

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

Diplomová práce

**Vliv hmotnosti ryb, teploty vody, krmení a hustoty obsádky na
spotřebu kyslíku a produkci metabolitů v intenzivním chovu
tilápie nilské (*Oreochromis niloticus*)**

Autor: Bc. Adéla Denková

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

Konzultant diplomové práce: prof. Jan Kouřil, PhD.

Studijní program a obor: studijní program Zootechnika , obor Rybnářství

Forma studia: Prezenční

Ročník: 2.

České Budějovice 2012

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:

Adéla Denková

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu Ing. Vlastimilu Stejskalovi, Ph.D. I konzultantovi prof. Janu Kouřilovi, PhD., za odborné vedení a trpělivost v průběhu zpracování diplomové práce. Mé poděkování patří i mému příteli a rodině za poskytnutí psychické podpory i perfektního zázemí.

Vlastní experimentální práce byla podpořena projekty KONTAKT č. ME 10126, NAZV (č. QJ1210013), GAJU(č. 047/2010/Z) a CENAKVA (CZ.1.05/2.1.00/01.0024).

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Adéla DENKOVÁ**
Osobní číslo: **V10N003P**
Studijní program: **N4103 Zootechnika**
Studijní obor: **Rybářství**
Název tématu: **Vliv hmotnosti ryb, teploty vody, krmení a hustoty obsádky na spotřebu kyslíku a produkci metabolitů v intenzivním chovu tilapie nilské (*Oreochromis niloticus*).**
Zadávací katedra: **Ústav akvakultury**

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

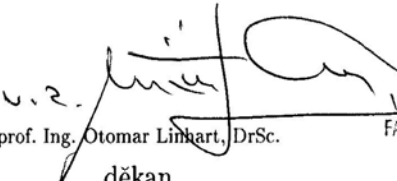
Cílem práce je kvantifikovat množství spotřebovaného kyslíku a vznikajících metabolitů při intenzivním chovu tilapie nilské v recirkulačním systému včetně vyhodnocení denních změn v závislosti na teplotě, managementu krmení vody (kontinuální, frekvence 2x denně, frekvence 4x denně), hustotě obsádky a velikosti ryb. Pro další rozvoj intenzivního chovu tilapie je nezbytné mít informace o parametrech jako je spotřeba kyslíku a exkrece amoniaku (TAN - totální amoniakální dusík) vztažená k obsádce z důvodu plánování celkové produkční kapacity odchovného systému a pro dimenze biofiltrů a kyslíkového hospodářství. Rozsah teplot, při kterých je tilapie chována, v praxi závisí na možnostech daného systému a chov při vyšších teplotách je pochopitelně energeticky náročnější.

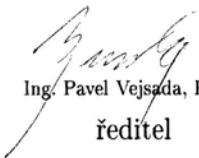
Pro účely této práce budou použity ryby o průměrné hmotnosti 20-30 g, 60-80 g, 130 -150 g v šesti kruhových nádržích. Měření bude probíhat při čtyřech různých teplotách a to při 21, 24, 27 a 30 °C. V retenčních nádržích bude voda intenzivně provzdušňována tak aby se nasycení přítokové voda se pohybovala blízko 100 %. Pro měření difúze O₂ do atmosféry budou pro každou teplotu založeny kontrolní nádrže bez obsádky ryb se stejnými průtokovými poměry jako u nádrží pokusných. Měření bude probíhat ve dvou 48 hodinových cyklech, vždy dva dny u krmených i nekrmených ryb. Výsledkem budou 4 sady dat pro každou testovanou teplotu, hustotu obsádky, management krmení a velikost ryb. Vzorkování vody bude prováděno každé dvě hodiny. Měření TAN bude prováděno spektrofotometricky za využití Nesslerovy metody. Krmení ryb bude probíhat v závislosti na managementu v dávkách *ad libitum* až do ztráty potravních reflexů.

Hlavní testovanou hypotézou je nalezení rozdílů ve spotřebě kyslíku a produkci amoniaku při chovu tilapie v různých teplotních a chovných podmínkách. Vlastní experimentální části bude předcházet zpracování literární rešerše k danému tématu.

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

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


v.r. **prof. Ing. Otomar Linhart, DrSc.**
děkan
JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD
Zátiší 738/II
363 25 Vodňany (2)


Ing. Pavel Vejsada, Ph.D.
ředitel

V Českých Budějovicích dne 14. ledna 2011

Příloha zadání diplomové práce

Seznam odborné literatury:

- Ahmed, N., Abdel Magid, A. M. 1969. Oxygen consumption in *Tilapia nilotica* (L.). *Hydrobiologia* 33, 513-522.
- Caulton, M. S., 1977. The effect of temperature on routine metabolism in *Tilapia rendalli* Boulenger. *Journal of Fish Biology* 11, 549-553.
- Caulton, M.S. 1987. The effect of temperature and mass on routine metabolism in *Sarotherodon (Tilapia) mossambicus* (Peters). *Journal of Fish Biology* 13, 195-201.
- De Silva, C.D., Premawansa, S., Keembiyahetty, C.N. 1986. Oxygen consumption in *Oreochromis niloticus* (L.) in relation to development, salinity, temperature and time of day. *Journal of Fish Biology* 29, 267-277.
- Farmer, G.J., Beamish, F.W.H. 1969. Oxygen consumption of *Tilapia nilotica* in relation to swimming speed and salinity. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 26, 2807-2821.
- Forsberg, O.I., 1997. The impact of varying feeding regimes on oxygen consumption and excretion of carbon dioxide and nitrogen in post-smolt Atlantic salmon *Salmo salar* L. *Aquacult. Res.* 28, 29-41.
- Glencross, B.D., Felsing, M., 2006. Influence of fish size and water temperature on the metabolic demand for oxygen by barramundi, *Lates calcarifer* (Bloch), in freshwater. *Aquacult. Res.* 37, 1055-1062.
- Iwama, G.K., Takemura, A. Takano, K., 1997. Oxygen consumption rates of tilapia in fresh water, sea water, and hypersaline sea water. *Journal of Fish Biology* 51, 886-894
- Ross, L.G, McKinney, R.W., Cardwell, S.K, Fullarton, J.G, Roberts, S.E.J, Ross, B. 1992. The effects of dietary protein content, lipid content and ration level on oxygen consumption and specific dynamic action in *Oreochromis niloticus* L., *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology* 103, 573-578.
- Stejskal, V., Kouril, J., Valentova, O., Hamackova, J., Policar, T., 2009. Size-related oxygen consumption and ammonia excretion of Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) reared in a recirculating system. *Aquacult. Res.* 41, 135-142.
- Zakęś, Z., Demska-Zakęś, K., 2002. The influence of feeding frequency on the metabolic rate of perch *Perca fluviatilis* L. *Archives Polish Fisheries.* 10, 23-39.
- Zakęś, Z., Demska-Zakęś, K., Jarocki, P., Stawecki, K., 2006. The effect of feeding on oxygen consumption and ammonia excretion of juvenile tench *Tinca tinca* (L.) reared in a water recirculating system. *Aquacult. Int.* 14, 127-140.
- Zakęś, Z., Demska-Zakęś, K., Kata, K., 2003. Rates of oxygen consumption and ammonia excretion of juvenile Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. *Aquacult. Int.* 11, 277-288.
- Zakęś, Z., Karpinski, A., 1999. Influence of water temperature on oxygen consumption and ammonia excretion of juvenile pikeperch, *Stizosteidon lucioperca* (L.) reared in a recirculating system. *Aquacult. Res.* 30, 106-114.

Obsah

| | |
|--|----|
| 1. Úvod..... | 9 |
| 2. Cíl práce..... | 10 |
| 3. Literární přehled..... | 11 |
| 3.1. Taxonomické zařazení..... | 11 |
| 3.2. Biologická charakteristika..... | 11 |
| 3.2.1. Popis..... | 11 |
| 3.2.2. Výskyt..... | 13 |
| 3.2.3. Potrava..... | 13 |
| 3.2.4. Reprodukce..... | 13 |
| 3.2.5. Extrémní odolnost..... | 14 |
| 3.2.6. Adaptace metabolismu na nedostatek kyslíku..... | 15 |
| 3.3. Chov tilapie | 16 |
| 3.3.1. Historie..... | 16 |
| 3.3.2. Chov v různých systémech..... | 16 |
| 3.3.3. Umělý výtěr a odchov plůdku..... | 18 |
| 3.3.4. Monosexní populace..... | 19 |
| 3.3.5. Optimální podmínky chovu..... | 20 |
| 3.4. Potravní nároky..... | 21 |
| 3.5. Hlavní metabolické ukazatele..... | 22 |
| 3.5.1. Exkrece amoniaku..... | 22 |
| 3.5.2. Spotřeba kyslíku..... | 23 |
| 3.6. Produkce tilapie ve světě..... | 23 |
| 3.7. Cena tilapie..... | 24 |
| 4. Metodika a materiál..... | 25 |
| 4.1. Chov ryb určených k pokusům..... | 25 |
| 4.2. Příprava ryb a systému k pokusu..... | 27 |
| 4.3. Průběh pokusu..... | 28 |
| 4.4. Stanovení spotřeby kyslíku..... | 29 |
| 4.5. Stanovení exkrece amoniaku..... | 29 |
| 5. Výsledky..... | 31 |

| | |
|--|----|
| 5.1. Vliv hmotnosti těla a teploty na metabolismus tilapie..... | 31 |
| 5.1.1. Denní variabilita spotřeby kyslíku..... | 31 |
| 5.1.2. Vztah mezi hmotností těla, teplotou vody a spotřebou kyslíku..... | 34 |
| 5.1.3. Denní variabilita exkrece amoniaku (TAN)..... | 36 |
| 5.1.4. Vztah mezi hmotností těla, teplotou vody a exkrecí amoniaku (TAN)..... | 41 |
| 5.2. Vliv způsobu krmení a teploty vody na metabolismus tilapie..... | 43 |
| 5.2.1. Denní variabilita spotřeby kyslíku..... | 43 |
| 5.2.2. Denní variabilita exkrece amoniaku (TAN)..... | 49 |
| 5.3. Vliv chovné biomasy a teploty vody na metabolismus tilapie | 55 |
| 5.3.1. Denní variabilita spotřeby kyslíku..... | 55 |
| 5.3.2. Vztah mezi chovnou biomasou, teplotou vody a spotřebou kyslíku..... | 59 |
| 5.3.3. Denní variabilita exkrece amoniaku (TAN)..... | 60 |
| 5.3.4. Vztah mezi chovnou biomasou, teplotou vody a exkrecí amoniaku (TAN)..... | 64 |
| 5.4. Výsledná biomasa v jednotlivých nádržích..... | 65 |
| 6. Diskuze..... | 66 |
| 7. Závěr..... | 69 |
| 8. Seznam použité literatury..... | 70 |
| Abstrakt..... | 75 |
| Abstract..... | 76 |

1. Úvod

V současnosti jsou, díky své šetrnosti vůči životnímu prostředí a možnosti vyprodukovat na malém prostoru velké přírůstky, recirkulační systémy významným nástrojem intenzivní akvakultury, který je používán ve zvětšující se míře po celém světě. Díky několika aspektům, jako jsou například: finanční náročnost, specifické nároky jednotlivých druhů a podmínky vodního prostředí, není možné v recirkulačních systémech chovat jakýkoliv druh ryb či jiných vodních živočichů.

Tilapie nilská (*Oreochromis niloticus*) patří, díky svojí nenáročnosti, odolnosti vůči nepříznivým kyslíkovým i teplotním podmínkám, a schopnosti zkonzumovat široké spektrum rostlinné i živočišné potravy, mezi druhy, nejvíce používané v intenzivních chovech tohoto typu. Výrobky z masa tilapie jsou jednou z nejvíce obchodovaných komodit, pocházejících se sladkovodních ryb, a i přesto lze říci, že potenciál tohoto druhu ještě není plně využit.

