua Ventures, USA.
- Van de Nieuwegiessen P.G., Schram J.W., Verreth, J.A.J. (2005): Welfare aspects of African catfish (*Clarias gariepinus*) in aquaculture, Wageningen universiteit, Wageningen.
- Verreth, J. (2005): Recirculation systems, In: Consensus workshop Ostende, Belgium, November, (31), 21 – 23.
- Zakes, Z., Demska - Zakes, K., Kata, K. (2003): Rates of oxygen consumption and ammonia excretion of juvenile Eurasian perch *Perca fluviatilis* L., Aquaculture International, (11), 277–288.
- Zakes, Z., Karpinski, A. (1999): Influence of water temperature on oxygen consumption and ammonia excretion of juvenile pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (L.) reared in a recirculating system, Aquaculture Research, (30), 109-114.

Internetové odkazy:

ITIS - <http://www.itis.gov/>

Kahanec, M., Hamáčková, J., Linhart, O. (2004): Řízená reprodukce ryb, ZF/VURH JU Sumeček africký, dostupno na: www.frov.jcu.cz/studium/reprodukce/olympus.htm

9. Seznam příloh

- Příloha č. 1: Fotografie keříčkovce červenolemého (*Clarias gariepinus*) a akvarijní místnosti
- Příloha č. 2: Schéma recirkulačního systému v průběhu jednotlivých pokusů
- Příloha č. 3: Tabulky fyzikálně chemických parametrů vody a spotřeba krmiva
- Příloha č. 4: Tabulka hmotností ryb a nasazení do akvárií
- Příloha č. 5: Grafy diurnálních průběhů spotřeby kyslíku při 22 °C u krmených a nekrmených ryb
- Příloha č. 6: Grafy diurnálních průběhů spotřeby kyslíku při 25 °C u krmených a nekrmených ryb
- Příloha č. 7: Grafy diurnálních průběhů spotřeby kyslíku při 28 °C u krmených a nekrmených ryb
- Příloha č. 8: Grafy diurnálních průběhů spotřeby kyslíku při 30 °C u krmených a nekrmených ryb
- Příloha č. 9 : Grafy diurnálního průběhu spotřeby kyslíku u krmených a nekrmených ryb 2495 g/ks
- Příloha č. 10: Grafy diurnálního průběhu spotřeby kyslíku u krmených a nekrmených ryb 437 g/ks
- Příloha č. 11: Grafy diurnálního průběhu spotřeby kyslíku u krmených ryb a nekrmených ryb 103 g/ks
- Příloha č. 12: Grafy celodenní spotřeby kyslíku krmených a nekrmených ryb (2495 g/ks, 1282 g/ks)
- Příloha č. 13: Grafy celodenní spotřeby kyslíku krmených a nekrmených ryb (719 g/ks, 437 g/ks)
- Příloha č. 14: Grafy celodenní spotřeby kyslíku krmených a nekrmených ryb (299 g/ks, 180 g/ks)
- Příloha č. 15: Grafy celodenní spotřeby kyslíku krmených a nekrmených ryb (103 g/ks, 21 g/ks)
- Příloha č. 16: Grafy diurnálních průběhů exkrece amoniaku při 22 °C u krmených a nekrmených ryb
- Příloha č. 17: Grafy diurnálních průběhů exkrece amoniaku při 25 °C u krmených a nekrmených ryb
- Příloha č. 18: Grafy diurnálních průběhů exkrece amoniaku při 28 °C u krmených a nekrmených ryb
- Příloha č. 19: Grafy diurnálních průběhů exkrece amoniaku 30 °C u krmených a nekrmených ryb
- Příloha č. 20: Grafy diurnálního průběhu exkrece amoniaku u krmených a nekrmených ryb 2495 g/ks
- Příloha č. 21: Grafy diurnálního průběhu exkrece amoniaku u krmených a nekrmených ryb 437 g/ks
- Příloha č. 22: Grafy diurnálního průběhu exkrece amoniaku u krmených a nekrmených ryb 103 g/ks
- Příloha č. 23: Grafy celodenní exkrece amoniaku krmených a nekrmených ryb (2495 g/ks, 1282 g/ks)
- Příloha č. 24: Grafy celodenní exkrece amoniaku u krmených a nekrmených ryb (719 g/ks, 437 g/ks)
- Příloha č. 25: Grafy celodenní exkrece amoniaku krmených a nekrmených ryb (299 g/ks, 180 g/ks)
- Příloha č. 26: Grafy celodenní exkrece amoniaku krmených a nekrmených ryb (103 g/ks, 21 g/ks)

Přílohy

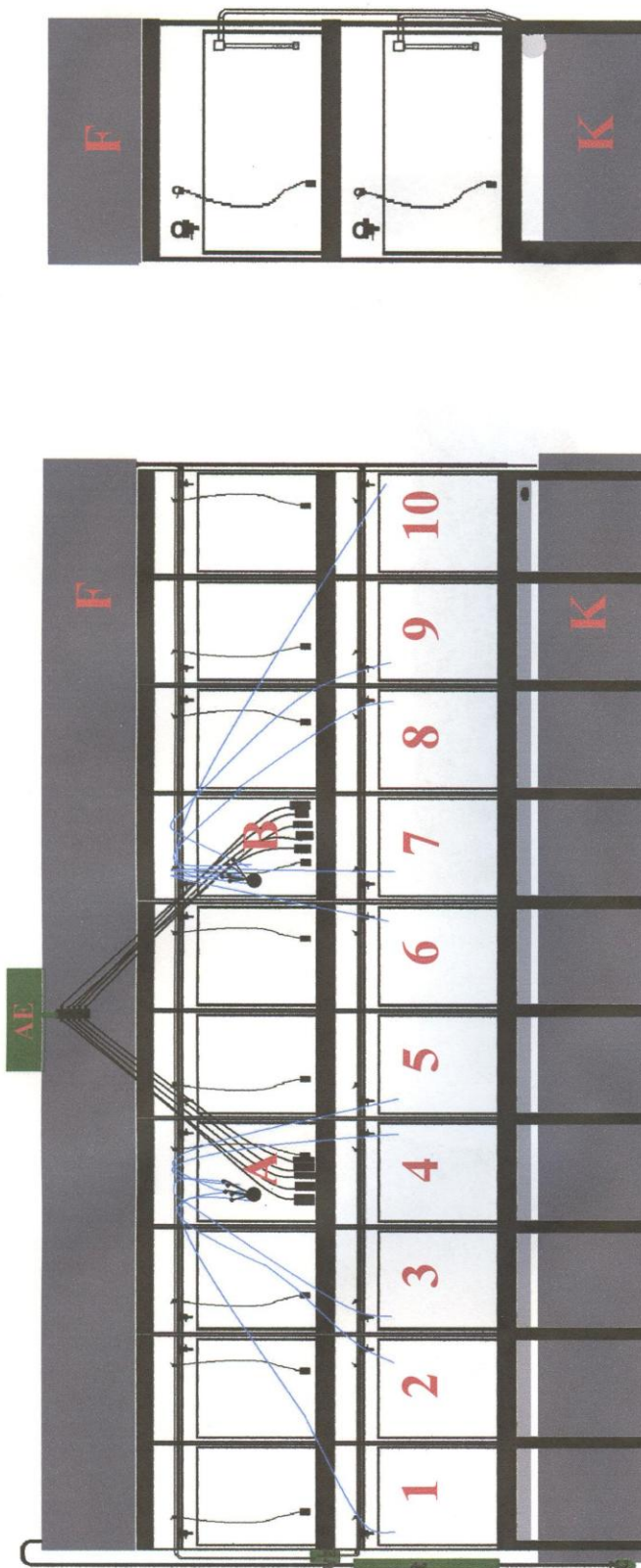
Příloha č. 1



Obr. 1: Keříčkovec červenolemý (*Clarias gariepinus*) v akváriu



Obr. 2: Akvariijní místnost – recirkulační systém při běžném provozu



Obr. 3: Schéma recirkulačního systému v průběhu jednotlivých pokusů

Boční pohled s umístěním odtoků

Legenda:

- 1 – 10 ... pokusné nádrže
- A, B 1. a 2. retenční nádrž
- AE membránové čerpadlo vhnávající vzduch do retenčních nádrží během pokusů
- F filtr
- K usazovací kalová nádrž
- č čerpadlo
- t topení
- vz permanentní membránové čerpadlo
- přítokové hadičky z retenčních nádrží

Příloha č. 3

Tab. 1: Fyzikální a chemické parametry přítokové vody

přítok č. 1	krmené ryby				nekrmené ryby			
	teplota	pH	TAN (mg/l)	O ₂ (mg/l)	teplota	pH	TAN (mg/l)	O ₂ (mg/l)
	22 °C	7,34	7,55	7,03	22 °C	7,51	9,48	10,29
	25 °C	7,58	6,90	7,10	25 °C	7,36	8,33	6,32
	28 °C	7,77	7,98	5,40	28 °C	7,72	8,85	4,85
	30 °C	7,48	9,01	4,95	30 °C	7,30	10,17	5,37

přítok č. 2	krmené ryby				nekrmené ryby			
	teplota	pH	TAN (mg/l)	O ₂ (mg/l)	teplota	pH	TAN (mg/l)	O ₂ (mg/l)
	22 °C	7,66	8,91	7,49	22 °C	7,54	9,74	7,49
	25 °C	7,56	8,39	6,98	25 °C	7,34	8,62	6,76
	28 °C	7,76	9,76	5,38	28 °C	7,64	8,07	4,52
	30 °C	7,45	10,90	4,50	30 °C	7,29	11,01	5,63

Tab. 2: Výsledky analýz laboratoře Povodí Vltavy s. p. v mg/l

stanoven vzorek	BSK 5	CHSK Cr	NO ₃ ⁻	N-NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	N-NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	N-NH ₄ ⁺	N-anorg.	PO ₄ ³⁻	P-PO ₄ ³⁻
přítok hlad	2,4	33	3,9	0,9	0,32	0,096	18	14	15	24	7,7
odtok hlad	5,1	37	5,2	1,2	0,53	0,16	18	14	15	23	7,4
přítok krmení	4,2	41	0,5	0,1	0,13	0,041	23	18	18	23	7,5
odtok krmení	14	56	1,2	0,3	0,24	0,072	22	17	17	22	7,3

Tab. 3: Předpokládané a skutečné krmné dávky uvedené v procentech hmotnosti obsádky

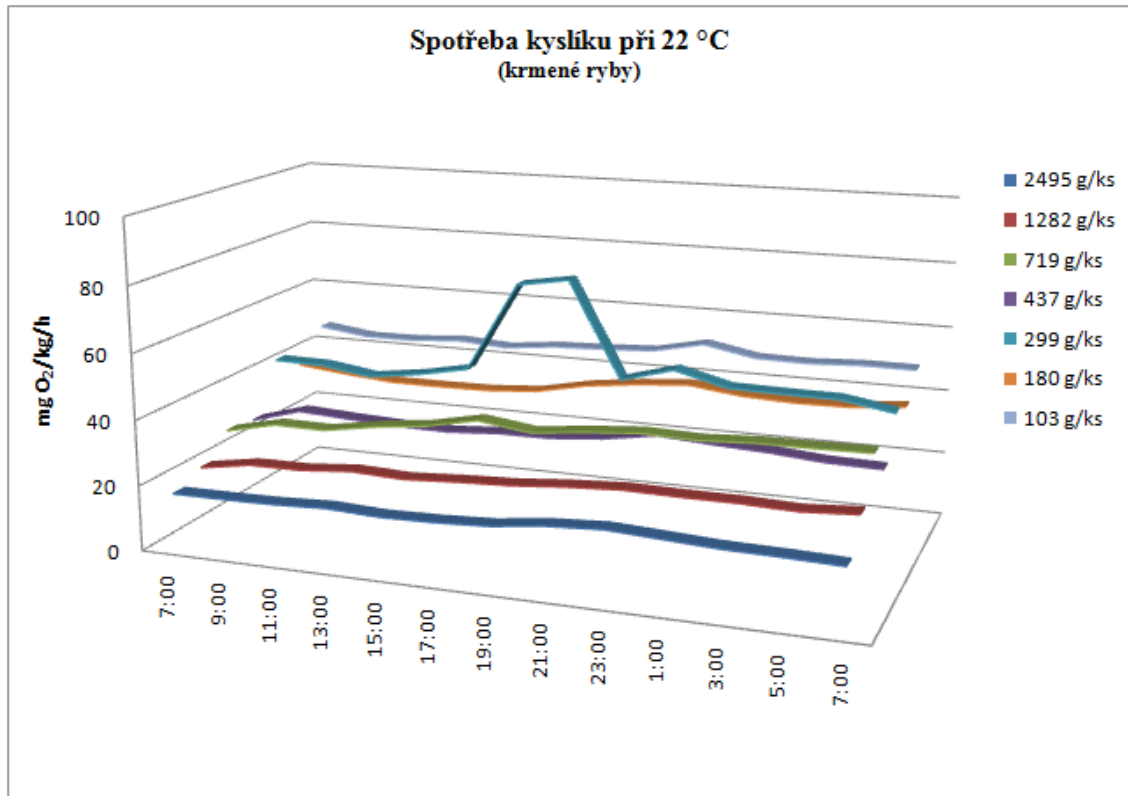
mota (g/ks)	22 °C		25 °C		28 °C		30 °C	
	předpokl. KD %	zkrmeno %	předpokl. KD %	zkrmeno%	předpokl. KD %	zkrmeno %	předpokl. KD %	zkrmeno %
2494	1 - 1,5	0,6	1 - 1,5	0,6	1 - 1,5	0,7	1 - 1,5	0,4
1282	1 - 1,5	0,5	1 - 1,5	0,4	1 - 1,5	0,4	1 - 1,5	0,3
719	1,7	1,0	2,5	0,6	3,1	0,8	2,9	0,7
437	1,7	0,4	2,5	1,2	3,1	1,5	2,9	1,0
299	2	1,0	2,8	1,7	3,5	1,3	3,2	1,0
180	2	2,1	2,8	2,2	3,5	2,6	3,2	2,4
103	1,7	2,7	3,1	2,2	3,5	2,5	2,8	2,0
26	3,7	0,0	5,7	2,4	6,4	2,9	5,9	2,5