Experimenty v minulosti i v současnosti stále poukazují na nové poznatky a díky nim mohou být chovatelům dodávány přesné podklady k vytvoření optimálního poměru využití ryb a současně co nejnižších nákladů na udržování recirkulačního systému v chodu za vymezených podmínek.

Díky všem těmto skutečnostem se tilapie jevila jako optimální druh ryby k připravovanému pokusu.

2. Cíl práce

Cílem práce bylo ověřit vliv vybraných faktorů na metabolismus, především spotřebu kyslíku a exkreci amoniaku (TAN) tilapie nilské. Testovanými faktory byly teplota vody, hmotnost ryb, chovná biomasa a způsob krmení.

Dále bylo cílem práce změřit spotřebu kyslíku a produkci amoniaku v závislosti na uvedených faktorech pro krmené či vyláčňené ryby.

3. Literární přehled

3.1. Taxonomické zařazení

Tilapii nilskou (*Oreochromis niloticus*) řadíme do taxonomického systému takto:

Třída: *Actinopterygii* (Paprskoploutví)

Řád: *Perciformes* (Ostnoploutví)

Čeleď: *Cichlidae* (Vrubozubcovití)

Tilapie nilská (*Oreochromis niloticus*, Linneaus 1758) náleží k čeledi vrubozubcovitých (*Cichlidae*). Tato čeleď je velice variabilní co se týče velikosti i tvarů těla od silně laterálně zploštělých po prodloužené válcovité. Většinou se jedná o ryby střední velikosti vejčitého tvaru a mírně laterálně zploštělého těla. Mnoho druhů této čeledi patří mezi populární akvarijní i gastronomicky využívané ryby (Hanel, 2000).

3.2. Biologická charakteristika

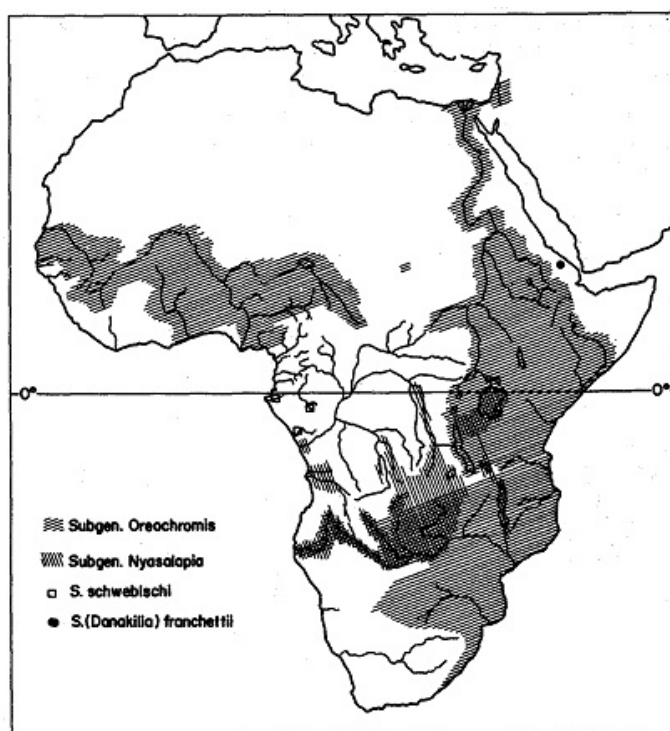
3.2.1. Popis

Tilapie nilská má robustní, z boků silně zploštělé tělo s vyšším hřbetem a krátkým ocasním násadcem. Šupiny jsou malé, ktenoidní. Hlava je poměrně velká, s malými ústy v terminálním postavení a s jemnými zuby. Dolní požerákové zuby jsou srostlé. Dlouhá hřbetní ploutev probíhá téměř po celé linii hřbetu a prodlouženými měkkými paprsky v zadní části dosahuje až do poloviny ocasní ploutve. Prsní ploutve jsou dlouhé, dosahují až za ploutve břišní. Hřbet tilapie je zbarven šedomodře až do šedozelena s kovovým leskem. Na bocích se nachází 8-10 tmavších příčných pruhů. Přední část těla a ocasní ploutev mají narůžovělé zbarvení. Hřbetní, řitní a ocasní ploutev jsou skvrnitě (Spurný, 1998). Tilapie dosahuje délky až 50 cm a váhy několika kilogramů, avšak v chovech se většinou setkáme s jedinci o hmotnosti 0,5 – 1 kg (Obr. 1). V našich podmínkách se tržní hmotnost tilapie pohybuje kolem 0,2-0,3 kg (Spurný, 1998). Samci jsou barevněji výraznější a těžší než samice (Linhart a kol. 2004). Samec a samice se kromě velikosti a zbarvení liší tvarem

pohlavní papily (Linhart a kol., 2004; Pullin a Lowe-McConnell, 1982). Tilapie se zpravidla dožívá maximálně 7-8 let (Pullin a Lowe-McConnell, 1982).



Obr. 1. Dospělý jedinec tilapie nilské (tlamovce nilského, *Oreochromis niloticus*) zdroj: <http://www.fishbase.us>



Obr. 2. Areál rozšíření druhu *Oreochromis* zdroj: Pullin a Lowe-McConnell (1982)

3.2.2. Výskyt

Původní areál výskytu tilapie nilské jsou proudící i stojaté vody v tropických a subtropických částech Afriky (Obr. 2). Postupně byla tilapie rozšířena do tropických oblastí celého světa (Fryer a Illes, 1972). Nyní je chována v 85 zemích (Eknath a Hulata, 2009). Kromě afrických států se vyskytuje především v jihovýchodní Asii, latinské Americe a v tichomoří (Bondad-Reantaso, 2007; Miller, 1995).

3.2.3. Potrava

Tilapii lze označit za typicky omnivorní druh. Živí se zooplanktonem i fytoplanktonem, nárosty řas, vyššími rostlinami, zoobentosem a příležitostně rybím plůdkem (Adámek, 1994; Pullin a Lowe-McConnell, 1982; Spurný, 1998). Miller (1995) tilapii označuje primárně jako herbivora, ale připouští, že může zkonzumovat prakticky cokoliv, co již bylo uvedeno výše.

3.2.4. Reprodukce

Pohlavní dospělosti dosahuje tilapie v chovech ve stáří čtyř měsíců a velikosti 10 cm (Linhart a kol., 2004). Spurný (1998) udává věk pohlavní dospělosti 4-5 měsíců, Pullin a Lowe-McConnell (1982) 3 měsíce, ovšem jen u samců. Přípravenost k výtěru je ovlivněna několika faktory, mezi které patří fotoperioda, hustota populace, salinita a teplota vody. Pro úspěšné rozmnožování je potřeba 12 – 14 hodin světla (Miller, 1995), ne příliš hustá populace – tj. maximálně 1 samec a 3 - 4 samice na 1 m² (Linhart a kol., 2004), aby nedošlo ke ztrátě sexuálního chování (Rakocy, 1989; Suresh a Lin, 1992), salinita vody do 8 promile (Miller, 1995), a teplota nad 20°C (Miller, 1995; Pullin a Lowe Mc Connell, 1982). Fryer a Illes (1972) udávají pro zastavení reprodukce teploty již pod 22°C. Tilapie se vytírá ve dne. Samec nejprve vyhloubí malou jamku ve dně a po krátkém dvoření samici dojde k výtěru. Výtěrová snůška je 100 – 1000 kusů jiker (Linhart a kol., 2004) o průměru 2,1-3,7 mm (Mendoza a kol., 2005) a může se opakovat v cyklech po 3-5 týdnech, což znamená možnost 10 – 14 snůšek za rok (Linhart a kol., 2004). Podle Millera (1995) je však možných jen 6 – 11 snůšek. Samice poté bere jikry do tlamky, kde je nosí až do

vykulení plůdku, což je, podle podmínek, 7-10 dní (Spurný, 1998). Plůdek ovšem vyplave z tlamky samice až když spotřebuje zásoby ze žloutkového vřívku, to je za 10 – 12 dní po výtěru (Linhart a kol., 2004). Samice po celou dobu inkubace nepřijímá potravu (Spurný, 1998). Tilapie je polygamní, jeden samec se tře s více samicemi (Linhart a kol., 2004).

3.2.5. Extrémní odolnost

Jednou z nejvýznamnějších předností tilapie je schopnost přežívat extrémní podmínky, zejména vysoké teploty prostředí, nízké koncentrace kyslíku a vyšší znečištění vody (Adámek, 1994; Fitzsimmons, 2007; Miller, 1995; Piedrahita, 2003). Poměrně odolná je i vůči vysokým hodnotám pH (Pullin a Lowe-McConnell, 1982).

Jako horní mezní teplota pro přežití tilapie je uvedeno 40°C (Adámek, 1994; Miller, 1995; Walsh a kol., 1993; Wood, 1989), případně 42°C (Pullin a Lowe-McConnell, 1982). Růst tilapií se zastavuje při hodnotě 20°C z důvodu zastavení příjmu potravy (Chervinski, 1982; Rakocy, 1989), a první úhyny nastávají při 13,6°C (Chaso-Karisa a kol., 2005). Sifa a kol. (2002) dokonce uvádějí první úhyn až při 11°C. Při 12°C ztrácí ryby odolnost a jsou náchylné k bakteriálním, parazitickým i plísňovým onemocněním (Rakocy, 1989). Tuto teplotu je tilapie schopna snášet i delší dobu s občasným úhynem slabších jedinců (Adámek, 1994; Chervinski, 1982). Letální teplota je pro tilapii ve většině případů uváděna na hodnotě 10°C (Chervinski, 1982; Kharter a Smitherman, 1988; Lahav a Ra'an, 1998; Miller, 1995; Pullin a Lowe-McConnell, 1982; Rakocy, 1989). V našich venkovních podmínkách hyne celá populace při poklesu teploty vody na 9°C (Adámek, 1994), tuto teplotu potvrzuje i Charo-Karisa a kol. (2005). Sifa a kol. (2002) ovšem udávají hromadný úhyn až při teplotě 7,4°C. Krátkodobě tilapie údajně snese i teploty 6-8°C (Adámek, 1994). Stejnou hodnotu udává Yashov (1958) a Charo-Karisa a kol. (2005); druhý jmenovaný ovšem s postupnou aklimatizací ryb z 11 na 8°C rychlostí 1°C za den.

Tilapie je díky změnám v metabolismu schopna přežít i ve vodě s velmi nízkou koncentrací kyslíku (Kutty, 1972; Pullin a Lowe-McConnell, 1982). Adámek (1994) udává přežití tilapie při krátkodobém poklesu koncentrace kyslíku pod 0,5 mg × l⁻¹ a nasycení pod 25%. Za kritickou hranici je považována hodnota 2-3 mg × l⁻¹ (Ahmed a Magid, 1968; Miller, 1995), ovšem Rakocy (1989) udává 5 mg × l⁻¹ a Walsh a kol. (1993) 4,2 mg × l⁻¹. Je dokázáno, že ryby při různých pokusech přežily pokles koncentrace kyslíku na 2,63 mg × l⁻¹ (Papoutsoglou a Tziha, 1996) a 1,33 mg × l⁻¹ (Baccarin a Camargo, 2005). Přežití

extrémně nízké koncentrace $0,3 \text{ mg} \times \text{l}^{-1}$ udává Kalous (2011).

Významnou výhodou při chovu tilapie je i její schopnost přežít významné organické znečištění vody. Podle Rakocyho (1989) tilapie začínají hynout až při koncentraci $2 \text{ mg} (\text{NH}_3\text{-N})$ na litr a $5 \text{ mg} (\text{NO}_2\text{-N})$ na litr, což naznačuje, při porovnání s našimi běžně chovanými druhy, znatelně vyšší odolnost. Podle některých zdrojů je 96h LC50 pro amoniak nižší, a to $1,7031 \text{ mg} \times \text{l}^{-1}$ (Campbell, 1991; Haywood, 1983; Thurston a kol., 1983). Tuto hodnotu popírají Diana a kol. (1996). V jejich pokusu ryby bez viditelných změn chování či zdravotního stavu přežívaly koncentrace $1,3 - 1,9 \text{ mg}$ amoniaku v jednom litru vody, dále tuto hodnotu rozšířili Watanabe a kol. (2002), kteří udávají přežití až do $3,4 \text{ mg} \times \text{l}^{-1}$.

Dalším z významných faktorů odolnosti je schopnost tilapie přežít značné výkyvy hodnoty pH. V různých pracích jsou pro přežití tilapie udávány hodnoty pH nejméně 6,5 a nejvýše 8,8 (Greiner a Timmons, 1998; Miller, 1995; Rakocy a kol., 1989), avšak tilapie v pokusu Baccarina a Camarga (2005) přežily dolní hodnotu pH 5,4. Horní extrémní hodnotu pH stanovil pro tilapii Yashouv (1958) na 11,0. Tyto hodnoty potvrzují i Watanabe a kol. (2002) jen s úpravou dolní hodnoty pro přežití na 5,0.

3.2.6. Adaptace metabolismu na nedostatek kyslíku

Podle pokusu, který provedl Kutty (1972) na tilapii mosambické (*Tilapia mossambica*), je zřejmé, že tilapie může adaptovat svůj metabolismus na nepříznivé kyslíkové podmínky. Pokusné ryby držené v prostředí o teplotě 30°C a s nízkým nasycením kyslíku vykazovaly zvýšenou aktivitu metabolismu, využívání proteinů a růst kyslíkového dluhu. Tyto faktory se neprojeví pro zvýšenou teplotu prostředí (35°C), protože pokusné ryby byly schopny vyrovnat kyslíkový dluh i přes přetrvávající nepříznivé podmínky. Tento jev, tzv. "recovery metabolism" napovídá, že energie získaná anaerobně může proudit i jinak než obvyklou glykolytickou dráhou, a snížení aktivity ryb, pro určitou hodnotu nasycení a teplotu vody, může být významnou skutečností pro jejich přežití.

Podobný pokus uskutečnil Mohamed (1982), pro stejné teploty, avšak s dostatkem kyslíku. Zvýšené využití proteinů zde bylo zaznamenáno pouze u klidnějších ryb. Standardní metabolické ukazatele byly o zanedbatelné hodnoty vyšší u ryb chovaných při teplotě 35°C . Celkový výsledek udává, že ryby, chované v dostatečně okysličené vodě při teplotách $30\text{-}35^\circ\text{C}$, nevykazují v metabolismu žádné rozdíly.

3.3 Chov tilapie

3.3.1. Historie

První zmínky o tilapii nacházíme již na staroegyptských reliéfech starých 6 tisíc let (Miller, 1995) a v tehdejší náboženství, kdy byla tato ryba v některých oblastech pozvednuta na úroveň božského patrona města, takže nebylo možné tilapie chytat ani jíst. Tato skutečnost působila konflikty mezi částmi Egypta, kde byly tilapie uctívány, a těmi, kde bylo běžné je gastronomicky využívat. Tilapie byla uctívána způsobem odpovídajícím jakémukoliv jinému božstvu; v některých případech docházelo i k její mumifikaci. Mumifikovaní jedinci byli, po dobu jejich života, zřejmě chováni v nádržích poblíž chrámů (Putnam, 1993). Ještě ve starověku byla tilapie spolu s rozmachem egyptské říše cíleně introdukována až do Sýrie (Miller 1995). O dalším šíření tilapie nejsou zprávy až do roku 1939, kdy bylo na Jávě odchyceno 5 tilapií, které se do zdejší řeky zřejmě dostaly vlivem přesunu užitečných rostlin a zvířat mezi britskými koloniemi. Odchycené tilapie byly použity pro další chov (Devambeze, 1964). Po roce 1940 začalo, spolu s japonskou okupací Jáv a ostatních koloniálních území, šíření tilapie do tichomoří. Do skončení druhé světové války byla tilapie introdukována na většinu Japonskem obsazených pacifických ostrovů (El-Sayed, 2006; Miller, 1995). V roce 1959 byla tilapie introdukována i do Spojených států Amerických a od sedmdesátých let se vyskytuje i v Austrálii, kam byla původně nasazena akvaristy jako bioregulátor moskytů a plevelných rostlin, ale postupem času byla označena za invazní druh (Arthington a Blüdhorn, 1994; Miller, 1995).

3.3.2. Chov v různých systémech

Tilapie je ideální rybou pro chov v řadě různých systémů. Vzhledem k tomu, že se jedná o teplomilný druh, lze ji chovat v oblastech s vhodným podnebím celoročně ve venkovních nádržích či rybnících, avšak v některých tropických oblastech je její růst omezen teplotami pohybujícími se nad teplotním optimem pro chov. Rybníky jsou méně energeticky i finančně náročné a ryby zde nepodstupují takový stres tak jako v průtočných či recirkulačních systémech. Tilapiím je umožněno konzumovat přirozenou potravu, avšak se zde obtížněji kontrolují parametry vody a obtížnější je i způsob eliminace případných

chorob (Rakocy, 1989). Neprůtočné rybníky mohou ve vhodném podnebí vyprodukovat až $5000 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$ při přírůstku až 4g na kus za den (Rakocy a kol., 2004), což potvrzují i Pullin a Lowe-McConnell (1982), kteří udávají možnost produkce 4000 kg/ha při přírůstku 3-5g na kus za den. V extenzivních rybnících udává Watnabe a kol. (2002), který maximální produkci na $300-700 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$ při obsádce do $2000 \text{ ks} \times \text{ha}^{-1}$, a v polointenzivně obhospodařovaném rybníku 5,3t za 150 dní při obsádce do $30\,000 \text{ ks} \times \text{ha}^{-1}$. V našich podmínkách je za vegetační období možno vyprodukovat extenzivně $500 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$, polointenzivním způsobem hospodaření až $2000 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$ (Adámek, 1994). Tuto hodnotu je možné navýšit aerací či zprůtočněním nádrže (Rakocy a kol., 2004). 50-70 % přírůstku ryb chovaných v rybnících pochází z přirozených potravních zdrojů, příkrmování má nejvýše 50 % efekt (Adámek, 1994). Tilapie ve vhodných rybníčních podmínkách dosáhnou za 90 – 150 dní hmotnosti 220 – 350 g (Hanley, 2000), pokud je nasazena aerace, tak mohou za stejný časový úsek dosáhnout až hmotnosti 450g (Watnabe a kol., 2002). Intenzivně obhospodařované rybníky mohou dosáhnout produkce $9 - 45000 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$ -dle velikosti obsádky, která může kolísat od 100 do $300\,000 \text{ ks} \times \text{ha}^{-1}$; a velikosti samotné nádrže, která při této míře obhospodařování není větší než 1 ha (Watnabe a kol., 2002).

Vyšší produktivitu zaznamenáváme ve venkovních nádržích s regulovaným přítokem, aerací i příkrmováním, a to $300 \text{ t} \times \text{ha}^{-1}$ (Rakocy a kol., 2004).

Chov tilapie v průtočných systémech je možný po celý rok, zvláště pokud je vhodné podnebí, či mohou být napájeny geotermálně nebo elektrárnami zahřívanou vodou. Produkce tilapie se zde pohybuje kolem $15 - 30 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$, přičemž ryby dosahují tržní hmotnosti 250g během doby do 230 dnů při přírůstku 1,9 g na kus za den (Murad a kol., 2008), což se neshoduje s údaji Watnabeho a kol. (2002), kteří pro průtočný systém udávají hodnoty $65 - 70 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$, a pro průtočný geotermálně ohříváný systém $50 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$.

Intenzivní chov v recirkulačních systémech se zdá být pro chov tilapie nejvýhodnějším ze všech jmenovaných. Vnitřní recirkulační systémy lépe udržují teplo, jsou vhodné pro celoroční provoz a nabízejí tilapii spotřebitelům celoročně. Je zde snazší čištění, krmení i odlov, malé nádrže jsou ekonomické při zvládnání nákaz a poskytují velkou produkci na malém prostoru. Současně je ale celý systém velice náročný na energie, technické vybavení a je zde také nutný kvalifikovaný denní dohled. Ryby jsou v těchto systémech krmeny výhradně umělými krmivy, jsou více stresovány a je zde vyšší šance na vypuknutí nákazy (Rakocy, 1989). Dosahuje se zde produkce až $75 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$, při výsledné velikosti

ryb 640g a době růstu 210 dní (Watanabe a kol., 2002). Tuto hodnotu potvrzuje Rakocy (1989), který udává výši produkce tilapie v recirkulačním systému v hodnotách $77 - 115 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$.

Tilapie se dále mohou odchovávat v klecích. Klece z různého materiálu, od bambusu (Watanabe, 2002) přes nylon (Miller, 1995) až po kov či plastické hmoty, jsou umístěny v přirozených či umělých vodních nádržích, případně v řekách či jejich deltě. Tilapie jsou do klecí nasazovány při hmotnosti 30 g, velikosti 300 g dosáhnou během 240 dní. Velikost, obsádka a produkce ryb v kleci kolísá od klece o velikosti 4 m^3 s obsádkou $200 - 300 \text{ ks} \times \text{m}^{-3}$ a produkcí $150 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ po klece 100 m^3 s obsádkou $25 - 50 \text{ ks} \times \text{m}^{-3}$ a produkcí $50 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$. Ztráty při tomto způsobu odchovu dosahují až 35% díky streptokokovým infekcím, závislosti na nutričně hodnotných krmivech, nemožnosti zabránit případným úhynům vlivem znečištění okolní vody a pytláctví (Popma a Rodriguez, 2000).

Další možností pro extenzivní chov tilapie, zejména násad, jsou nádrže sloužící energetice, k závlahám, nebo jako rezervoáry pitné vody. Tyto mohou být využity i pro polointenzivní odchov s produkcí až $1360 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$ (Watanabe, 2002).

3.3.3. Umělý výtěr a odchov plůdku

Pro výtěr existují tři metody: přirozený výtěr v rybnících a "hapa" metoda (www.mixph.com).

Generační ryby se selektují podle výtěrového chování, případně zbarvení. Samec má narůžovělé tělo, červené oči a zčernalý okraj hřbetní ploutve; samice se vybírají podle velikosti břišní partie (Linhart a kol., 2004).

Nejjednodušší a nejpoužívanější z metod je přirozený výtěr v rybnících, které slouží jako výtěrové a současně i výtažníky. Ryby se tak mohou přirozeně vytřít v kontrolovaných podmínkách. Do rybníků se při teplotách $25 - 28^\circ\text{C}$ nasazuje $100 - 200 \text{ kg}$ matečných ryb o kusové hmotnosti $90 - 300 \text{ g}$ v poměru jeden samec na tři či čtyři samice (www.mixph.com), tento poměr potvrzuje i Linhart a kol. (2004). Jedna samice je schopna pečovat o snůšku až 500 jiker (www.mixph.com), Linhart a kol. (2004) udává rozmezí $100 - 1000$ jiker. Plůdek vyplave z úst samice za $10 - 12$ dní (Linhart a kol., 2004), slovitelný je po $30 - 45$ dnech od nasazení matečných ryb. Touto metodou lze získat až 1,2 miliónu kusů plůdku tilapie z hektaru za rok (www.mixph.com). Generační ryby se do rybníků či sítí nasazují ráno či večer, nejlépe v poměru 1:3, v počtu $1 - 2$ ryby na m^2 ;

odlovují se po rozplavání plůdku. Samci mohou být odloveni dříve, aby se zabránilo kanibalismu (Linhart a kol., 2004).

Další možností výtěru a získávání plůdku je "hapa" metoda. "Hapa" je jemná síť zavěšená na čtyřech tyčích tak, aby její okraje vyčnívaly nad hladinu a zatížený střed zůstal přibližně 60 cm pod hladinou. Nejpoužívanější sítě mají rozměry 3×3×1,5 m, nejčastěji jsou instalovány v rybnících, jezerech, nebo kolem říčních břehů v místech se slabým prouděním. Na 1 m² sítě bývá nasazováno 4-5 ryb o hmotnosti 50 – 200 g v poměru 1:5 – 7. Je zde nutná pravidelná kontrola a krmení. Plůdek se loví po dvou týdnech od nasazení matečných ryb (www.mixph.com).