Příloha č. 4

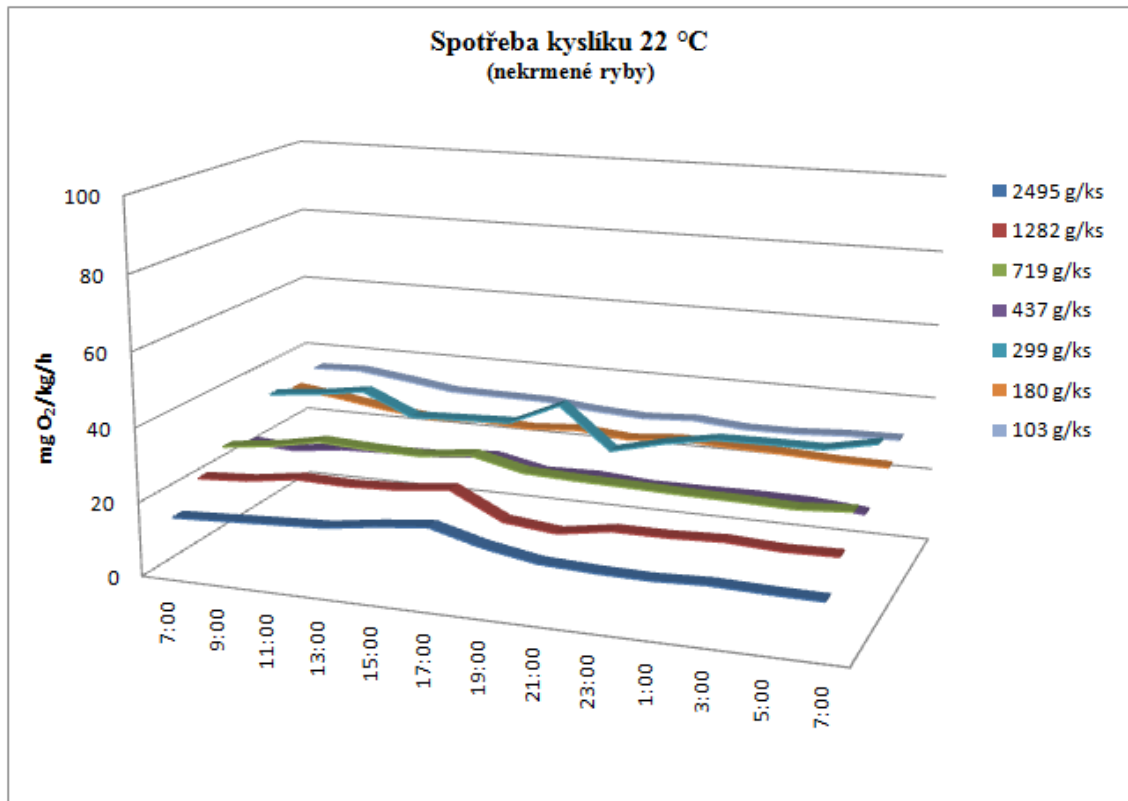
Tab. 4: Individuální hmotnost ryb, směrodatné odchylky měření, biomasa

teplota \ skupina		1	2	3	4	5	6	7	8
22 ⁰ C	\bar{m} (g/ks)	2516	1217	726	480	307	200	116	-
	SD (g)	350	245	122	93	69	31	39	-
	biomasa (g/l)	50	37	36	34	26	60	46	-
25 ⁰ C	\bar{m} (g/ks)	2512	1389	705	409	316	135	87	19
	SD (g)	405	281	128	46	78	42	11	5
	biomasa (g/l)	88	76	67	57	36	41	52	35
28 ⁰ C	\bar{m} (g/ks)	2455	1240	727	421	274	206	106	34
	SD (g)	480	218	223	124	58	55	17	14
	biomasa (g/l)	43	31	33	29	27	37	43	25
30 ⁰ C	\bar{m} (g/ks)	2455	1240	727	421	274	206	106	34
	SD (g)	480	218	223	124	58	55	17	14
	biomasa (g/l)	43	31	33	29	27	37	43	25