Plůdek by měl být krmen, případně i odlovován ve stejnou denní dobu. Obsádka se nejprve živí přirozenou potravou, poté je nutno krmit startérovým krmivem v dávce 2 - 5 % z celkové hmotnosti obsádky, následně přechází na suchou granulovanou směs (www.mixph.com). Plůdek může být nadále odchováván v rybnících či sítích, nebo přeloven do zvláštních nádrží - nejlépe o hustotě 0,4 ks × l⁻¹ a nižší z důvodu velice nízkých ztrát (Huang a Chiu, 1997). Po třech měsících dosahuje plůdek velikosti 6 cm (Linhart a kol., 2004).

3.3.4 Monosexní populace

Vzhledem k rychlejšímu růstu samců tilapie bylo usilováno o vytvoření celosamčích skupin vykazujících lepší růstové vlastnosti než populace smíšené (Gjedrem, 2005). Této mety bylo poprvé dosaženo v Izraeli zkřížením druhů *Oreochromis niloticus* a *Oreochromis aureus*. Princip vytvoření celosamčí skupiny spočívá v odlišném systému určení pohlaví obou druhů. *Oreochromis niloticus* má typ určení pohlaví *Drosophila*, čili samičí pohlaví je homogametické XX a samčí pohlaví heterogametické. Samičí gameta zde nese vždy chromozom X, samčí gameta nese buď chromozom X nebo Y. Oproti tomu, *Oreochromis aureus* má typ určení pohlaví *Abraxas*, čili samičí pohlaví je heterogametické WZ a samčí pohlaví homogametické ZZ. Samičí gameta nese buď chromozom Z nebo W, samčí gameta nese vždy chromozom Z. Zkřížením samic druhu *Oreochromis niloticus* a samců *Oreochromis aureus* došlo k vytvoření nové kombinace gamet XZ, která určuje samčí pohlaví. K obdobnému křížení byly využity i druhy *Oreochromis mossambicus* s typem určení pohlaví *Drosophilla*, a *Oreochromis honorum* s typem určení pohlaví *Abraxas*, ale křížení s těmito druhy již nedosáhlo takového úspěchu (Flajšhans a kol.,

2008).

Původně bylo k vytvoření celosamčích populací tilapie používáno sexování dle pohlavních znaků jako je zbarvení, velikost i tvar pohlavní papily a tělesné rozměry, ale projevilo se jako příliš náročné na čas i pracovní sílu (Linhart a kol., 2004).

K vytvoření celosamčí populace bylo využito i jiných technik, například ošetření ZZ samců estrogény, jejich přeměna na samice - avšak stále s chromozomy ZZ, a následně reprodukce s ZZ samci. Tento způsob byl využíván jen okrajově z důvodu malé úspěšnosti zvrátů samců v samice. Častý byl vznik ovotestes, nezřetelné sexuální chování a nízká produkce feromonů.

Další technikou používanou pro vznik celosamčí populace je zvrát první generace na celosamčí populaci s chromozomy XX a XY. Testem se samci XY se v původní skupině identifikují XY samice a současně se vyštěpí tzv. "nadsamci" YY. Samice XX jsou reprodukovány s vyselektovanými samci YY za vzniku celosamčí populace XY. Předpokladem této techniky byl fakt, že "nadsamci" YY daného druhu jsou stejně životaschopní jako samci XY.

Jako řešení problému s celosamčími populacemi by se mohla jevit feminizace "nadsamců" YY za vzniku YY samic, a následně jejich reprodukce s jinými "nadsamci" YY (Mair a kol., 1997).

3.3.5. Optimální podmínky chovu

Mezi důležité ukazatele pro intenzivní chov patří teplota, obsah kyslíku, amoniaku a hodnoty pH.

Podle Kuttyho (1989) se optimální teplota pro chov tilapie pohybuje mezi 28 – 30°C, což potvrzuje Diana a kol. (1996). Fryer a Illes (1972) udávají optimální teplotu pro růst ryb mezi 25 – 28°C, což potvrzují i Greiner a Timmons (1998) hodnotou 26,4°C a Knud-Hansen a kol. (1991) hodnotou 24 – 27° C. Boudad a Reantaso (2007) doporučují pro chov hodnotu 26 – 29° C. Vyšší teploty doporučuje Badenhuizen (1967), a to v rozmezí 27 – 33,5 °C, nejlépe však 28,5 °C.

Koncentrace kyslíku v chovu tilapie s cílem optimálního růstu by neměla klesat pod 5 mg × l⁻¹ (Rakocy, 1989; Greiner a Timmons, 1998). Miller (1995) udává minimální hodnotu koncentrace na 3 mg × l⁻¹.

Koncentrace amoniaku ve vodě využívané pro chov tilapií by se měla pohybovat pod

hranicí $0,85 \text{ mg} \times \text{l}^{-1}$, protože to je hodnota, která nezanechává žádné následky na vnitřních orgánech a neovlivňuje růst tilapie (Chetty a kol., 1980).

Hodnota pH vhodná pro chov tilapie se pohybuje mezi 6,8 – 8,8 (Walsh a kol., 1993). Toto rozmezí upravuje Miller (1995), na 6,5 – 8,0. Obecně by pro chov tilapie mohlo být vhodné pH vyhovující všem našim běžně chovaným rybám, což je 6,5 – 8,5.

3.4. Potravní nároky

Tilapie, jako omnivorní druh, jeví potřebu jak živočišných tak rostlinných proteinů (Linhart a kol., 2004). Obvyklá dávka proteinů v krmivech pro tilapii se pohybuje od 1 do 50% v závislosti na chované věkové kategorii a způsobu chovu, většinou však bývá 15% (Pullin a Lowe-McConnell, 1982). Směsi pro juvenilní jedince však obsahují i 56% proteinů a vykazují využitelnou energii $4600 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1}$ (Stickney a Winfree, 1981), nižší procento proteinů – konkrétně 45 % a využitelnou energii $4000 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1}$, doporučují El-Sayed a Teshima (1992) jako optimální pro juvenilní tilapie chované v laboratorních podmínkách. Tuto skutečnost pro podmínky faremního chovu do detailu rozvádějí Riche a Garling (2003). Pro juvenilní jedince do 40 g je pro ryby vhodné sypké či šrotované krmivo s obsahem proteinů 32-36 %, od velikosti 40 g mohou být tilapie krmeny peletami s obsahem proteinů sníženým na 28 – 32%. Obsah tuků v krmivu by se měl pohybovat od 4 do 8 % . Krmný koeficient směsi se může pohybovat od 1,41 (Crab a kol., 2007) až k 4. Pokud směsi obsahují odpad z ryb, krmný koeficient se může snížit až na 1:1 – 2 (Adámek, 1994). Pokud se frekvence krmení týče, dospělé ryby jsou krmeny 3 – 6× denně (Rakocy, 1989), nejlépe *ad libitum* (Linhart a kol., 2004), či do 50% *ad libitum* (Diana a kol., 1996). Tuto informaci vyvrací experiment Riche a kol. (2003), který zjišťoval vliv frekvence krmení na růst tilapií. Pokusné ryby krmené 3× a 5× denně zkonsumovaly stejnou hmotnost krmiva, avšak ryby krmené 3× denně vykázaly vyšší efektivnost růstu. Jako optimální četnost krmení bylo stanoveno krmení 4× denně. Odpovídající časové rozmezí mezi jednotlivými krmeními určil Riche (2003), a to interval 4 – 5 hodin. Množství spotřebovaného krmiva závisí na kondici ryb, velikosti sousta, velikosti ryby a frekvenci s jakou je krmivo podáváno (Santos a Jobling, 1995; Wang a kol., 1998; Liu a Lia, 1999; Riche, 2000). Návrat apetitu je, kromě teploty, velikosti soust, složení krmiva a frekvence krmení (Grove a kol., 1978; Grove a Crawford, 1980; Grove a Flowerdew, 1979), závislý na době vyprázdnění žaludku (Grove a Crawford, 1980; Huebner a Langton, 1979; Lee a kol., 2000), která se pohybuje pro teplotu 28°C kolem 4 hodin (Riche a kol., 2003).

Krmení by mělo dosahovat maximální intenzity mezi dvanáctou až patnáctou hodinou (Pullin a Lowe-McConnell, 1982). Juvenilním tilapiím je předkládáno krmivo o hmotnosti odpovídající 3-5 % hmotnosti obsádky, ale na rozdíl od adultních, rozdělené do dvou dávek zkrmovaných ráno a večer. Adultním jedincům před výtěrem je předkládáno krmivo o hmotnosti 5% obsádky, ovšem s menším podílem proteinů, aby nedocházelo ke snížení plodnosti ryb (www.mixph.com). Tyto údaje konkretizují Riche a Garling (2003). Pro juvenilní ryby do kusové hmotnosti 1 g doporučují dávku krmiva o hmotnosti 10-30 % obsádky, pro ryby o hmotnosti od 1 do 5 g uvádějí dávku 10 – 6 % , pro ryby 5 – 20 g je uvedena dávka 6 – 4 %, pro ryby 20 – 100 g se zmenšuje na 3-4 % a konečně ryby o vyšší kusové hmotnosti než 100 g jsou krmeny dávkami nepřesahujícími 1,5 – 3 % z celkové hmotnosti obsádky. Adámek (1994) udává pro tržní ryby při teplotě 20°C dávku krmiva o váze 1 % z celkové hmotnosti obsádky; určuje i rozdíl v dávkách pro zkrmování suchých a mokrých směsí. Pro suché směsi udává míru krmných dávek na 1-5 %, avšak pro mokré směsi 4 – 20%.

3.5. Hlavní metabolické ukazatele

3.5.1. Exkrece amoniaku

Jedním z hlavních metabolických ukazatelů je míra exkrece rybami vylučovaného amoniaku, jakožto odpadního produktu jejich metabolismu. Rakocy (1989) uvádí, že produkce amoniaku závisí na kvalitě krmiva, četnosti krmení, velikosti ryb a kvalitě vody. Ryby o hmotnosti 100 kg v průměru vyprodukují 22 g amoniaku denně, tedy $9 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{hod}^{-1}$, přičemž jeho exkrece stoupá během 24 hodin které následují po nakrmení ryb (Brunty a kol., 1997). Míra vydaného amoniaku roste se stoupající teplotou (Kutty, 1972). Tuto informaci potvrzují Kutty a Mohamed (1981), kteří udávají standardní hodnotu exkrece amoniaku pro teploty 30°C a 35°C pro různé kyslíkové podmínky. Pro teplotu 30°C a 100% nasycení kyslíkem se hodnoty exkrece amoniaku pohybovaly kolem $6,5 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{hod}^{-1}$, pro nasycení kyslíkem kolem $1,5 - 2 \text{ mg} \times \text{l}^{-1}$ byly hodnoty exkrece amoniaku stanoveny na $14 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{hod}^{-1}$. Pro teplotu 35°C a 100% nasycení kyslíkem se hodnota exkrece amoniaku ustálila na $8,4 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{hod}^{-1}$, zatímco při nasycení kyslíkem $1,4 \text{ mg} \times \text{l}^{-1}$ se pohybovala kolem $19,6 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{hod}^{-1}$. Po přepočtení na $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{hod}^{-1}$ se tyto hodnoty pohybovaly pro teploty 30°C a 35°C pro různé kyslíkové podmínky. Pro

teplotu 30°C a 100% nasycení kyslíkem se hodnoty exkrece amoniaku pohybovaly kolem $5,59 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{hod}^{-1}$, pro nasycení kyslíkem kolem $1,5 - 2 \text{ mg} \times \text{l}^{-1}$ byly hodnoty exkrece amoniaku stanoveny na $12,04 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{hod}^{-1}$. Pro teplotu 35°C a 100% nasycení kyslíkem se hodnota exkrece amoniaku ustálila na $7,22 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{hod}^{-1}$, zatímco při nasycení kyslíkem $1,4 \text{ mg} \times \text{l}^{-1}$ se pohybovala kolem $16,86 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{hod}^{-1}$.