Příloha č. 5

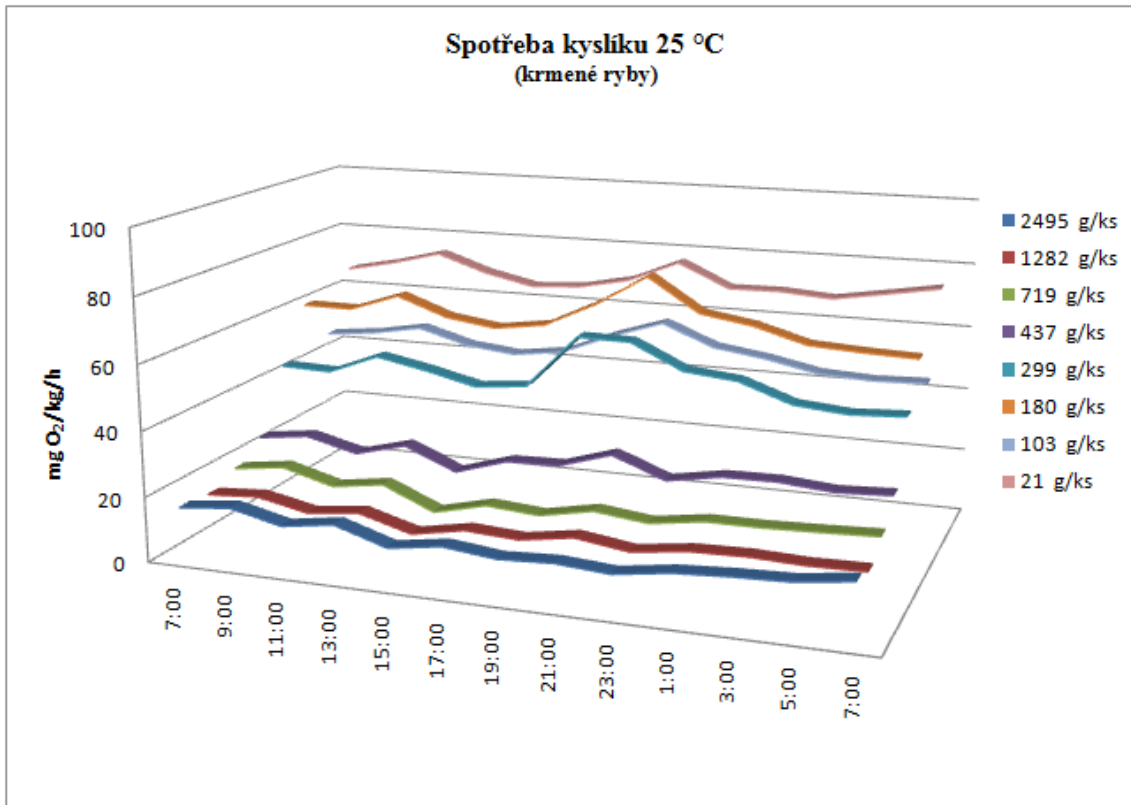


Graf č. 5: Diurnální průběh spotřeby kyslíku při 22 °C u krmených ryb

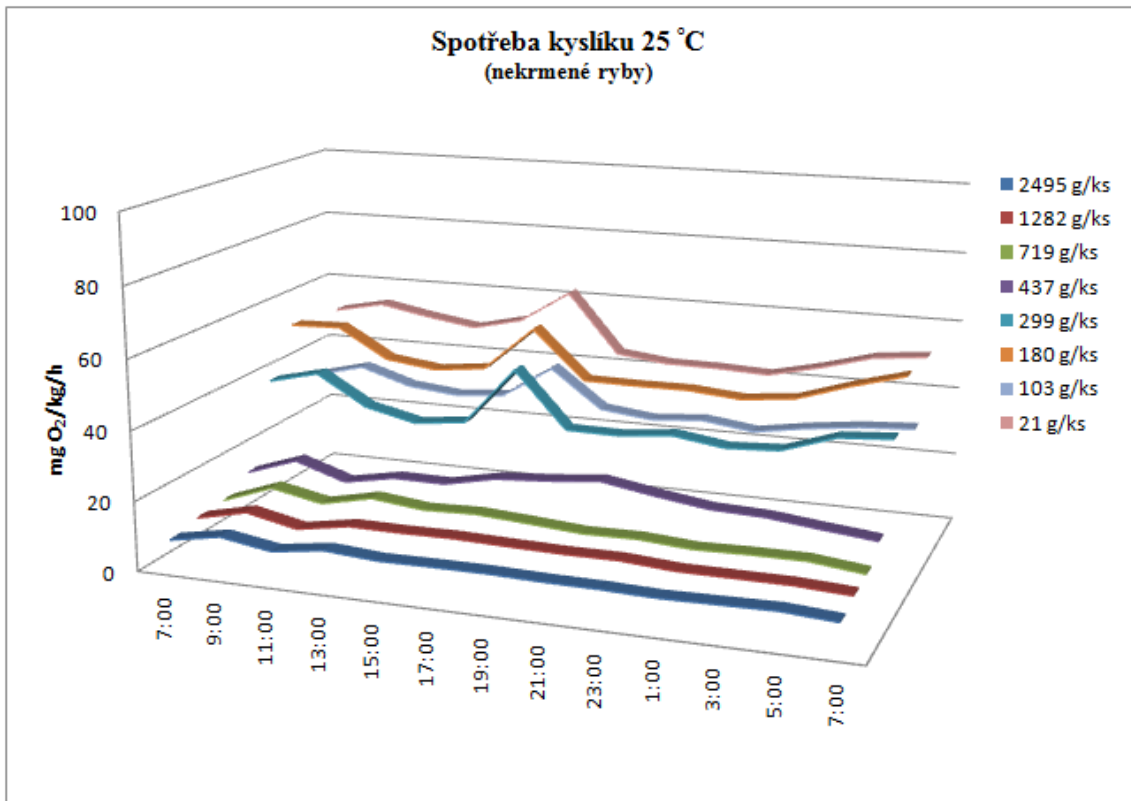


Graf č. 6: Diurnální průběh spotřeby kyslíku při 22 °C u nekrmených ryb

Příloha č. 6

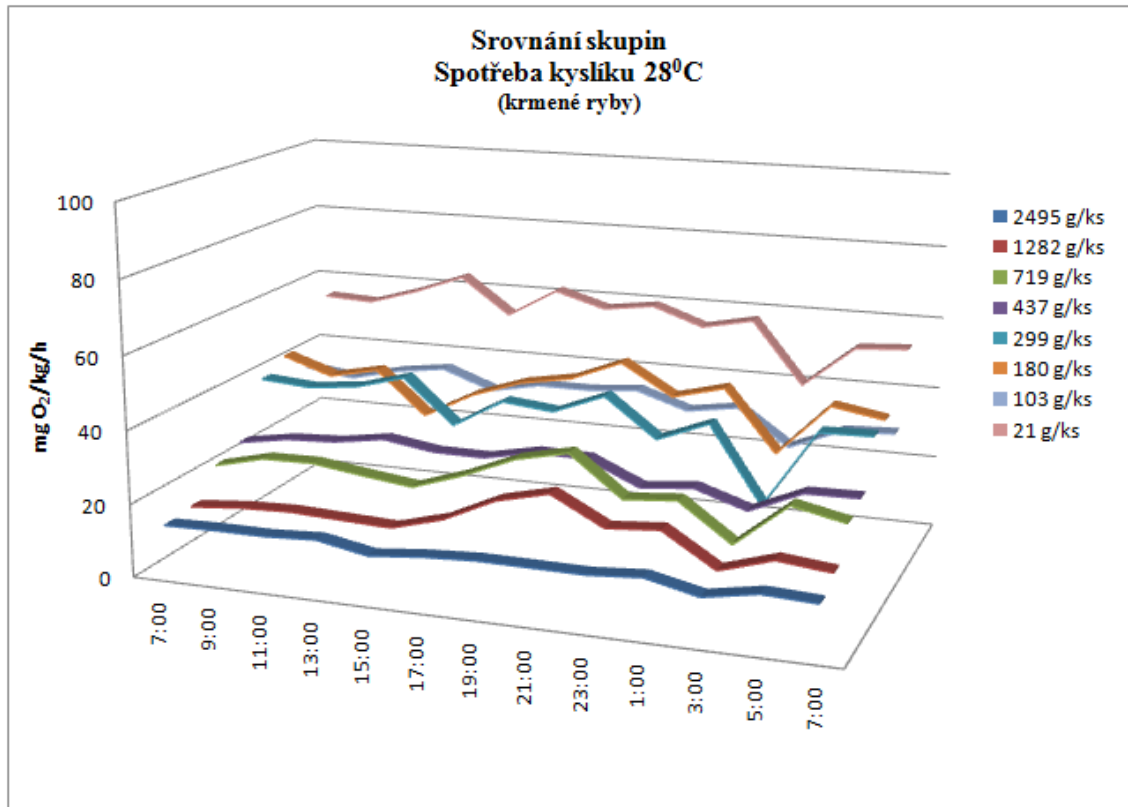


Graf č. 7: Diurnální průběh spotřeby kyslíku při 25 °C u krmených ryb

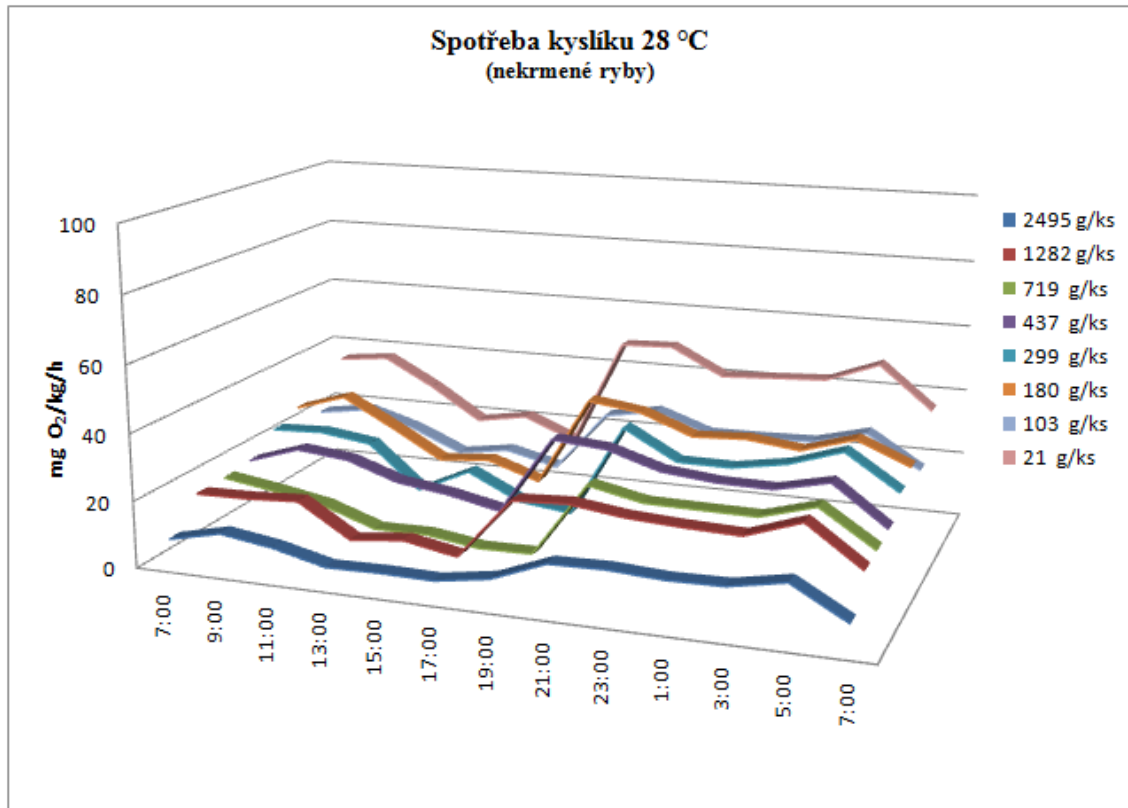


Graf č. 8: Diurnální průběh spotřeby kyslíku při 25 °C u nekrmených ryb

Příloha č. 7

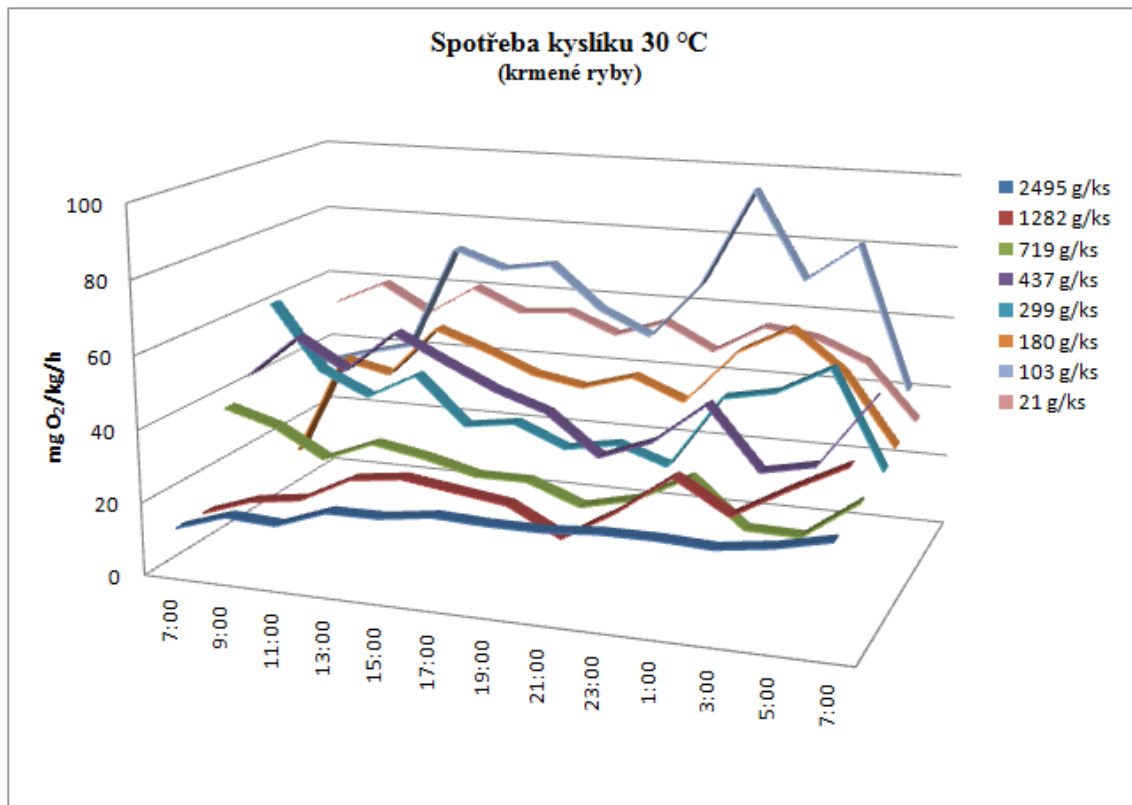


Graf č. 9: Diurnální průběh spotřeby kyslíku při 28 °C u krmených ryb

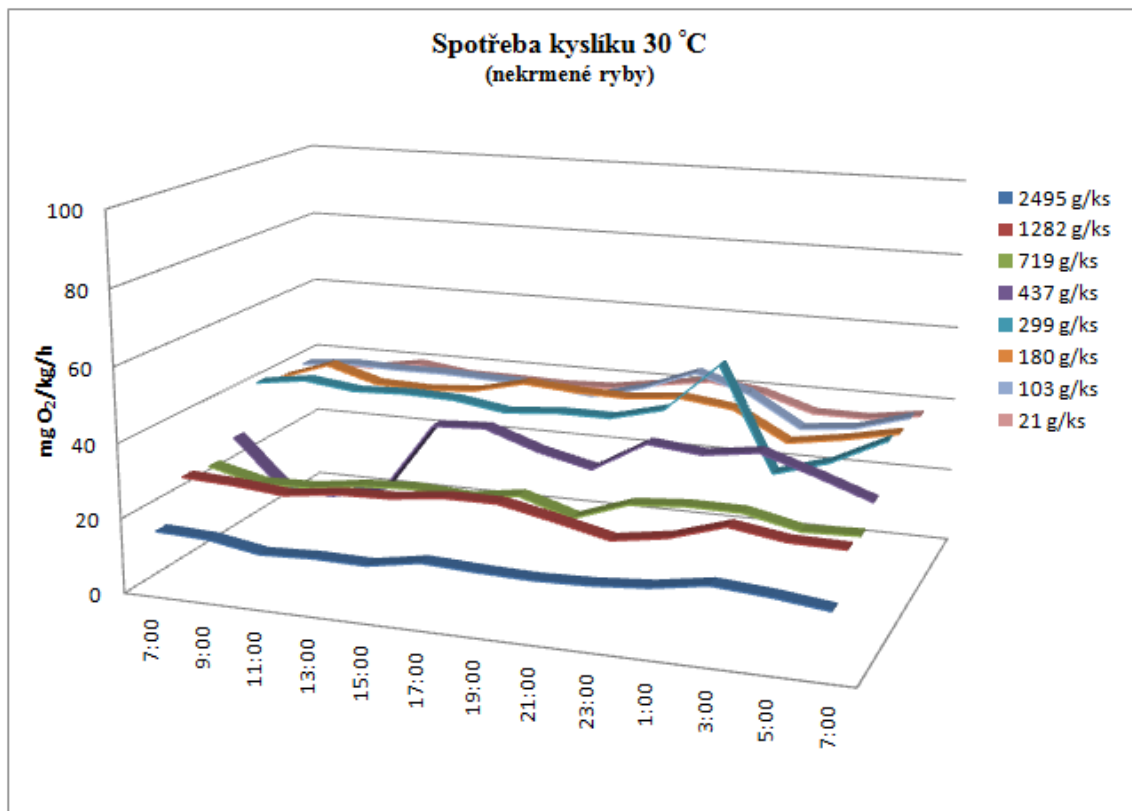


Graf č. 10: Diurnální průběh spotřeby kyslíku při 28 °C u nekrmených ryb

Příloha č. 8

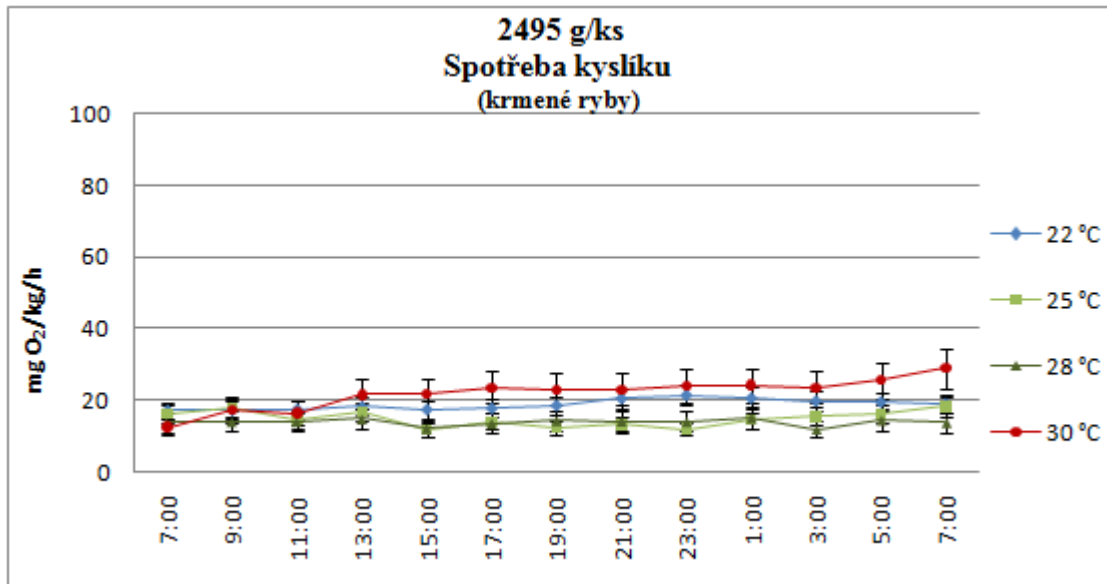


Graf č. 11: Diurnální průběh spotřeby kyslíku při 30 °C u krmených ryb

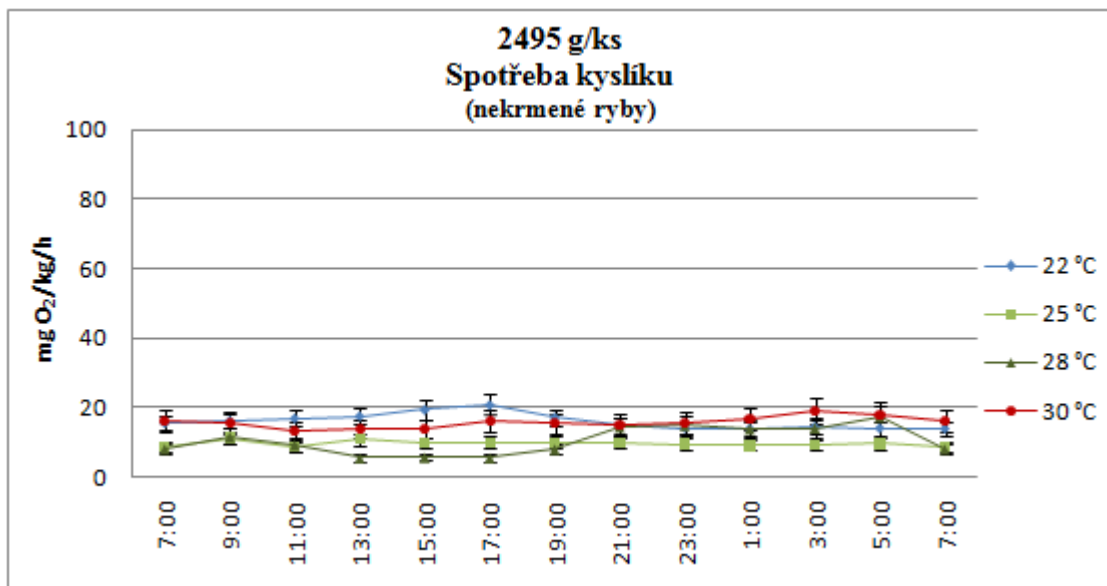


Graf č. 12: Diurnální průběh spotřeby kyslíku při 30 °C u nekrmených ryb

Příloha č. 9

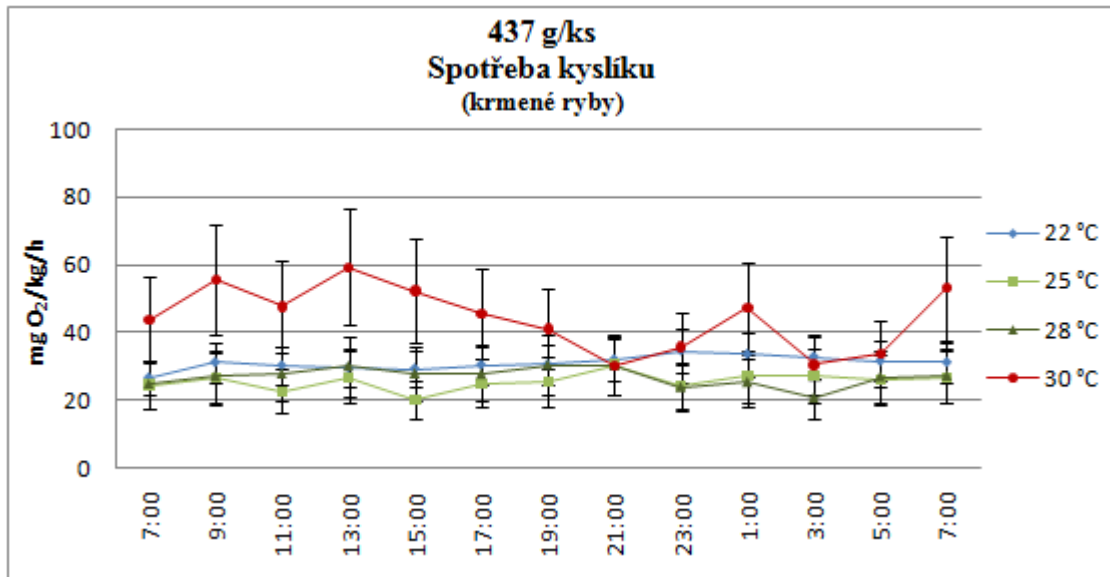


Graf č. 13: Diurnální průběh spotřeby kyslíku u krmených ryb 2495 g/ks