3.5.2. Spotřeba kyslíku

Dalším z metabolických ukazatelů je spotřeba kyslíku. Tilapie, jak už bylo poznamenáno výše, jsou schopny adaptovat se na nepříznivé kyslíkové podmínky a získávat kyslík jinak než obvyklými metabolickými procesy (Kutty, 1972). Rakocy (1989) uvádí, že ryby o hmotnosti 100 kg v klidové fázi a při optimální teplotě 28-29° C spotřebují 10 g kyslíku za hodinu, kdežto ryby aktivní spotřebují až 30 g v závislosti na teplotě vody. Iwama a kol. (1997) udávají hodnotu spotřebovaného kyslíku pro 100 kg ryb na $20 \text{ g} \times \text{hod}^{-1}$, oproti tomu Franklin a kol. (1995) určili hodnotu spotřebovaného kyslíku pro teplotu 37°C a ryby o kusové hmotnosti 10 g na $58,5 \text{ g} \times \text{hod}^{-1}$ a po zvýšení teploty na mezní hodnotu 42°C až $104 \text{ g} \times \text{hod}^{-1}$. Ryby vykazují sníženou spotřebu kyslíku při tmavé části fotoperiody (De Silva a kol., 1986). Kompletní informace o spotřebě kyslíku u různých velikostí tilapie pro teploty 20 a 26°C, aktivní a neaktivní ryby podávají Mishrigi a Kubo (1978). Pro teplotu 20°C a neaktivní ryby o hmotnostech 5, 20, 40, 60, 180 a 240 g byly naměřeny hodnoty 240, 110, 80, 60, 30 a 20 mg kyslíku spotřebovaného za hodinu jedním kilogramem ryb, pro ryby aktivní o shodných hmotnostech byly naměřeny hodnoty 680, 300, 200, 160, 90 a 70 mg. Pro teplotu 26°C a neaktivní ryby o hmotnostech 5, 20, 40, 60, 180 a 240 g byly naměřeny hodnoty 250, 130, 100, 80, 50 a 40 mg kyslíku spotřebovaného za hodinu jedním kilogramem ryb. Pro ryby aktivní o shodných hmotnostech byly naměřeny hodnoty 1610, 710, 470, 370, 190 a 160 mg. Se vzrůstajícími teplotami tedy spotřeba kyslíku stoupá, hlavně u aktivních ryb; tilapie menších hmotností vykazují vyšší spotřebu kyslíku než ryby o vyšších hmotnostech.

3.6. Produkce tilapie ve světě

Tilapie je jednou z nejrozšířenějších ryb chovaných v akvakultuře, hned za kaprovitými rybami (Fitzsimmons, 2007; Eknath a Hulata, 2009). Jejím hlavním producentem i konzumentem jsou asijské země, kde se využívá nejen maso a kůže, ale i šupiny pro výrobu umělých květin (Fitzsimmons, 2007). Celosvětově má tilapie největší nárůst produkce ze všech sladkovodních ryb (Linhart a kol., 2004).

Podle Josupe (2010) začala produkce tilapie rapidně narůstat v poslední dekádě. V roce 1990 činila celosvětová produkce 830 tis. tun, v roce 1999 již 1,6 mil. tun, a v roce 2008 3,5 mil. tun (viz. Obr. č. 3). Zemí s největší produkcí tilapie je Čína. Během roku 2008 vyprodukovala 1,1 mil. tun. Další zemí s vysokou produkcí je Egypt. Produkce zde výrazně narostla v letech 2007 a 2008 až na 430 tis. tun. Nezanedbatelná produkce je i v zemích jako Indonésie a Filipíny; činí v každé ze zemí 300 tis. tun. Ovšem v Egyptě, Indonésii a na Filipínách produkce tilapie postačí pokrýt pouze domácí trh a nevyváží se. Vedle Číny vyprodukuje zbytek Asie 0,9 mil. tun tržní tilapie, významnými producenty jsou i Afrika a Latinská Amerika s 280 tis. tun. Čína jakožto největší producent na světě vyvezla v roce 2009 260 tis. tun tilapie převážně do USA a malou část i do zemí EU, Egypta, Izraele a Pobřeží Slonoviny. V posledních dvou letech vzrůstá čínský export mražených filetů, zatímco export čerstvých filetů nebo mražených kuchaných ryb se nezměnil. Dá se říci, že v oblasti produkce a vývozu mražených filetů nemá Čína konkurenci a ovládá 90 % světového trhu s touto komoditou.

Mezi největší dovozce a konzumenty tilapie patří Afrika a země jihovýchodní Asie. Každá z oblastí ročně spotřebuje 950 tis. tun, následuje Čína s 500 tis. tun, Severní Amerika s 480 tis. tun, střední Amerika se 190 tis. tun a Rusko s 66 tis. tun. Evropská Unie je oproti těmto zemím v konzumaci tilapie poměrně nevýrazná, v zemích EU se zkonsumuje pouze 56 tis. tun. Malé množství dováží Izrael, země Karibiku a Austrálie.

3.7. Cena tilapie

Cena tilapie klesá spolu s narůstající světovou produkcí. Od roku 1998 klesla cena jedné libry mraženého filetu ze tří na dva dolary. Pomaleji klesá cena chlazeného filetu: od roku 1998 cena klesla ze 4,1 na 3,6 dolaru za libru (Josupe, 2010). Fitzsimmons (1999) udává ceny z roku 1999, kdy stál kilogram živé tilapie 2,2 – 2,6 dolaru, kilogram kuchané

mražené tilapie 1,1 – 2 dolary a kilogram čerstvé kuchařské tilapie 2,3 – 3 dolary. Cena mraženého filetu se pohybovala v rozmezí 4,8 – 6,75 dolaru za kilogram, čerstvého filetu kolem 5-7 dolarů. V současnosti se cena živé tilapie pohybuje nad 5 dolary za kilogram, cena čerstvé kuchařské ryby v rozmezí 3-5 dolarů a cena mražené kuchařské ryby od 2 do 3 dolarů. Ceny mraženého a chlazeného filetu zůstaly od roku 2010 (viz. výše) prakticky nezměněny. Uvedené ceny jsou velkoobchodní (www.fishfarming.com).

4. Metodika a materiál

4.1. Chov ryb určených k pokusům

Tilapie určené k pokusům byly chovány v akvariijní místnosti Fakulty rybářství a ochrany vod (Obr. 3). Tyto ryby byly získány z chovu v Tisové u Sokolova (Rybářství Mariánské lázně). Pro experiment byly vybrány tři hmotnostní skupiny ryb: 25, 65 a 140g ve stáří od 3 do 6 měsíců.

Vlastní experimentální systém se skládal z horní řady odchovných plastových nádrží speciální konstrukce, které umožňují separaci nespotřebovaného krmiva bez rušení ryb v nádrži. Na stojanu byl umístěn biologický filtr. Nad a pod chovnými nádržemi byly umístěny biologické a usazovací (retenční) plastové nádrže. Odpadní voda z odchovných nádrží odtékala přepadem a samospádem do mechanického filtru KC-10, kde byly odstraňovány mechanické nečistoty a následně do dolní retenční nádrže s přepážkami z molitanových desek, která sloužila částečně jako usazovací a biologický filtr.

Voda v systému byla poháněna čerpadlem Wilo-Star RS Classic Star (004032956), a mezi nádržemi byla rozváděna trubkami. Přítok do akvárií je zajištěn ventilem, odtok z nádrží je přes přepad. Vzduchování je zajištěno membránovým kompresorem SECOH EL-S 120 W; vzduch je rozveden akvaristickými hadičkami se vzduchovacími kamínky do jednotlivých nádrží. Při vlastním měření spotřeby kyslíku a produkce amoniaku byl přívod vzduchu vypnut

Údržba systému spočívá v pravidelném odstraňování kalu z kalové nádrže a následném doplnění pitnou vodou, nastavenou na požadovanou teplotu. Teplota, při které byly ryby chovány se pohybovala od 23 do 31°C. Akvária i filtr byly pravidelně čištěny a voda v systému obměňována. Podle potřeby bylo při experimentu upravováno pH pomocí sody (NaHCO₃).

Světelný režim v akvariijní místnosti byl 12 hodin světla a 12 hodin tmy. Rozsvěcelo se v 7:00 a zhasínalo v 19:00.

Ryby byly před experimentem pravidelně krmeny. Krmivo bylo vyrobeno z následujících surovin: sojový extrahovaný šrot, pšeničná krmná mouka (68 % NL), řepkové expelery, pšeničné otruby, kukuřice, sojový olej, uhličitan vápenatý, dihydrogenfosforečnan vápenatý, L-lysin a chlorid sodný (Tab. 1).

Tabulka 1. Složení krmiva použitého během pokusu

| Analytické složky | | | Nutriční doplňkové látky | | |
|-------------------|---|------|--------------------------|-------------------------|-------|
| hrubý protein | % | 32,1 | vitamín A | M.J. x kg ⁻¹ | 7950 |
| hrubý tuk | % | 4,3 | vitamín D3 | M.J. x kg ⁻¹ | 1500 |
| vláknina | % | 4,9 | železo | mg x kg ⁻¹ | 100,6 |
| popeloviny | % | 6,9 | jód | mg x kg ⁻¹ | 1,02 |
| lysin | % | 1,7 | měď | mg x kg ⁻¹ | 5,1 |
| methionin | % | 0,5 | mangan | mg x kg ⁻¹ | 20,4 |
| vápník | % | 0,9 | zinek | mg x kg ⁻¹ | 90 |
| fosfor | % | 0,9 | selen | mg x kg ⁻¹ | 0,4 |
| sodík | % | 0,1 | | | |



Obr. 3. Celkový pohled na experimentální systém

4.2. Příprava ryb a systému k pokusu

Ryby byly rozděleny podle hmotnosti na tři váhové kategorie a byly určeny krmné dávky pro jednotlivé kategorie. Během pokusu byly ryby krmeny stejným krmivem jako při běžném chovu, avšak v různých intervalech. Byly vytvořeny skupiny pro ověření vlivu několika faktorů : biomasy ryb, velikosti ryb, teploty a četnosti krmení, na exkreci amoniaku a spotřebu kyslíku (Obr. 4). Celkem byly provedeny tři dílčí pokusy.

1. Vliv teploty a hmotnosti ryb:

Spotřeba kyslíku a exkrece amoniaku byla měřena pro tři hmotnostní skupiny tilapií o hmotnostech 25, 65 a 140 g. Každá skupina byla měřena ve čtyřech opakováních při teplotách 23, 27 a 31 °C. Měření u nekrmených ryb proběhlo u stejných hmotnostních skupin.

2. Vliv teploty a způsobu krmení:

Spotřeba kyslíku a exkrece amoniaku byla měřena pro tři různé techniky krmení u tilapií hmotnost 65g. Jednotlivé skupiny ryb byly krmeny kontinuálně (pásovým krmítkem od 8:00 do 18:00), 4 x denně (v 8:00, 11:00, 14:00 a 17:00) a 2x denně (8:00 a 13:00) Každá skupina byla měřena ve čtyřech opakováních při teplotách 23, 27 a 31 °C. Měření u nekrmených ryb proběhlo u stejné hmotnostní skupiny.

3. Vliv teploty a chovné biomasy:

Spotřeba kyslíku a exkrece amoniaku byla měřena 65g tilapií pro tři chovné biomasy (20, 50 a 80 kg × m⁻³) krmené 4 x denně. Každá skupina byla měřena ve čtyřech opakováních při teplotách 23, 27 a 31 °C. Měření u nekrmených ryb proběhlo u stejné hmotnostní skupiny.