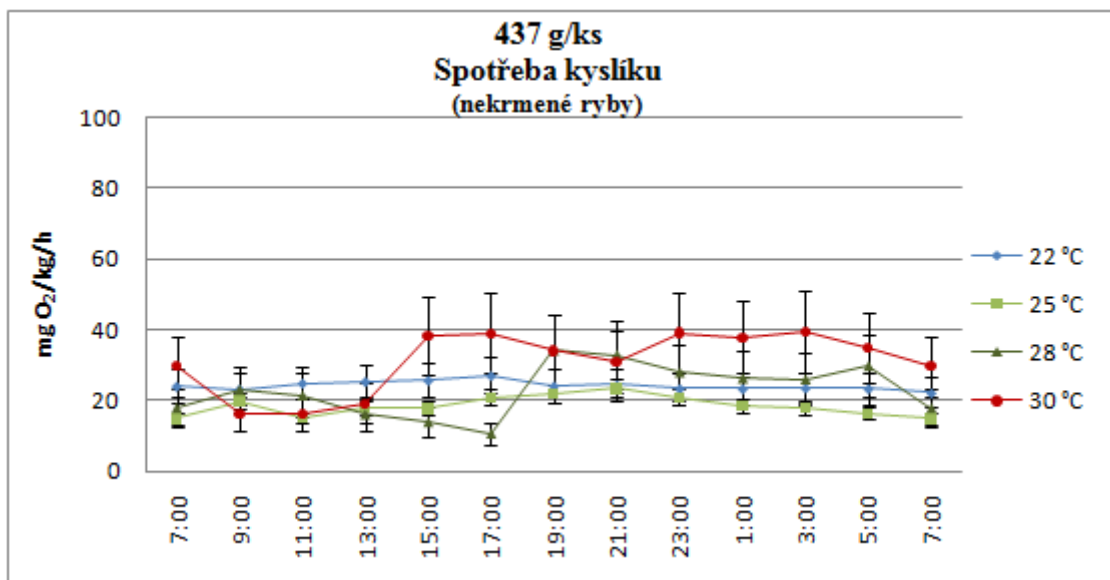


Graf č. 14: Diurnální průběh spotřeby kyslíku u nekrmených ryb 2495 g/ks

Příloha č. 10

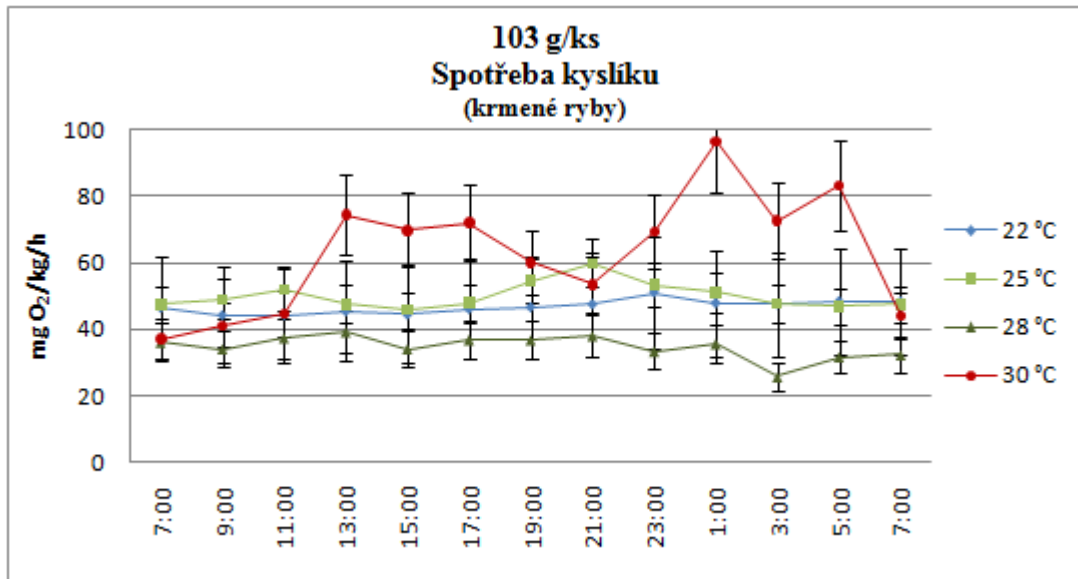


Graf č. 15: Diurnální průběh spotřeby kyslíku u krmených ryb 437 g/ks

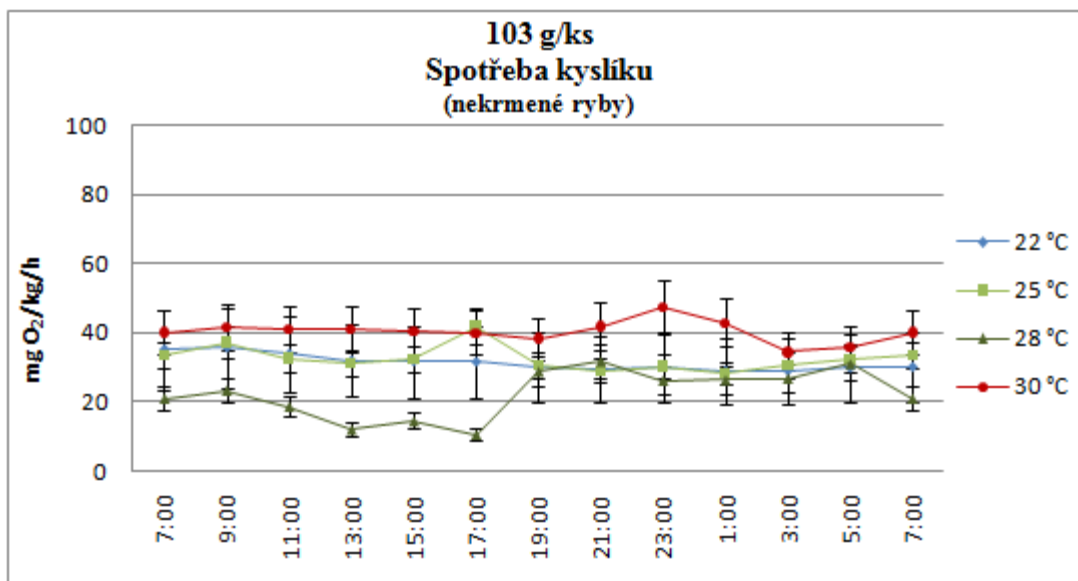


Graf č. 16: Diurnální průběh spotřeby kyslíku u nekrmených ryb 437 g/ks

Příloha č. 11

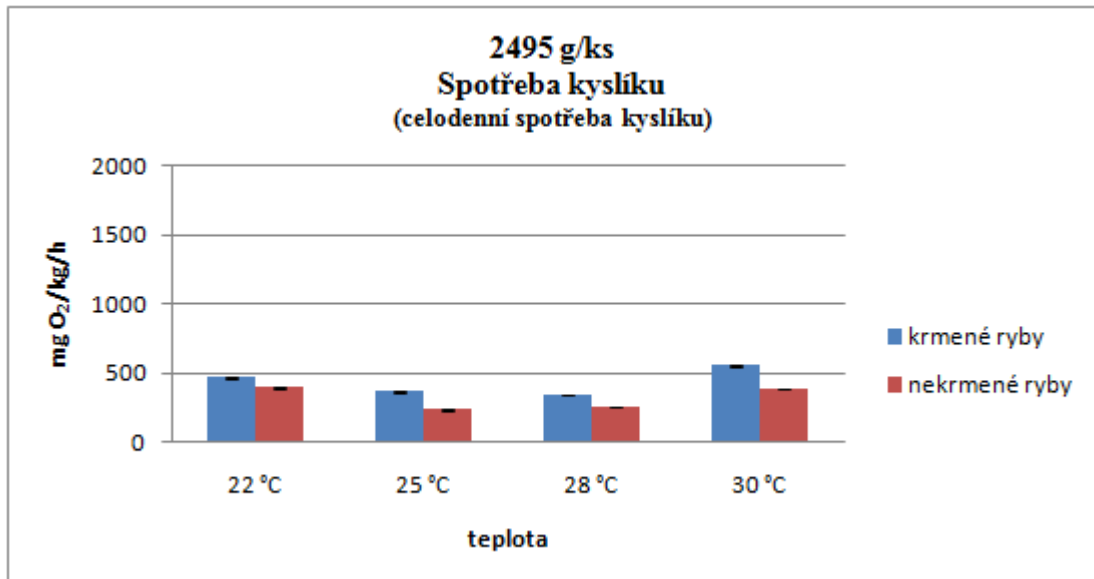


Graf č. 17: Diurnální průběh spotřeby kyslíku u krmených ryb 103 g/ks

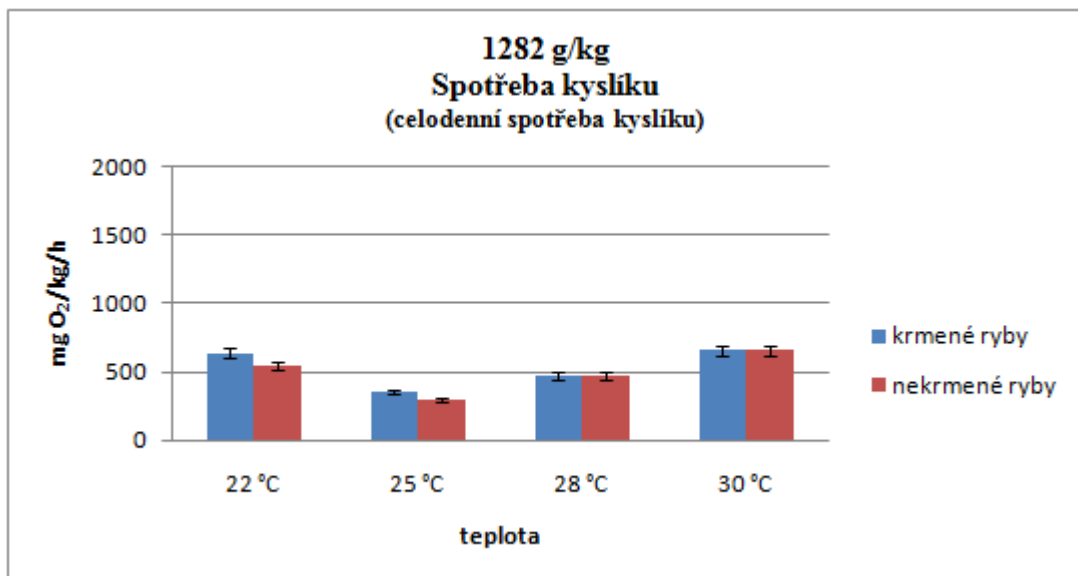


Graf č. 18: Diurnální průběh spotřeby kyslíku u nekrmených ryb 103 g/ks

Příloha č. 12

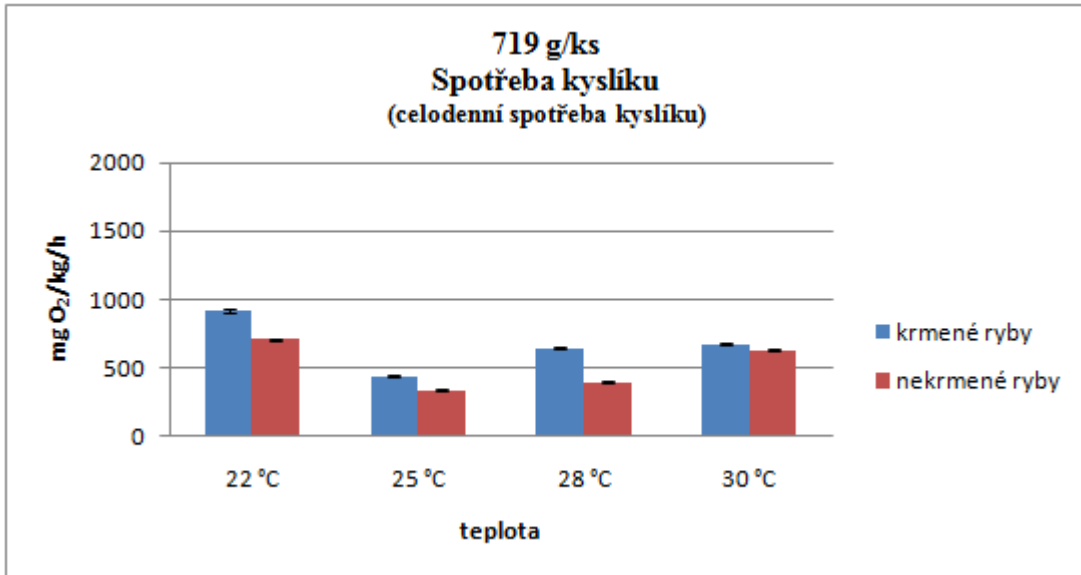


Graf č. 19: Celodenní spotřeba kyslíku krmených a nekrmených ryb (2495 g/ks)

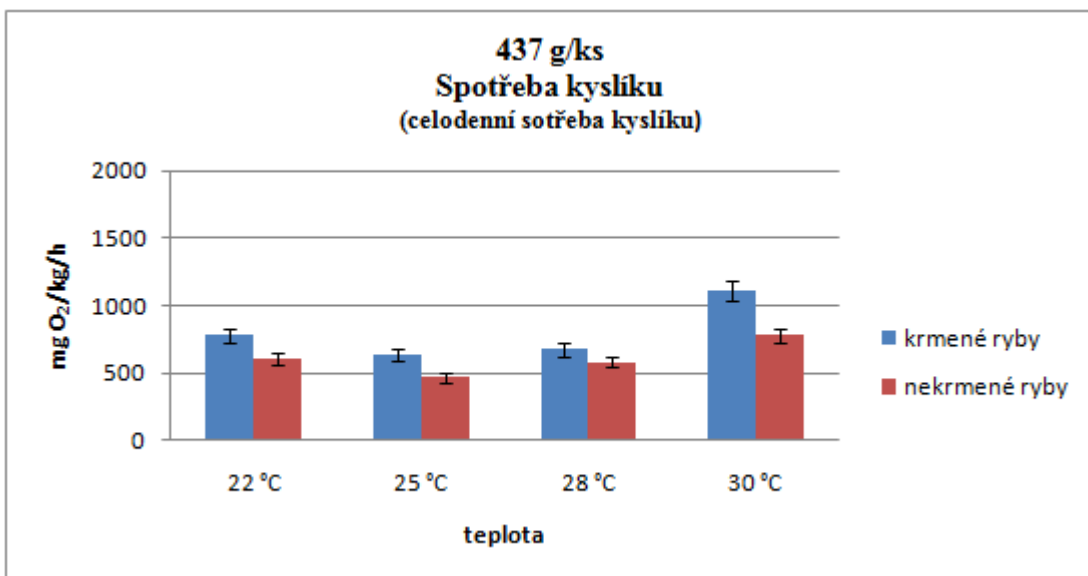


Graf č. 20: Celodenní spotřeba kyslíku krmených a nekrmených ryb (1282 g/ks)

Příloha č. 13

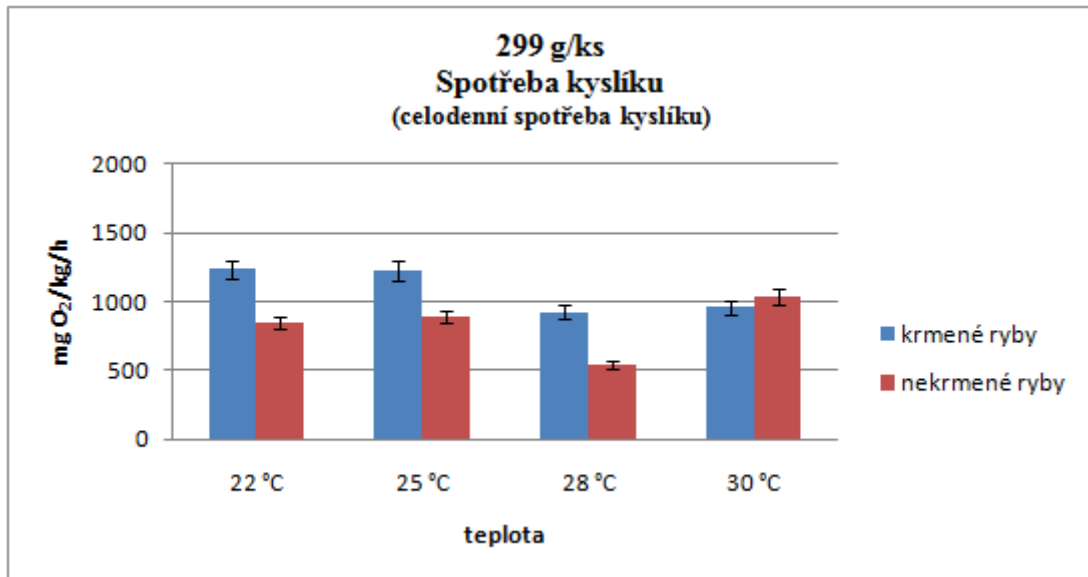


Graf č. 21: Celodenní spotřeba kyslíku krmených a nekrmených ryb (719 g/ks)

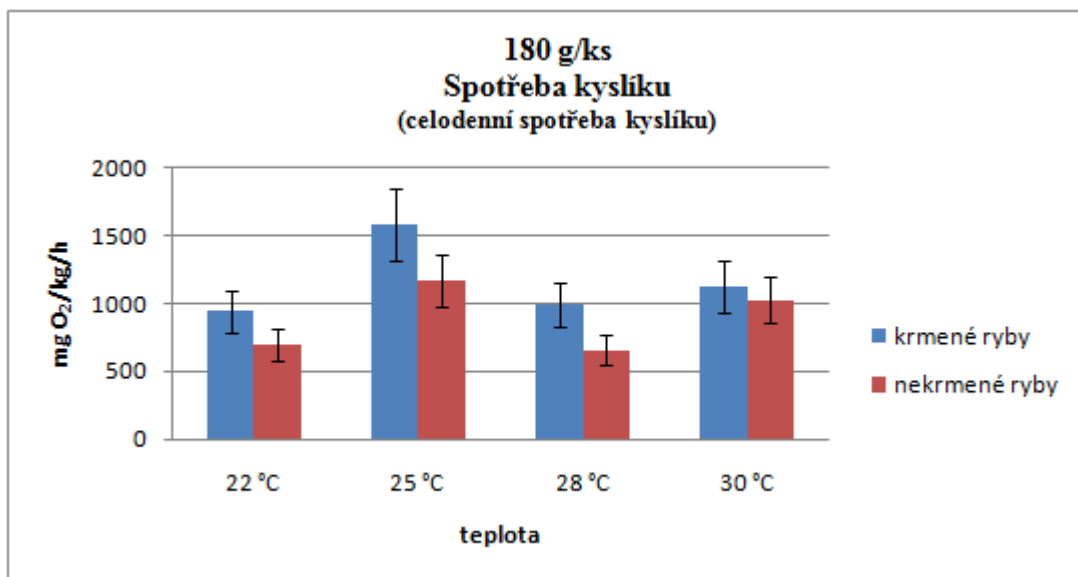


Graf č. 22: Celodenní spotřeba kyslíku krmených a nekrmených ryb (437 g/ks)