Teplota v systému byla regulována pomocí topení a klimatizace v akvarijní místnosti. Ryby byly před experimentem a jeho jednotlivými částmi aklimatizovány. Pro teplotu 27°C proběhla aklimatizace na nové prostředí v délce 14 dní, aby mohlo případně dojít k vytrídění a nahrazení ryb poškozených při transportu. Pro aklimatizaci mezi teplotami 27 a 23°C postačily dva dny, avšak pro aklimatizaci z 23 na 31° C byly vyhrazeny čtyři dny. Doba vyláčení před částmi pokusu probíhajícími na nekrmených rybách byla jednotná, při teplotách od 23 do 31°C to bylo 24 hodin.

| | | | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 50kg/m ³ | 50kg/m ³ | 50kg/m ³ | 20kg/m ³ | 20kg/m ³ | 50kg/m ³ | 50kg/m ³ |
| 25G Krm. 4x | 140G Krm. 4x | 25G Krm. 4x | 65G Krm. 2x | 65G Krm. 2x | 65G Krm. 4x | 65G Krm. 4x |
| 9 | 10 | 11 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 50kg/m ³ | 50kg/m ³ | 50kg/m ³ | 50kg/m ³ | 50kg/m ³ | 80kg/m ³ | 80kg/m ³ |
| 65G Kont. | 65G Kont. | 140G Krm. 4x | 65G Krm. 4x | 65G Krm. 4x | 65G Krm. 4x | 65G Krm. 4x |

Obr. 4. Schematické znázornění umístění ryb v nádržích během pokusu

4.3. Průběh pokusu

Vlastní měření na pravidelně krmených rybách probíhal vždy pro určitou teplotu od sedmé hodiny ranní jednoho dne (obvykle pondělí) po dobu 48 hodin. Po této části následovalo jednodenní vyláčení ryb a opět dvoudenní měření pro tutéž teplotu, avšak pro ryby nekrmené. Od sedmé hodiny ranní započalo měření základních parametrů vody v nádržích (na přítoku a odtoku) pomocí přenosného multimetru (Hach HQ40D multi), konkrétně koncentrace a nasycení kyslíkem, pH a teplota. Z každé nádrže a z přítokové vody byl do označené plastové vzorkovnice odebrán vzorek, který byl uložen do chladničky nebo okamžitě zpracován. Průtoky byly měřeny v 8:00, 13:00 a 18:00 hodin. Ryby z jednotlivých nádrží byly na začátku a na konci pokusu spočteny a zváženy (váha KERN 440 53N), údaje byly zaznamenány do tabulky, posléze byla zjištěna konečná biomasa a přírůstek ryb v jednotlivých nádržích.

4.4. Stanovení spotřeby kyslíku

Koncentrace kyslíku v přítoku a v pokusných nádržích byla měřena pomocí přenosného multimetru (Hach HQ40D multi) každé dvě hodiny. Spotřeba kyslíku byla následně spočtena podle vzorce (Zakes a kol., 2003):

$$O_c = [(DO_{in} - DO_{out}) \times Q] \times B^{-1}$$

kde O_c = spotřeba kyslíku v nádrži ($mg \times kg^{-1} \times hod^{-1}$)

DO_{in} = koncentrace kyslíku v přítoku ($mg \times l^{-1}$)

DO_{out} = koncentrace kyslíku u odtoku z nádrže ($mg \times l^{-1}$)

Q = průtok ($l \times hod^{-1}$)

B = biomasa v nádrži (kg)

Spotřeba kyslíku byla spočtena a vynesena do grafu pro jednotlivé časy měření. Graf byl sestaven v programech Excel 2007 a STATISTICA 7.0. Spotřeba kyslíku přes noc byla počítána stejně jako spotřeba kyslíku ve dne. Z těchto dat byly následně vytvořeny grafy pro jednotlivé faktory: biomasy, hmotnostní skupiny a četnost krmení, vždy pro jednotlivé teploty a krmené či vyláčené ryby.

4.5. Stanovení exkrece amoniaku

Prvním bodem pro stanovení exkrece amoniaku bylo stanovení koncentrací v přítokové vodě a pokusných nádržích. Stanovení bylo provedeno spektrofotometrickou metodou za použití Nesslerova činidla dle ČSN 830520. Pro stanovení byl použit spektrofotometr Spectronic Genesys 20 (MERCK, Darmstadt, Germany). Vzorky odebrané z přítoku a pokusných nádrží byly přefiltrovány. Následně byla u každého vzorku pomocí spektrofotometru při absorpční 412 nm vytvořena zákalová řada. K 50 ml ze zbylého filtrátu byly přidány za stálého promíchávání nejprve 2 kapky Seignettovy soli a poté 1 ml Nesslerova činidla. Po 10 minutách byla změřena absorbance při 412 nm na spektrofotometru. Zjištěná absorbance byla vynesena na kalibrační křivku v programu Excel 2007 či Open office 3.2. Z rovnice regrese pro tuto křivku byla vypočítána koncentrace amoniaku v přítokové vodě i v nádržích. Následně byla vypočtena exkrece amoniaku pro každou z nádrží dle vzorce:

$$\text{TANc} = [(\text{TANin} - \text{TANout}) \times \text{Q}] \times \text{B}^{-1}$$

kde TANc = exkrece amoniaku v nádrži ($\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{hod}^{-1}$)

TANin = koncentrace amoniaku v přítoku ($\text{mg} \times \text{l}^{-1}$)

TANout = koncentrace amoniaku u odtoku z nádrže ($\text{mg} \times \text{l}^{-1}$)

Q = průtok ($\text{l} \times \text{hod}^{-1}$)

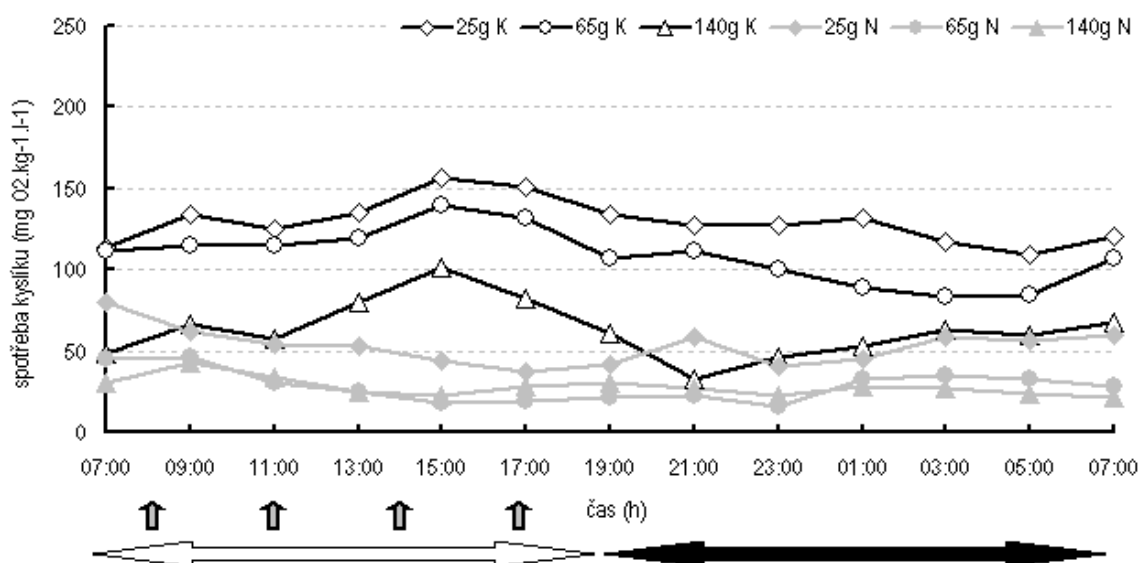
B = biomasa v nádrži (kg)

Exkrece amoniaku byla spočtena a vynesena do grafu pro jednotlivé časy měření. Grafy byly sestrojeny v programech Excel 2007 či Open office 3.2. a STATISTICA 7.0. Exkrece amoniaku přes noc byla počítána stejně jako spotřeba kyslíku ve dne. Ze získaných dat byly následně vytvořeny grafy pro jednotlivé faktory: biomasy, hmotnostní skupiny a četnost krmení, vždy pro jednotlivé teploty a krmené či vyláčené ryby.

5. Výsledky

5.1. Vliv hmotnosti těla a teploty vody na metabolismus tilapie

5.1.1. Denní variabilita spotřeby kyslíku

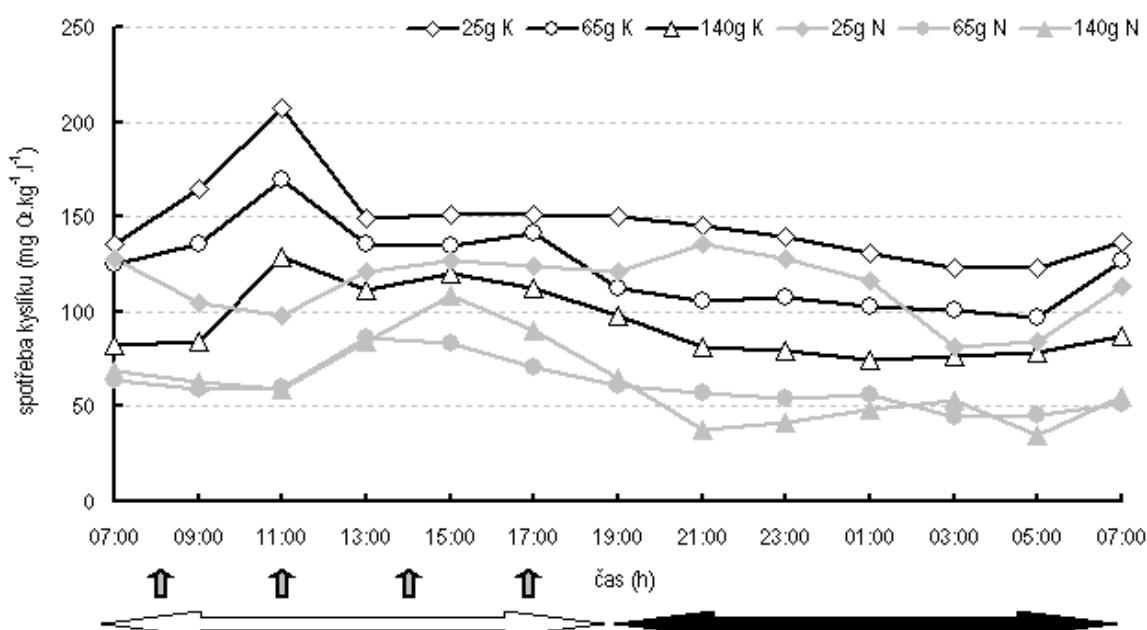


Obr. 5. Vliv hmotnosti na denní variabilitu průměrné spotřeby kyslíku u tilapie chované při teplotě 23 °C. Černé čáry značí průběh u krmených (*ad-libitum*) a šedé u nekrmených ryb. Šedá šipka značí aplikaci krmiva, bílá světlou fází dne a černá temnostní fázi.

Měření spotřeby kyslíku vztažené k hmotnosti ryb pro teplotu 23°C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí nedocházelo k výrazným denním výkyvům jeho spotřeby, tak jako u ryb krmených (Obr. 5). Nejvyšší míru spotřeby kyslíku vykazovaly skupiny ryb o kusové hmotnosti 25 g jak pro krmené tak pro nekrmené jedince. Spotřeba kyslíku pro nekrmené skupiny o kusové hmotnosti ryb 25 g se pohybovala v rozmezí od 37,4 do 80,3 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 54,4 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, pro skupiny o kusové hmotnosti ryb 65 g v rozmezí 15,3 – 46,3 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 24,6 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, a pro skupiny o kusové hmotnosti ryb 140 g v rozmezí 20,9 – 42,7 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 23 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Spotřeba kyslíku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách příliš nelišila.

Opačná situace nastala pro skupiny krmených ryb. Zde nastával v době po sedmé hodině až do hodiny patnácté nárůst spotřeby kyslíku pro všechny velikosti ryb, od

patnácté hodiny následoval pokles, který trval až do páté hodiny ranní následujícího dne, kromě skupiny ryb o kusové hmotnosti $140 \text{ g} \times \text{ks}^{-1}$, kde spotřeba kyslíku klesala pouze do 21:00 a následně rostla až do 7:00 následujícího dne. Konkrétně pro skupiny s rybami o kusové hmotnosti 25g se hodnoty spotřebovaného kyslíku pohybovaly v rozmezí od 109,2 do 156,2 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 117,8 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, pro skupiny o kusové hmotnosti ryb 65 g v rozmezí 83,2 – 139,8 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 108,9 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, a pro skupiny ryb o kusové hmotnosti 140 g v rozmezí hodnot 46,5 až 101,2 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 60,8 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Maxima spotřeby kyslíku pro krmené ryby nastala v 17:00 hodin, minima pak převážně v nočních hodinách, kdy došlo k poklesu spotřeby kyslíku pro všechny skupiny.

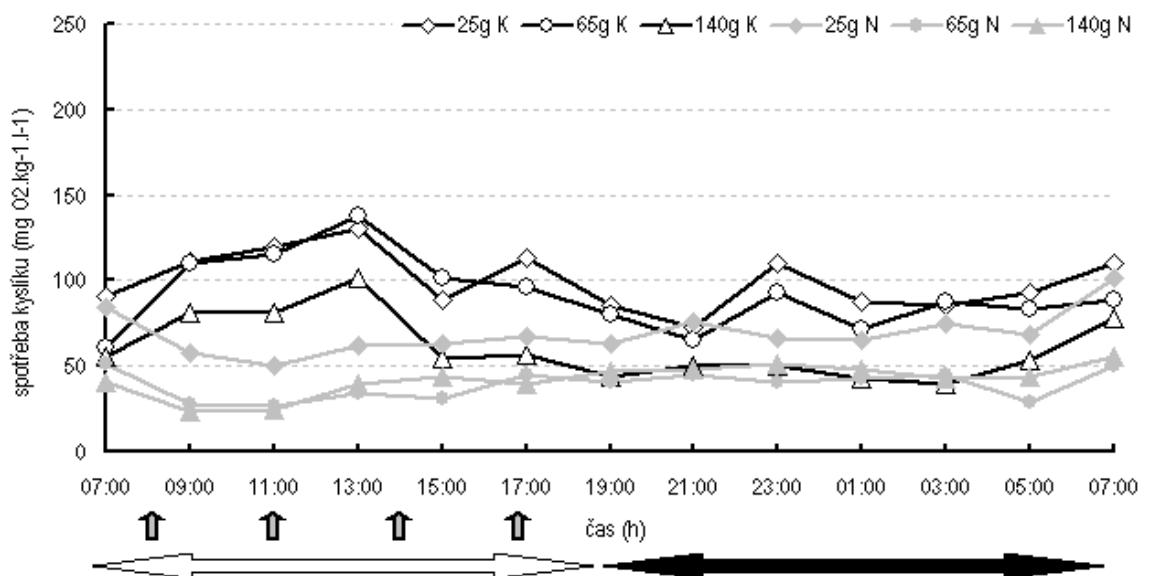


Obr. 6. Vliv hmotnosti na denní variabilitu průměrné spotřeby kyslíku u tilapie chované při teplotě 27 °C. Černé čáry značí průběh u krmených (*ad-libitum*) a šedé u nekrmených ryb. Šedá šipka značí aplikaci krmiva, bílá světlou fází dne a černá temnostní fází.

Měření spotřeby kyslíku vzhledem k hmotnosti jednotlivých ryb pro teplotu 27°C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí docházelo k výkyvům jeho spotřeby, tak jako u ryb krmených (Obr. 6). Nejvyšší míru spotřeby kyslíku vykazovaly skupiny ryb o kusové hmotnosti 25 g jak pro krmené tak pro nekrmené jedince. Spotřeba kyslíku pro nekrmené skupiny o kusové hmotnosti ryb 25 g se pohybovala v rozmezí od 81,7 do 135,6 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 112,1 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, pro skupiny o kusové hmotnosti ryb 65 g v rozmezí 44,6 – 85,9 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 59,2 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, a pro skupiny o kusové

hmotnosti ryb 140g v rozmezí 38,1 – 108,9 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 61 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Spotřeba kyslíku pro nekrmené ryby klesala od 7:00 do 11:00, pak následoval pozvolný růst do 13 – 15:00 a znovu pokles, pro skupiny s rybami o hmotnosti 25 g růst spotřeby kyslíku pokračoval až do 21:00, poté následoval pokles.

Pro skupiny krmených ryb nastával v době po sedmé hodině až do hodiny jedenácté výrazný nárůst spotřeby kyslíku pro všechny velikosti ryb, od 11:00 následoval pozvolný pokles, který trval až do páté hodiny ranní následujícího dne. Konkrétně pro skupiny s rybami o kusové hmotnosti 25 g se hodnoty spotřebovaného kyslíku pohybovaly v rozmezí od 122,7 do 207,5 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 143,5 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, pro skupiny o kusové hmotnosti ryb 65 g v rozmezí 97,1 – 169,7 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 122 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, a pro skupiny ryb o kusové hmotnosti 140 g v rozmezí hodnot 74,2 až 129 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 92,2 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Maxima spotřeby kyslíku pro krmené ryby nastala v 11:00 hodin, minima pak v nočních hodinách, kdy došlo k poklesu spotřeby kyslíku pro všechny skupiny.



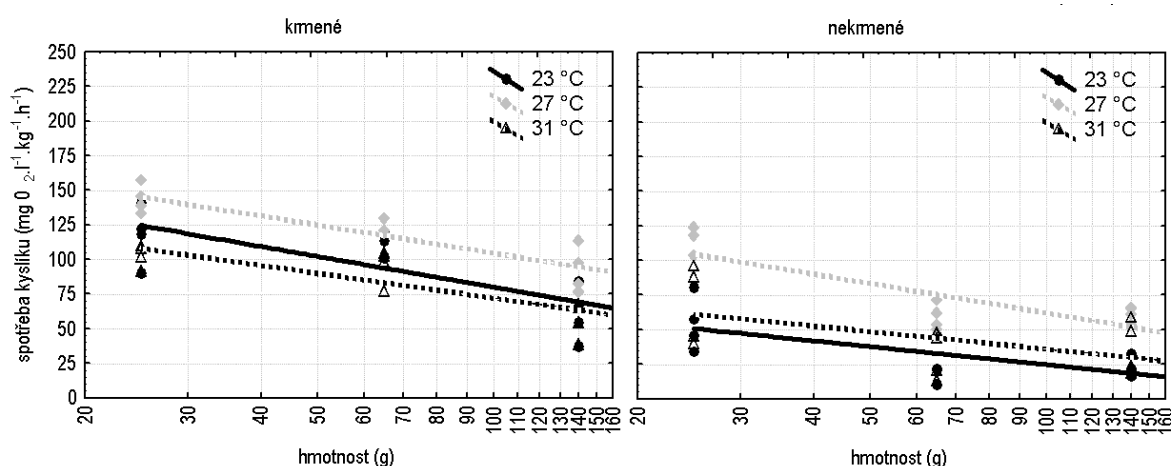
Obr. 7. Vliv hmotnosti na denní variabilitu průměrné spotřeby kyslíku u tilapie chované při teplotě 31 °C. Černé čáry značí průběh u krmených (*ad-libitum*) a šedé u nekrmených ryb. Šedá šipka značí aplikaci krmiva, bílá světlou fází dne a černá temnostní fázi.

Měření spotřeby kyslíku vzhledem k hmotnosti jednotlivých ryb pro teplotu 31°C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí docházelo málo zřetelným výkyvům jeho spotřeby, na rozdíl od ryb krmených (Obr. 7). Nejvyšší míru spotřeby kyslíku vykazovaly

skupiny ryb o kusové hmotnosti 25 g jak pro krmené tak pro nekrmené jedince. Spotřeba kyslíku pro nekrmené skupiny o kusové hmotnosti ryb 25 g se pohybovala v rozmezí od 50,5 do 101,5 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 67,3 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, pro skupiny o kusové hmotnosti ryb 65 g v rozmezí 26,9 – 50,9 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 30,9 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, a pro skupiny o kusové hmotnosti ryb 140 g v rozmezí 23,7 – 55,5 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 37,1 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Spotřeba kyslíku pro nekrmené ryby klesala od 7:00 do 11:00, pak následoval pozvolný růst do 21:00, poté následoval pokles.

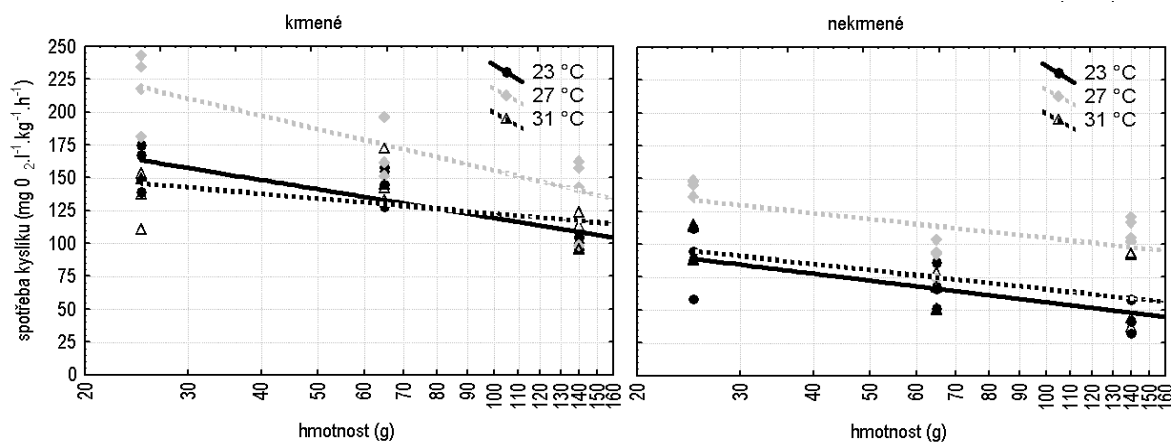
Pro skupiny krmených ryb nastával v době po 7:00 až do 13:00 výrazný nárůst spotřeby kyslíku pro všechny velikosti ryb, od 13:00 následoval pozvolný pokles, který trval až do 21:00, výrazné zvýšení spotřeby kyslíku vykazovaly v tomto období pouze skupiny o hmotnosti ryb 25 g, a to od 15:00 do 17:00. Ve 21:00 následoval další růst spotřeby kyslíku u všech skupin ryb, který dosáhl vrcholu ve 23:00. Následoval pokles a opět nárůst až do 5:00. Pro krmené skupiny s rybami o kusové hmotnosti 25 g se hodnoty spotřebovaného kyslíku pohybovaly v rozmezí od 72,7 do 130 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 102,7 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, pro skupiny o kusové hmotnosti ryb 65 g v rozmezí 61 – 137,3 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 95,7 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, a pro skupiny ryb o kusové hmotnosti 140 g v rozmezí hodnot 40 až 101 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 56,6 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Maxima spotřeby kyslíku pro krmené ryby nastala ve 13:00 hodin, minima pak v nočních hodinách.