Příloha č. 14

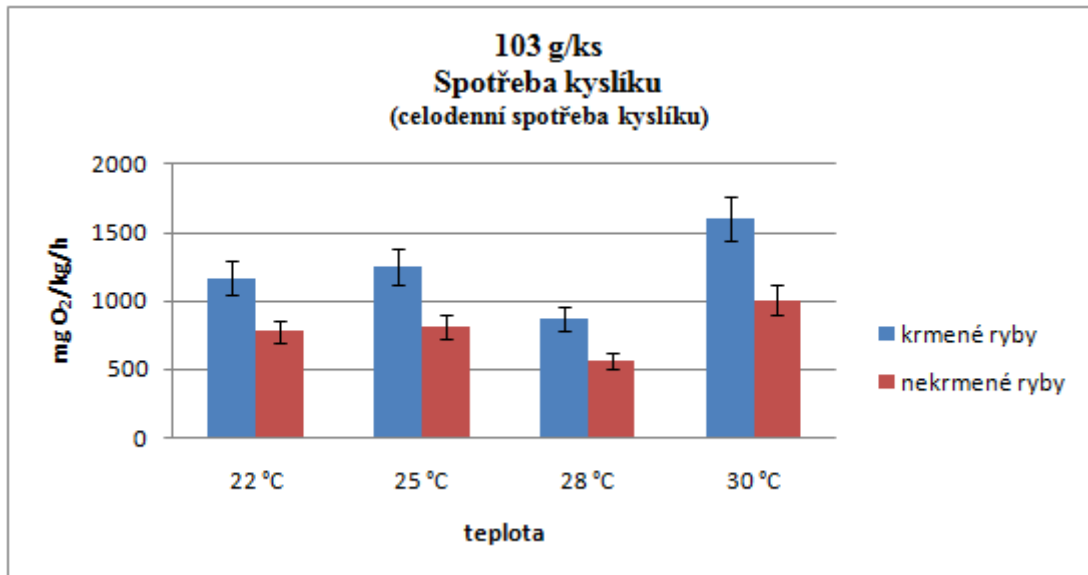


Graf č. 23: Celodenní spotřeba kyslíku krmených a nekrmených ryb (299 g/ks)

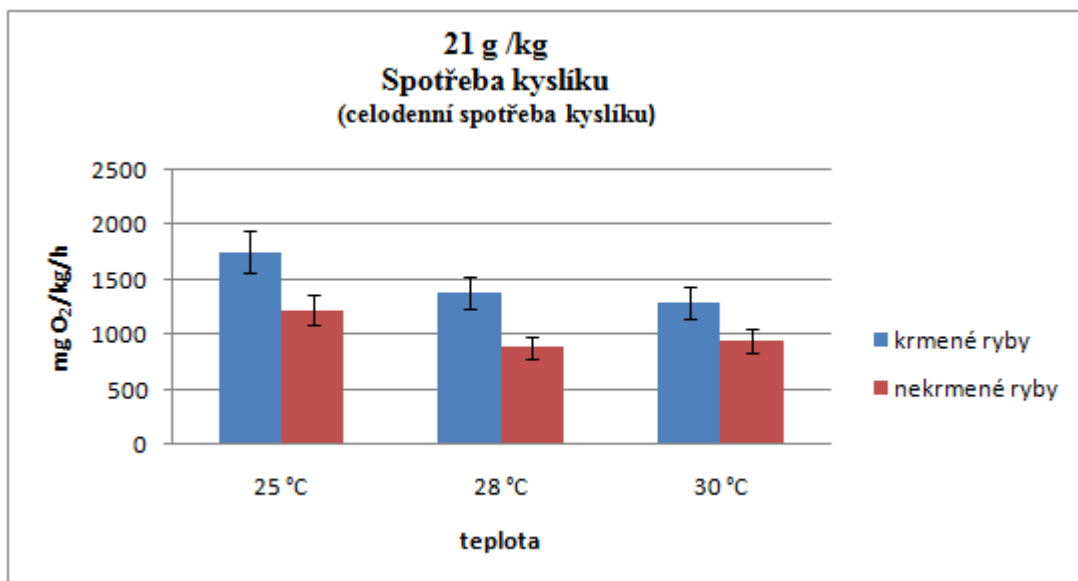


Graf č. 24: Celodenní spotřeba kyslíku krmených a nekrmených ryb (180 g/ks)

Příloha č. 15

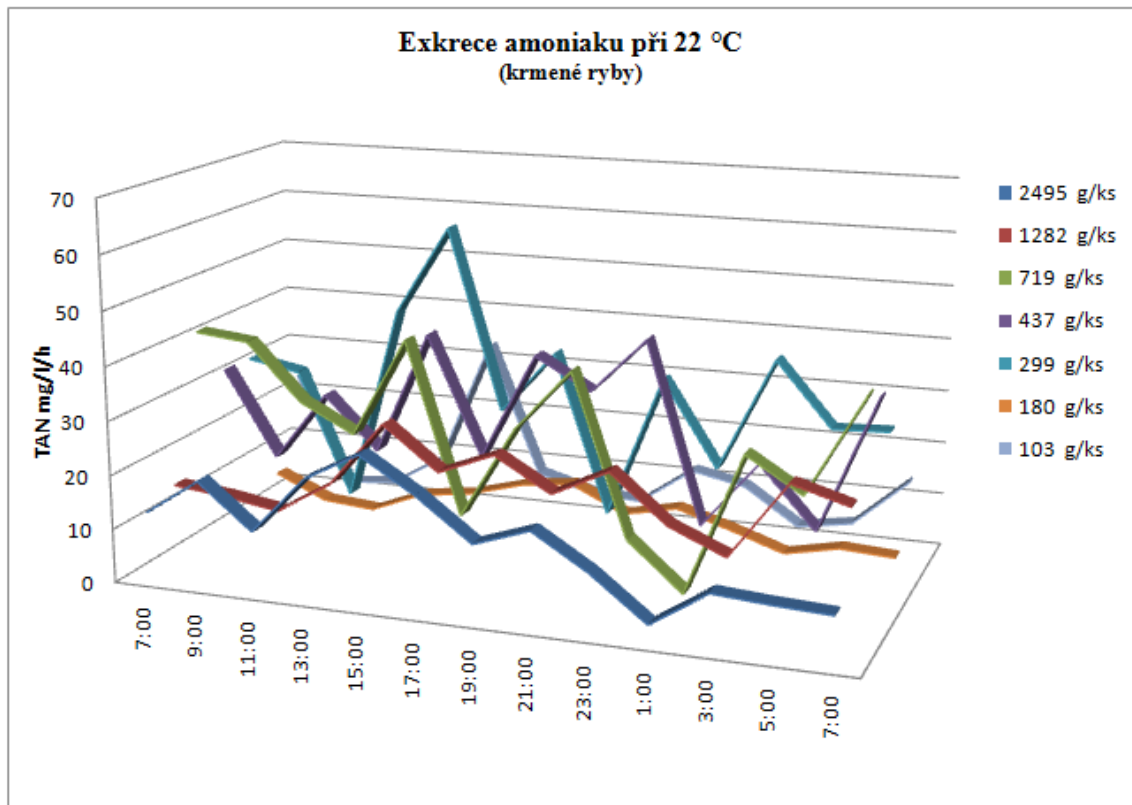


Graf č. 25: Celodenní spotřeba kyslíku krmených a nekrmených ryb (103 g/ks)

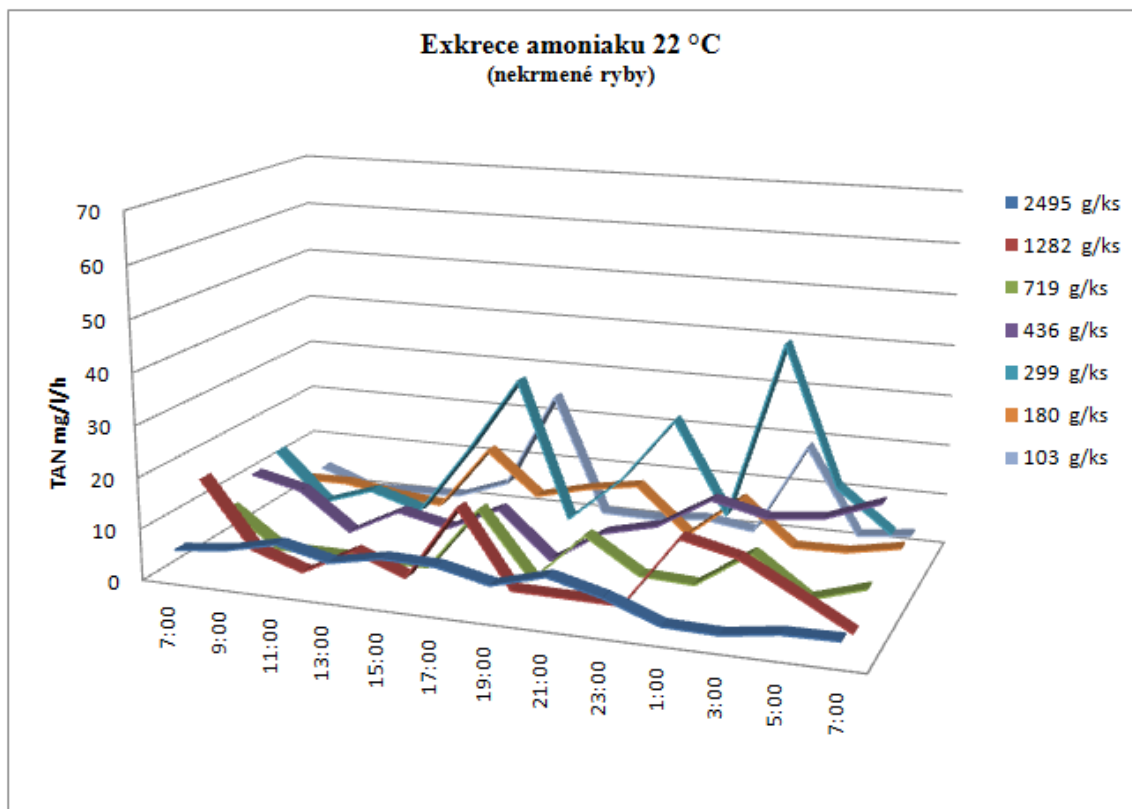


Graf č. 26: Celodenní spotřeba kyslíku krmených a nekrmených ryb (21 g/ks)

Příloha č. 16

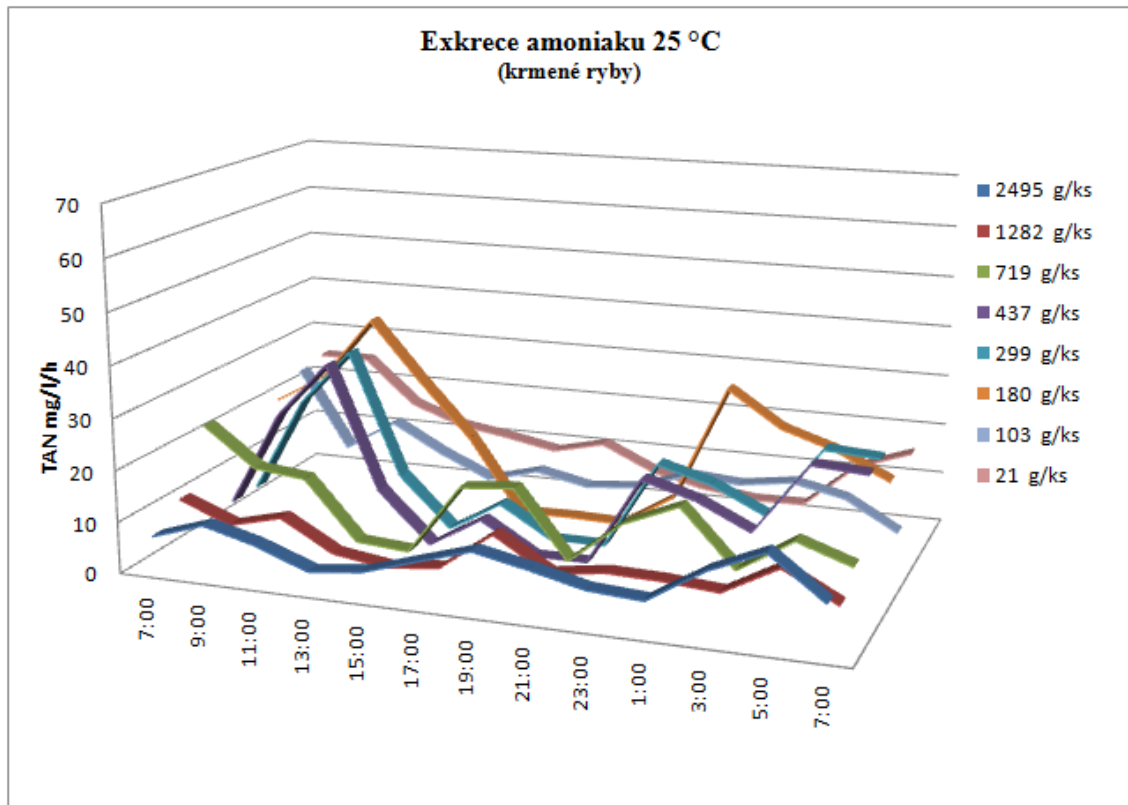


Graf č. 27: Diurnální průběh exkrece amoniaku při 22 °C u krmených ryb

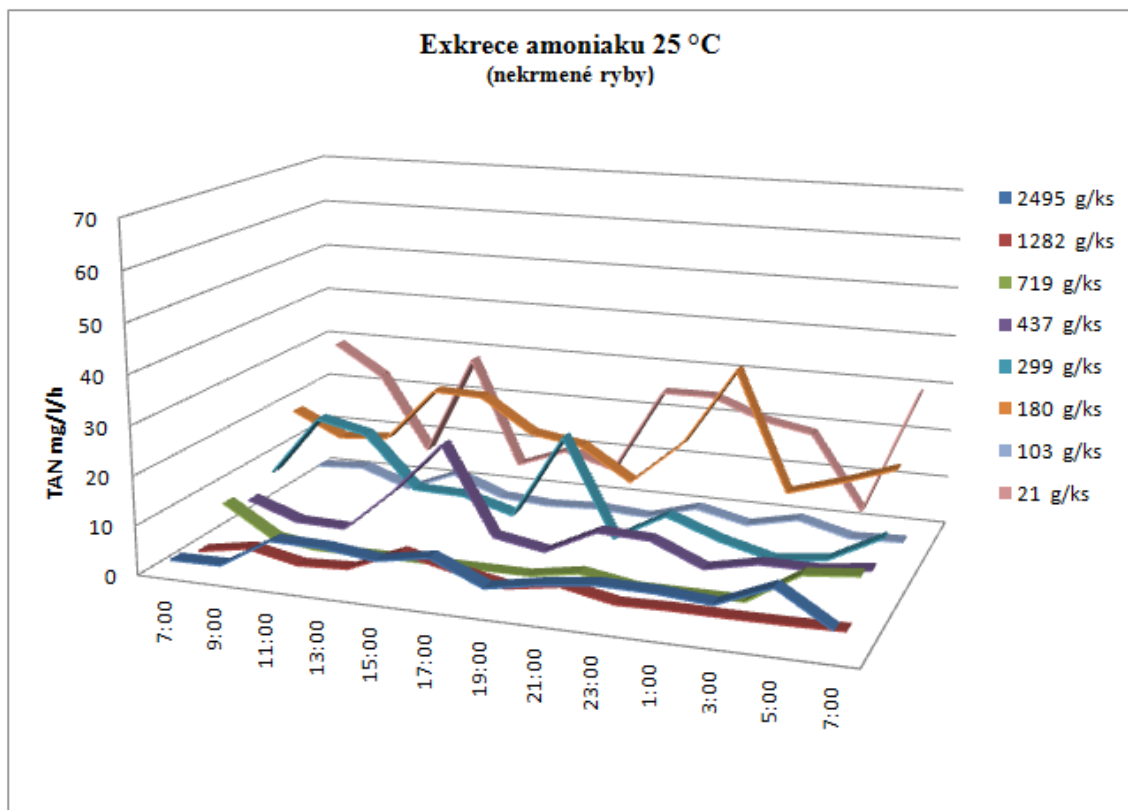


Graf č. 28: Diurnální průběh exkrece amoniaku při 22 °C u nekrmených ryb

Příloha č. 17

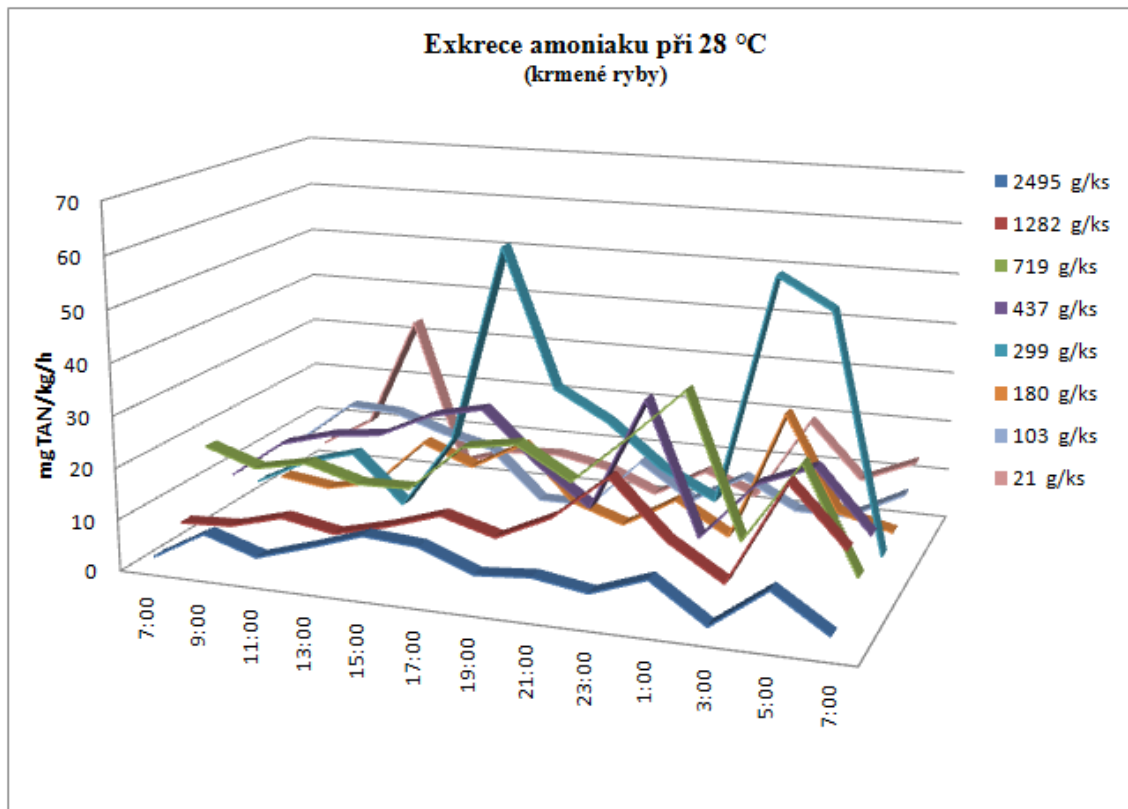


Graf č. 29: Diurnální průběh exkrece amoniaku při 25 °C u krmených ryb

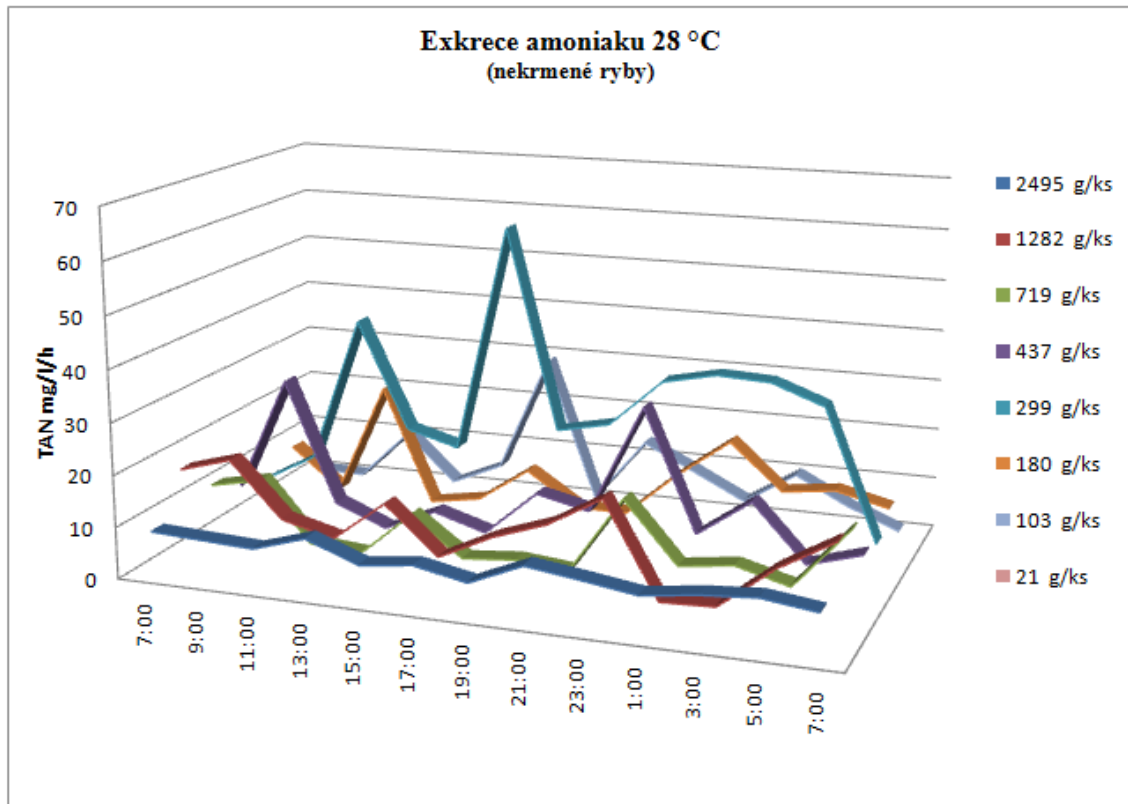


Graf č. 30: Diurnální průběh exkrece amoniaku při 25 °C u nekrmených ryb

Příloha č. 18

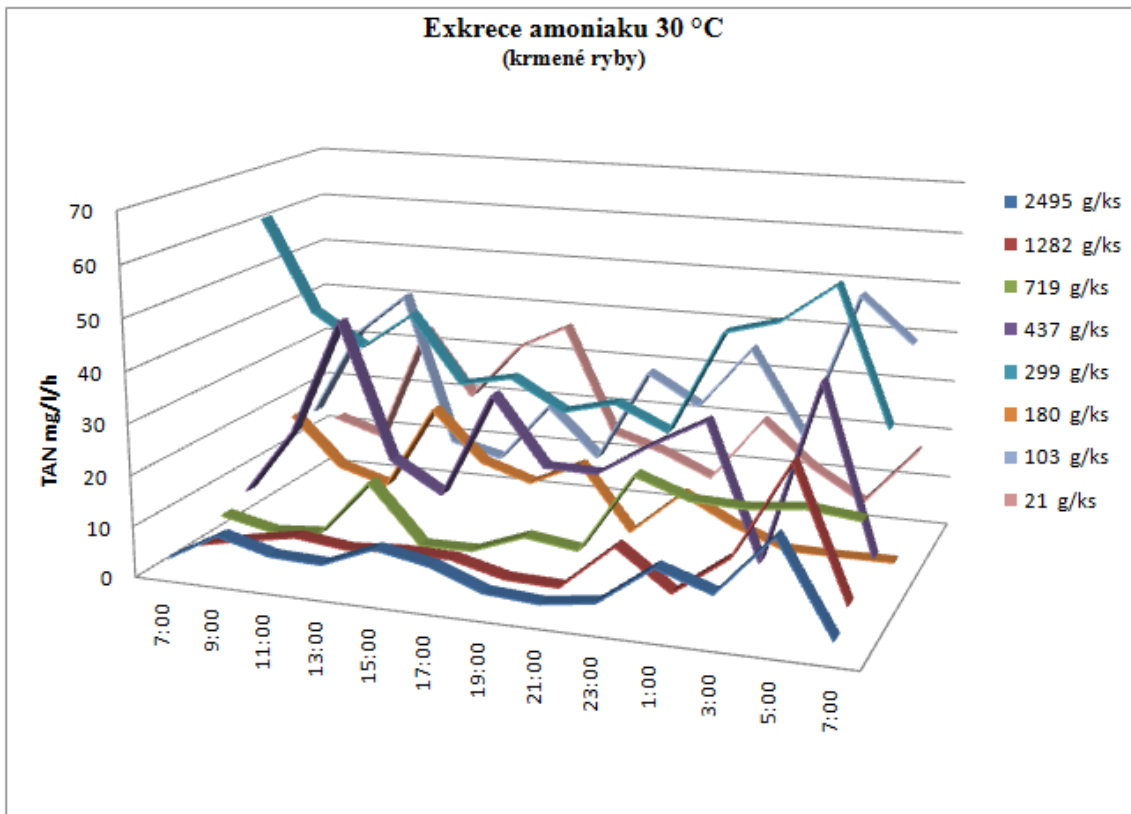


Graf č. 31: Diurnální průběh exkrece amoniaku při 28 °C u krmených ryb

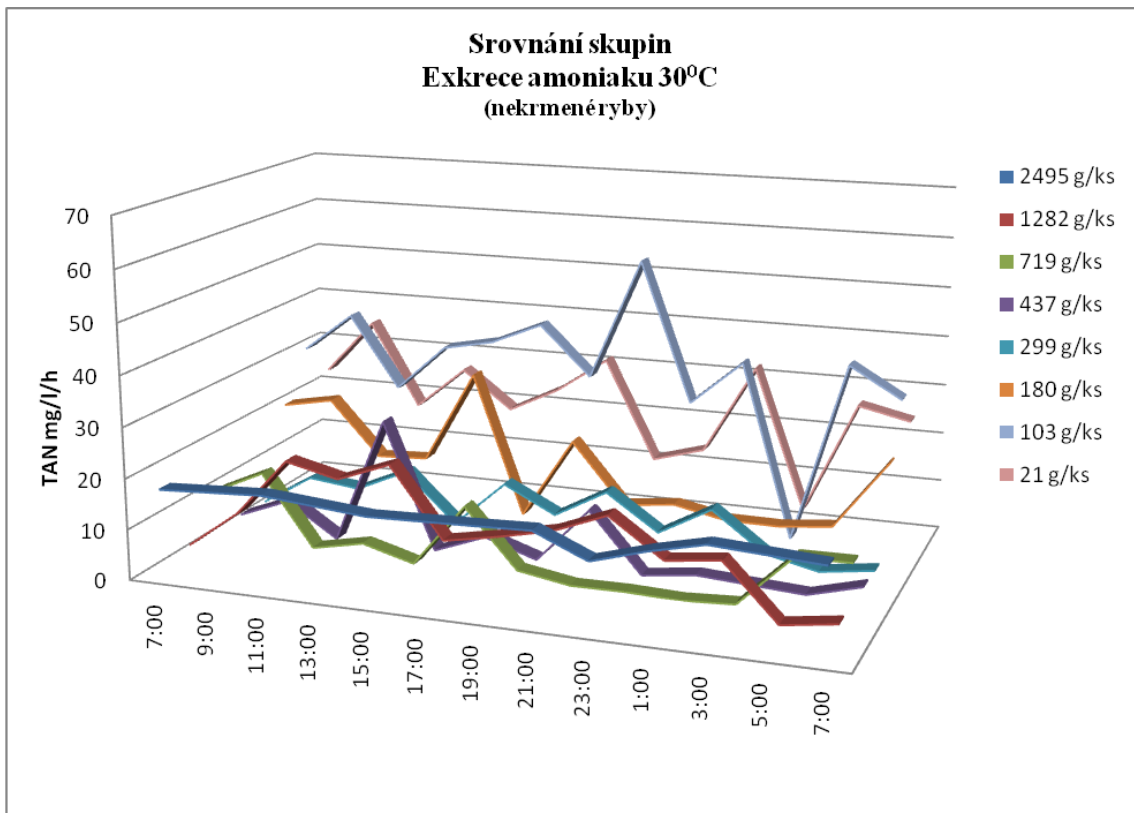


Graf č. 32: Diurnální průběh exkrece amoniaku při 28 °C u nekrmených ryb

Příloha č. 19

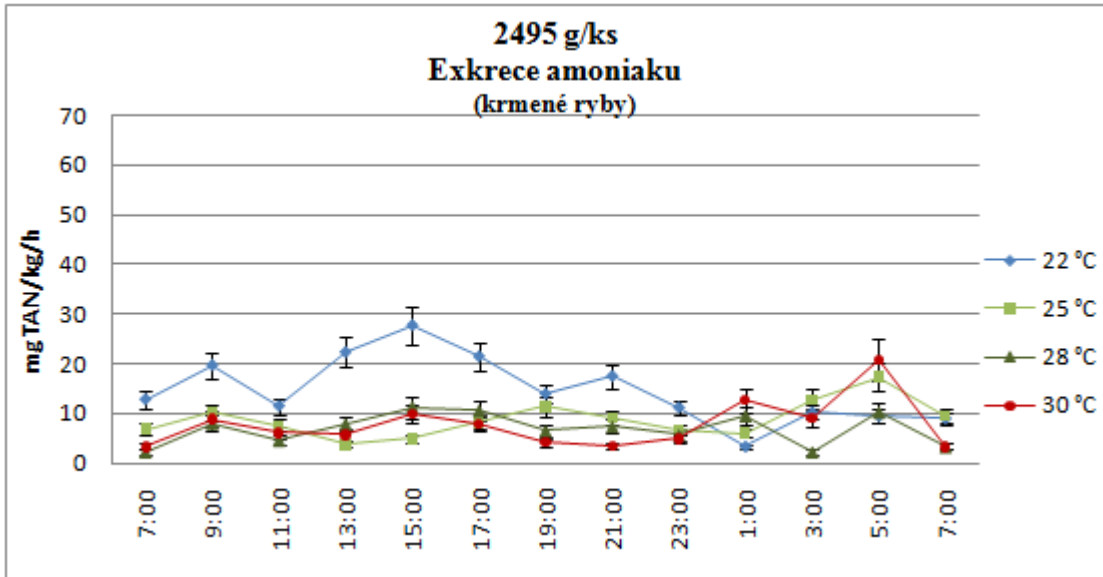


Graf č. 33: Diurnální průběh exkrece amoniaku při 30 °C u krmených ryb

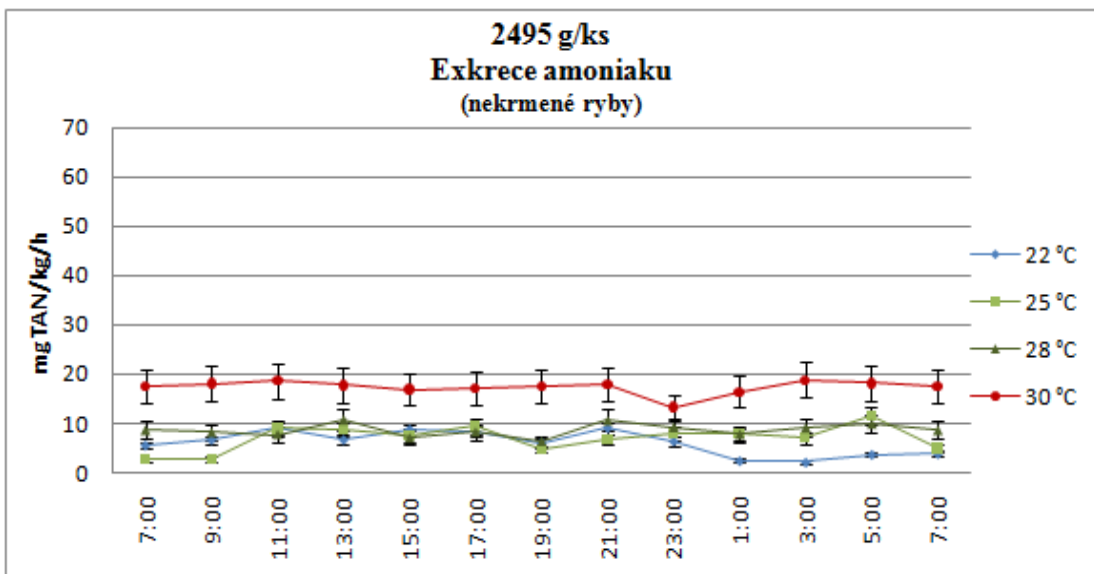


Graf č. 34: Diurnální průběh exkrece amoniaku při 30 °C u nekrmených ryb

Příloha č. 20

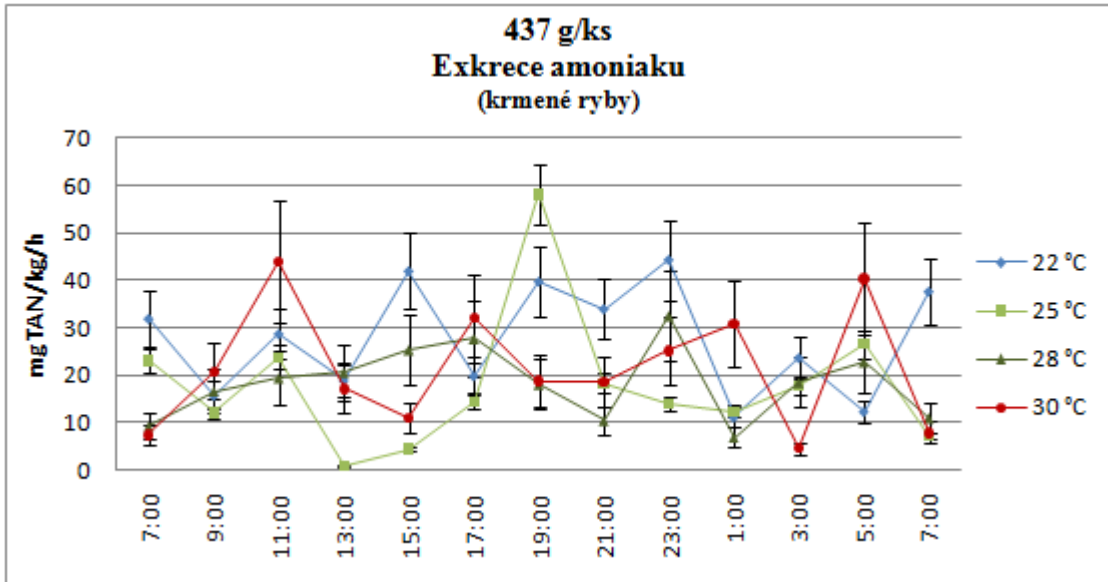


Graf č. 35: Diurnální průběh exkrece amoniaku u krmených ryb 2495 g/ks

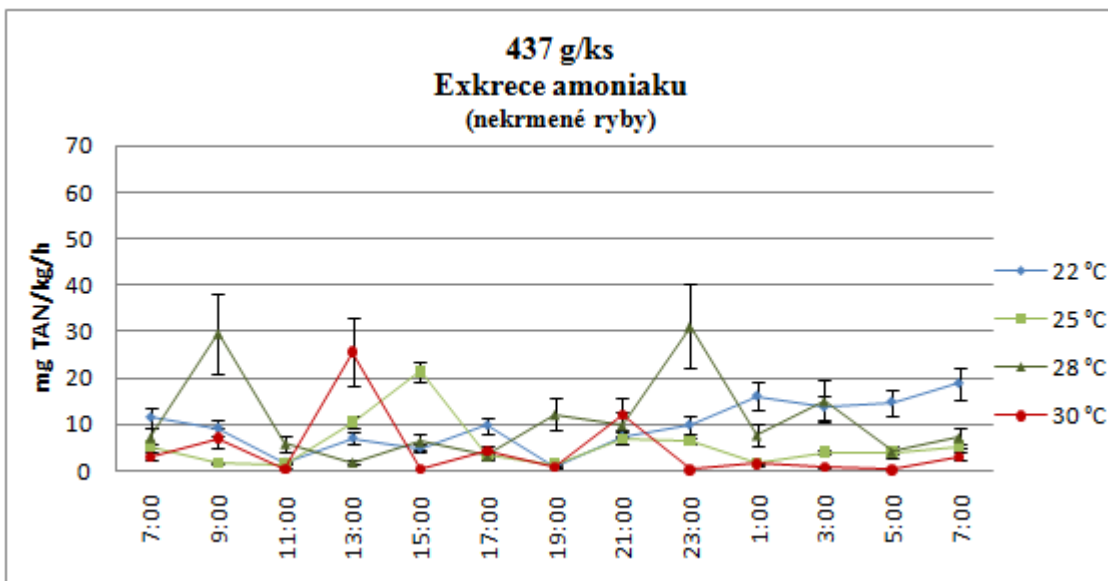


Graf č. 36: Diurnální průběh exkrece amoniaku u nekrmených ryb 2495 g/ks

Příloha č. 21

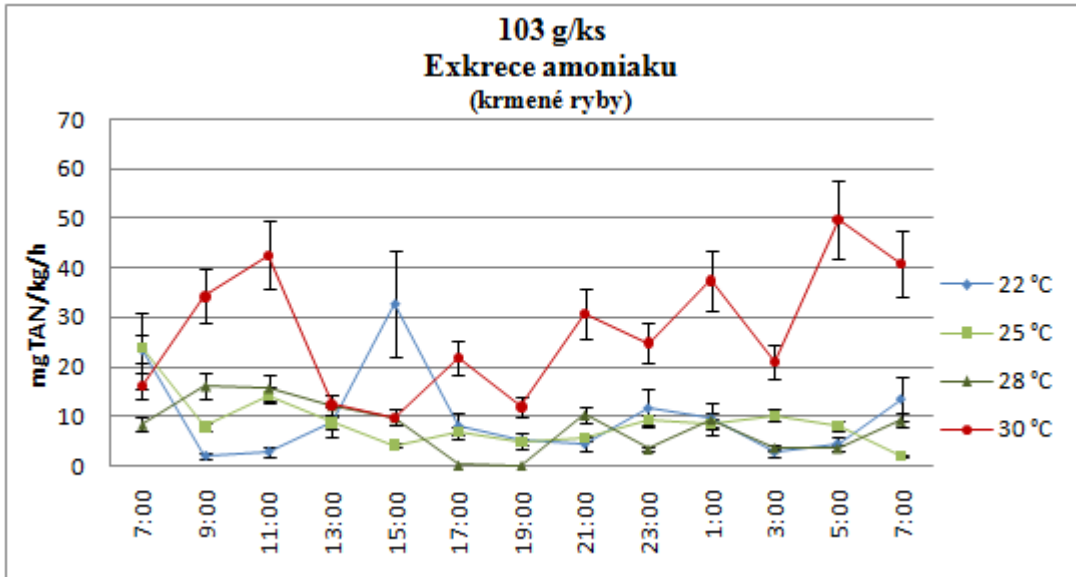


Graf č. 37: Diurnální průběh exkrece amoniaku u krmených ryb 437 g/ks

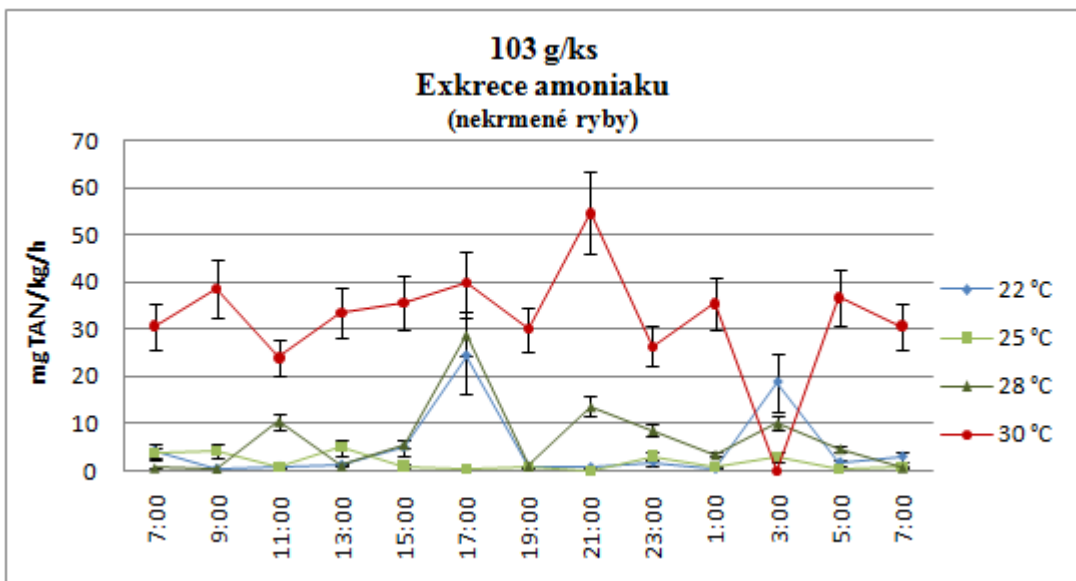


Graf č. 38: Diurnální průběh exkrece amoniaku u nekrmených ryb 437 g/ks

Příloha č. 22

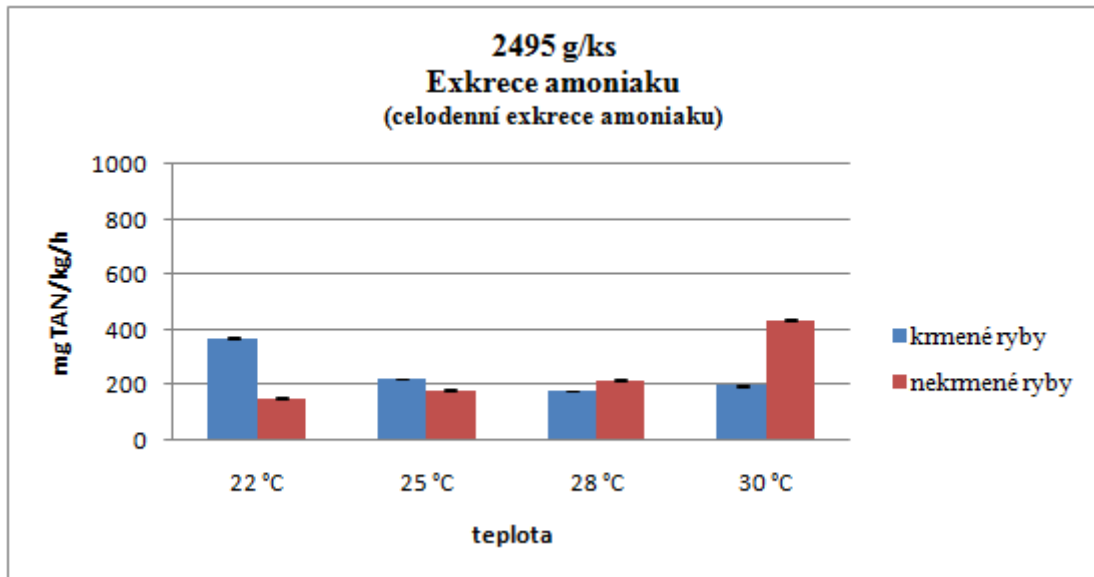


Graf č. 39: Diurnální průběh exkrece amoniaku u krmených ryb 103 g/ks

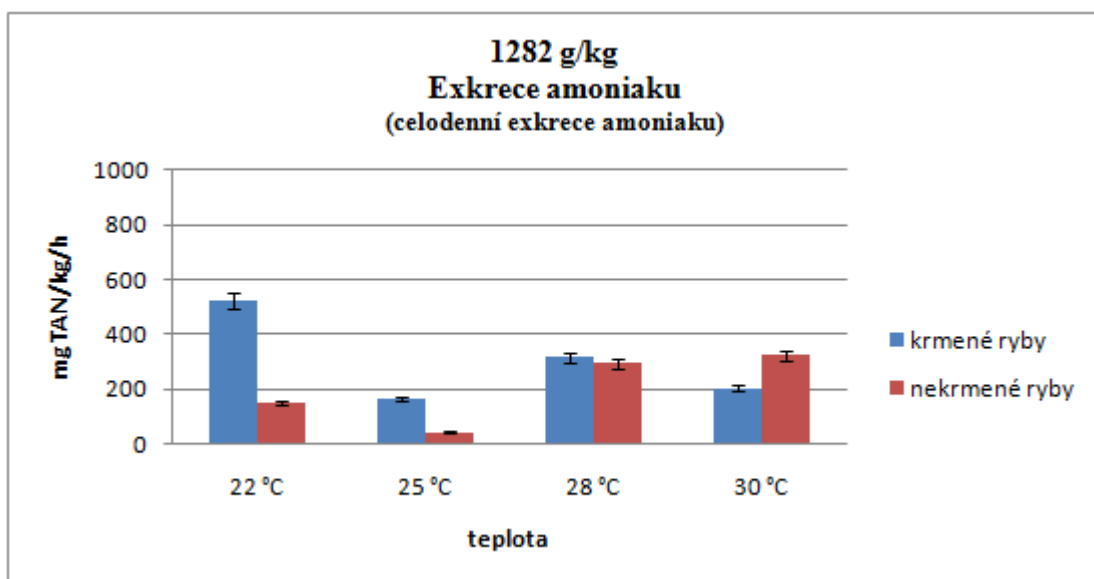


Graf č. 40: Diurnální průběh exkrece amoniaku u nekrmených ryb 103 g/ks

Příloha č. 23

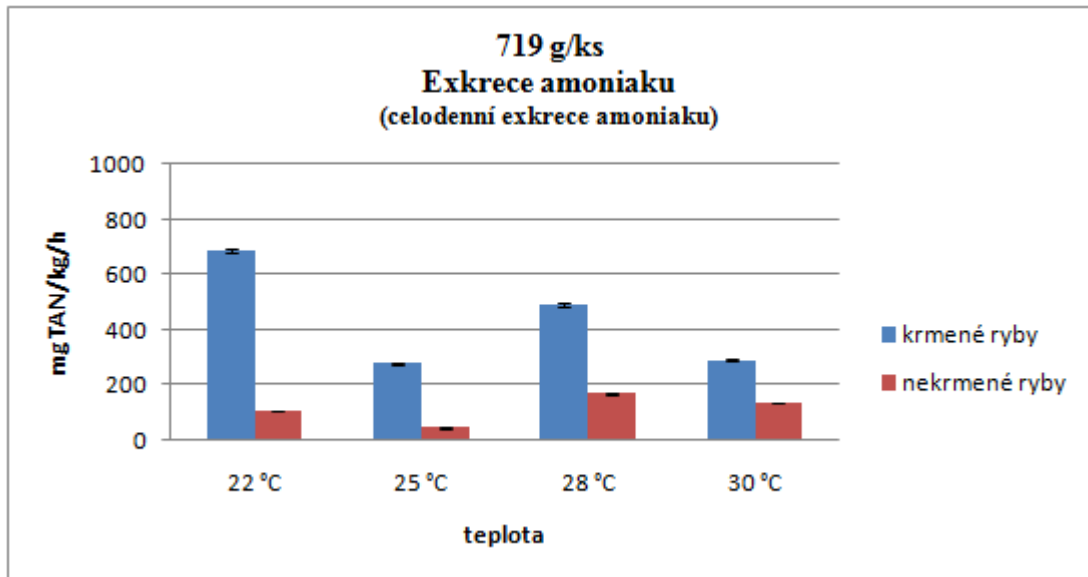


Graf č. 41: Celodenní exkrece amoniaku u krmených a nekrmených ryb (2495 g/ks)

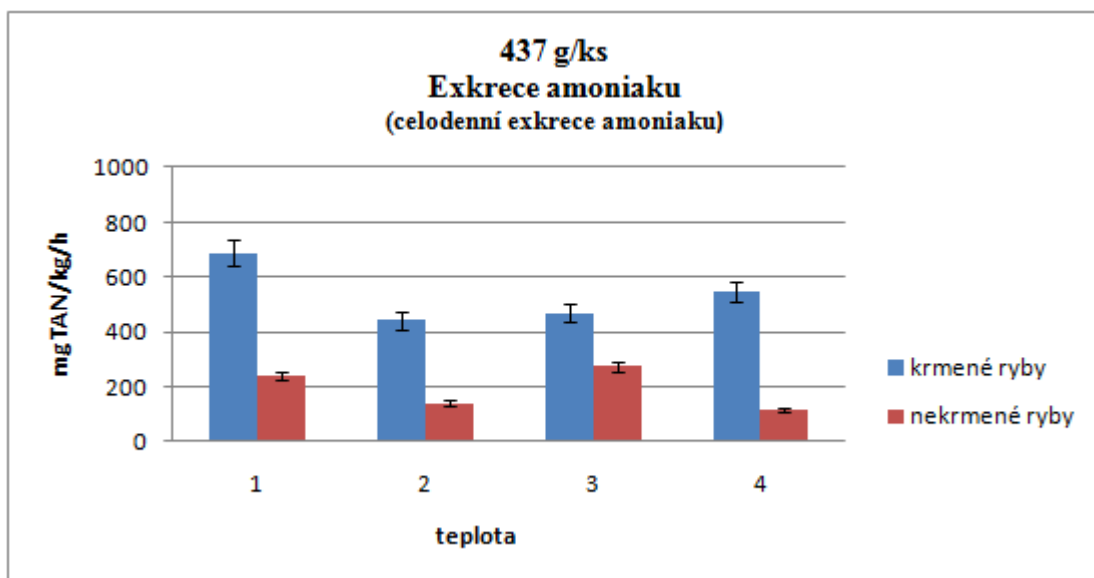


Graf č. 42: Celodenní exkrece amoniaku krmených a nekrmených ryb (1282 g/ks)

Příloha č. 24

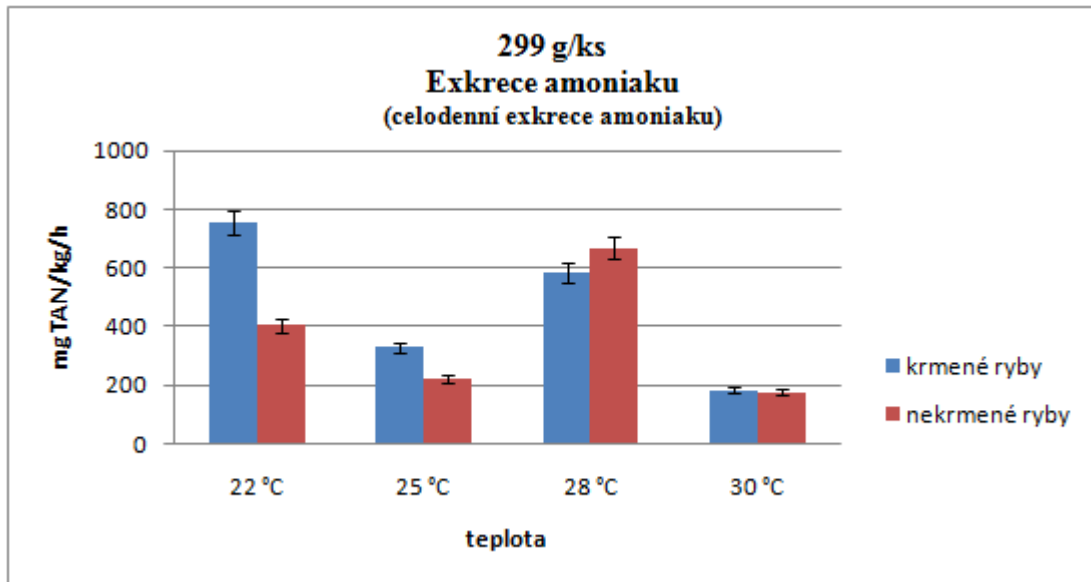


Graf č. 43: Celodenní exkrece amoniaku krmených a nekrmených ryb (719 g/ks)

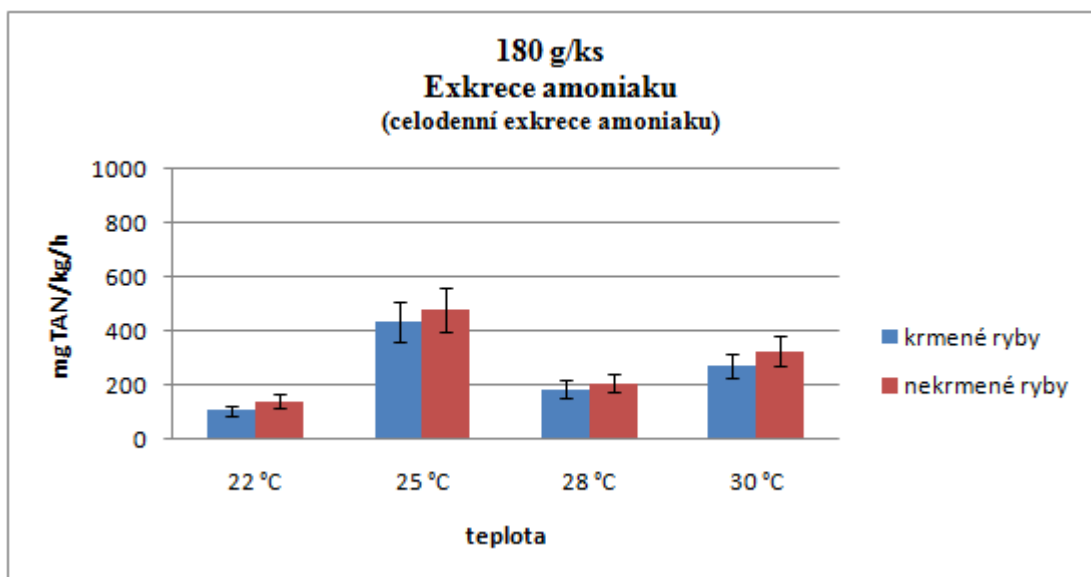


Graf č. 44: Celodenní exkrece amoniaku krmených a nekrmených ryb (437 g/ks)

Příloha č. 25

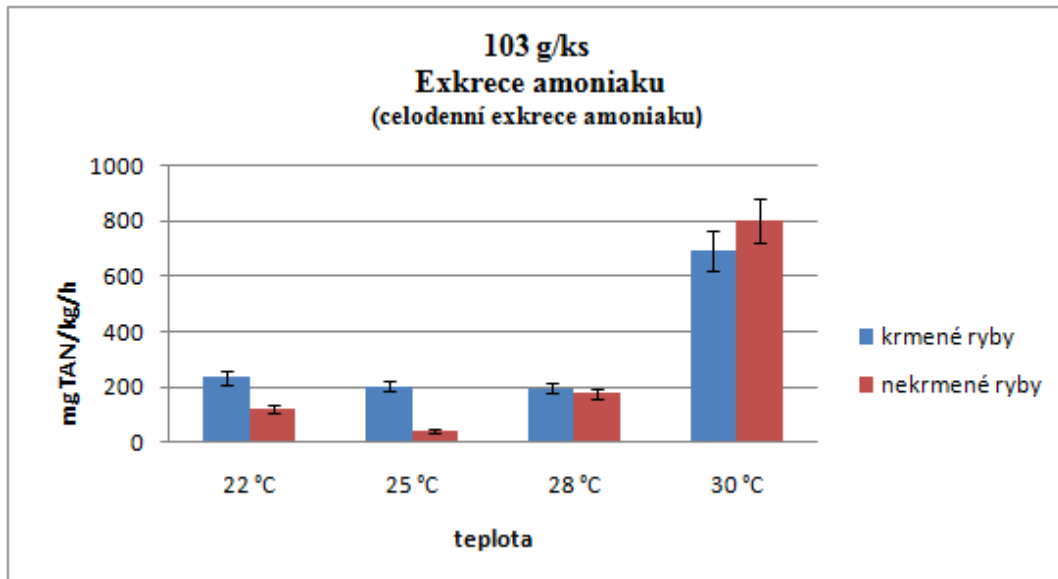


Graf č. 45: Celodenní exkrece amoniaku krmených a nekrmených ryb (299 g/ks)

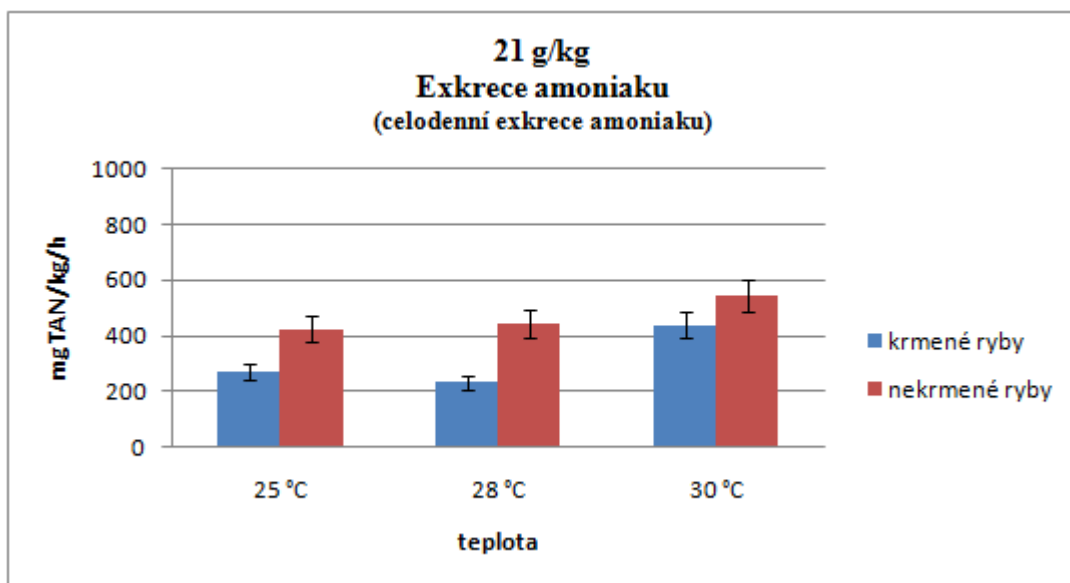


Graf č. 46: Celodenní exkrece amoniaku krmených a nekrmených ryb (180 g/ks)

Příloha č. 26



Graf č. 47: Celodenní exkrece amoniaku krmených a nekrmených ryb (103 g/ks)



Graf č. 48: Celodenní exkrece amoniaku krmených a nekrmených ryb (21 g/ks)

Abstrakt

Vliv teploty, velikosti a nakrmenosti ryb na spotřebu kyslíku a exkreci amoniaku u keříčkovce červenolemého (*Clarias gariepinus*)

Cílem práce bylo zjistit vliv krmení, teploty a velikosti na exkreci amoniaku a spotřebu kyslíku u *Clarias gariepinus* v recirkulačním systému. Ryby byly rozděleny na 8 hmotnostních kategorií od 21 g do 2495 g. Pokusy byly prováděny při čtyřech různých teplotách: 22°C, 25°C, 28°C, 30°C. Po aklimatizaci ryb byl aplikován světelný režim 14 hodin světelné fáze a 10 hodin temné fáze. Frekvence krmení byla čtyřikrát denně. Ryby, u kterých bylo měření prováděno bez krmení, den před pokusem hladověly. Měření koncentrace kyslíku a totálního amoniakálního dusíku bylo prováděno každé dvě hodiny. Spotřeba kyslíku byla měřena multimetrem a exkrece amoniaku pomocí Nesslerovy metody. Průměrná celodenní spotřeba kyslíku se u krmených ryb pohybovala, v závislosti na teplotě a průměrné individuální hmotnosti ryb v rozpětí 10,5 – 96,6 mg O₂/kg/h, u nekrmených v rozpětí 4,3 – 61,8 O₂/kg/h. Exkrece TAN, kolísala v rozpětí 0 – 59,9 mg TAN/kg/h u krmených a 0 – 60,8 mg TAN/kg/h u nekrmených ryb. Se zvyšující se teplotou se zvyšovala spotřeba kyslíku. Exkrece amoniaku byla při všech teplotách u všech hmotnostních kategorií velmi nestálá. Ryby měly vyšší exkreci v průběhu dne, než v noci.

Klíčová slova: exkrece amoniaku, spotřeba kyslíku, *Clarias gariepinus*, recirkulační systém, teplota, nakrmenost, metabolismus.

Abstract

Impact of teperature, fish size and feeding on oxygen consumption and ammonia excretion in the african catfish (*Clarias gariepinus*)

Aims of this thesis were to assesed the impact of feeding, temperature of water and fish size on ammonia excretion and oxygen consumption in *Clarias gariepinus* in recirculating system. Fish were divided in 8 weight categories from 21 to 2495 g. Experiments were performed under four temperatures: 22°C, 25°C, 28°C and 30°C. Fish were acclimatized, light conditions were: 14 hours of light period and 10 hours of dark period. Feeding was provided fed four times a day. Starved fish were measured. Measurements were held every two hours. Oxygen consumption was measured by multimeter and ammonia excretion using Nessler's method. Average daily oxygen consumption in fed fish was dependent on temperature and average individual weight of fish, varied from 10.5 to 96.6 mg O₂/kg/h and in hungry fish from 4.3 to 61.8 mg O₂/kg/h. TAN excretion varied from 0 to 59.9 mg TAN/kg/h in fed fish and from 0 to 60.8 mg TAN/kg/h in hungry fish. Oxygen consumption increased with increasing temperature. Ammonia excretion was very unstable at all temperatures in all weight categories. Fish had higher ammonia excretion in light period of experiment.

Key words: ammonia excretion, oxygen consumption, *Clarias gariepinus*, recirculating systém, temperature, feeding, metabolism