5.1.2. Vztah mezi hmotností těla, teplotou vody a spotřebou kyslíku



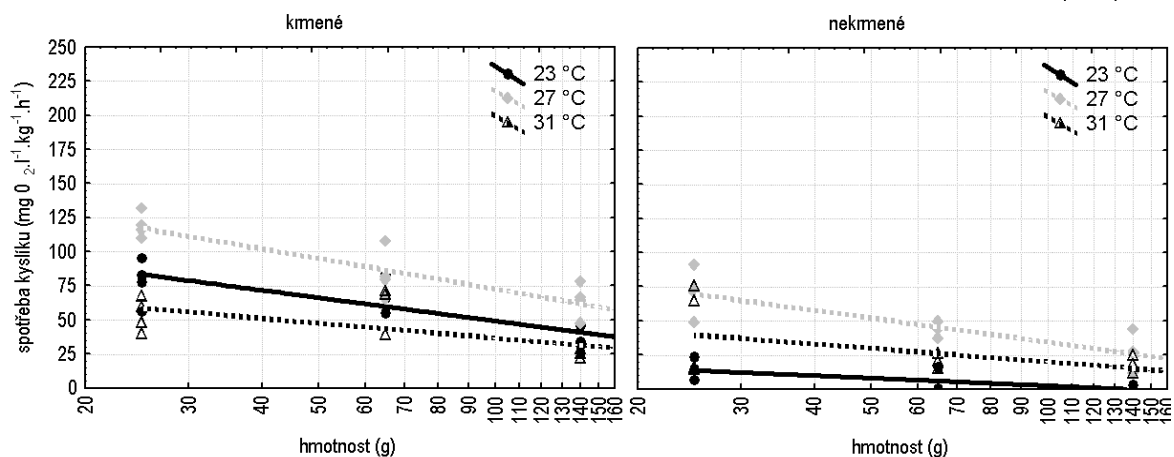
Obr. 8, 9. Závislost průměrné denní spotřeby kyslíku na hmotnosti těla a teplotě vody u krmených a nekrmených tilápií.

Závislost průměrné denní spotřeby kyslíku na hmotnosti těla a teplotě vody měla v rozmezí testovaných hmotnostních skupin klesající tendenci pro krmené (Obr. 8) i nekrmené ryby (Obr. 9).



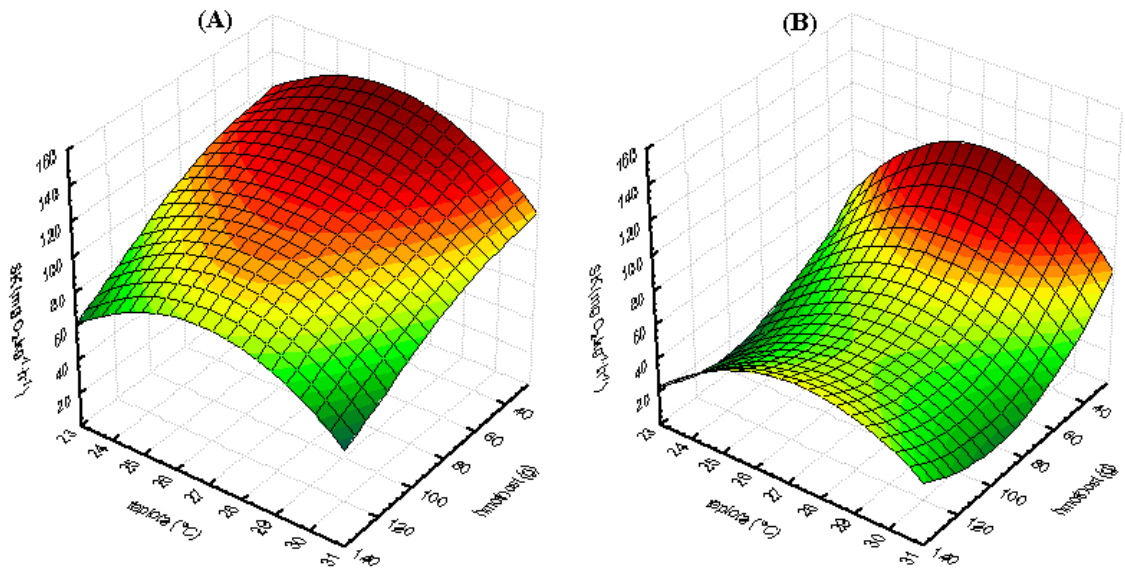
Obr. 10, 11. Závislost maximální denní spotřeby kyslíku na hmotnosti těla a teplotě vody u krmených a nekrmených tilápií.

Závislost maximální denní spotřeby kyslíku na hmotnosti těla a teplotě vody měla v rozmezí testovaných hmotnostních skupin klesající tendenci pro krmené (Obr. 10) i nekrmené ryby (Obr. 11).



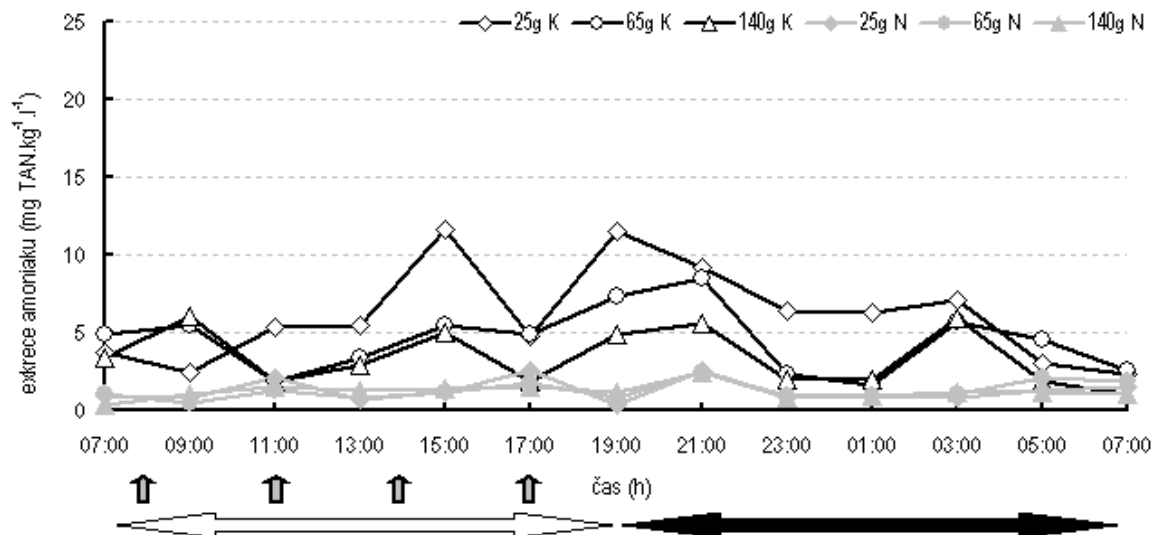
Obr. 12, 13. Závislost minimální denní spotřeby kyslíku na hmotnosti těla a teplotě vody u krmených a nekrmených tilápií.

Závislost minimální denní spotřeby kyslíku na hmotnosti těla a teplotě vody měla v rozmezí testovaných hmotnostních skupin klesající tendenci pro krmené (Obr. 12) i nekrmené ryby (Obr. 13).



Obr. 14, 15. 3D model závislosti průměrné denní spotřeby kyslíku na hmotnosti těla a teplotě vody u krměných (A) a nekrměných (B) tilápií. Závislost je počítána metodou nejmenších čtverců.

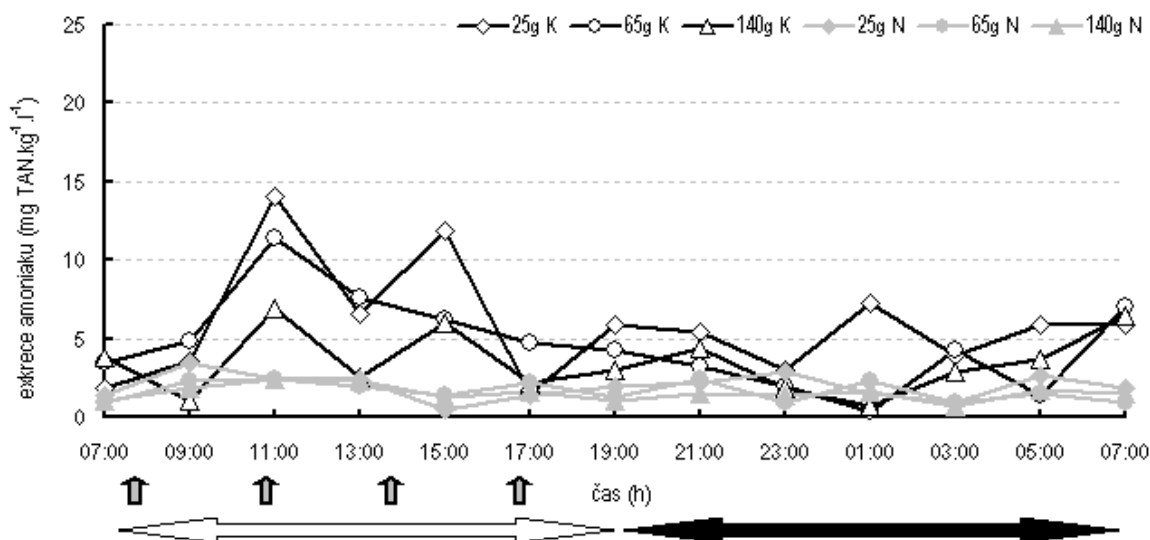
5.1.3. Denní variabilita exkrece amoniaku (TAN)



Obr. 16. Vliv hmotnosti na denní variabilitu průměrné exkrece amoniaku u tilapie chované při teplotě 23 °C. Černé čáry značí průběh u krměných (*ad-libitum*) a šedé u nekrměných ryb. Šedá šipka značí aplikaci krmiva, bílá světlou fází dne a černá temnostní fází.

Měření exkrece amoniaku vzhledem k hmotnosti jednotlivých ryb pro teplotu 23°C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí nedocházelo k výrazným denním výkyvům jeho exkrece, tak jako u ryb krmených (Obr. 16). Nejvyšší míru exkrece amoniaku vykazovaly skupiny ryb o kusové hmotnosti 25 g pro krmené jedince. U nekrmených skupin nelze tuto skutečnost s určitostí označit. Exkrece amoniaku u nekrmených skupin o kusové hmotnosti ryb 25 g se pohybovala v rozmezí od 0,37 do 2,62 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 1,28 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, pro skupiny o kusové hmotnosti ryb 65 g v rozmezí 0,51 – 2,42 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 1,3 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, a pro skupiny o kusové hmotnosti ryb 140 g v rozmezí 0,35 – 2,39 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 1,2 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Exkrece amoniaku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách příliš nelišila.

Opačná situace nastala pro skupiny krmených ryb. Zde nastával, pro skupinu složenou z ryb o hmotnosti 25 g $\times \text{ks}^{-1}$, po 7:00 pokles exkrece pokračující až do 9:00. Od 9:00 následoval nárůst s vrcholem v 15:00, následně do 17:00 pokles a od 17:00 do 19:00 opět nárůst. Po 19:00 následoval pozvolný pokles hodnot až do 7:00 následujícího dne. Pro skupiny o hmotnosti ryb 65 g $\times \text{ks}^{-1}$ hodnoty exkrece amoniaku klesaly od 7:00 až do 11:00. Od 11:00 následoval pozvolný růst s vrcholem ve 21:00. Od 21:00 do 1:00 dalšího dne hodnoty klesaly, do 3:00 následoval růst a od 3:00 jejich pozvolný pokles. Pro skupiny o hmotnosti ryb 140 g $\times \text{ks}^{-1}$ byl průběh hodnot exkrece amoniaku obdobný jako pro skupiny o hmotnosti ryb 65 g $\times \text{ks}^{-1}$. Konkrétně pro skupiny s rybami o kusové hmotnosti 25 g se hodnoty vydaného amoniaku pohybovaly v rozmezí od 2,38 do 11,63 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 6,1 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, pro skupiny o kusové hmotnosti ryb 65 g v rozmezí 1,68 – 8,48 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 4,48 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, a pro skupiny ryb o kusové hmotnosti 140 g v rozmezí hodnot 1,04 až 6 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 3,4 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Maxima pro krmené ryby nastala pro skupinu o kusové hmotnosti ryb 25 g v 15:00 a 19:00, pro skupinu o kusové hmotnosti ryb 65 g ve 21:00, a pro skupinu o kusové hmotnosti ryb 140 g v 9:00, 21:00 a 3:00. Minima pak nastala převážně v nočních hodinách, kdy došlo k poklesu exkrece amoniaku u všech skupin.

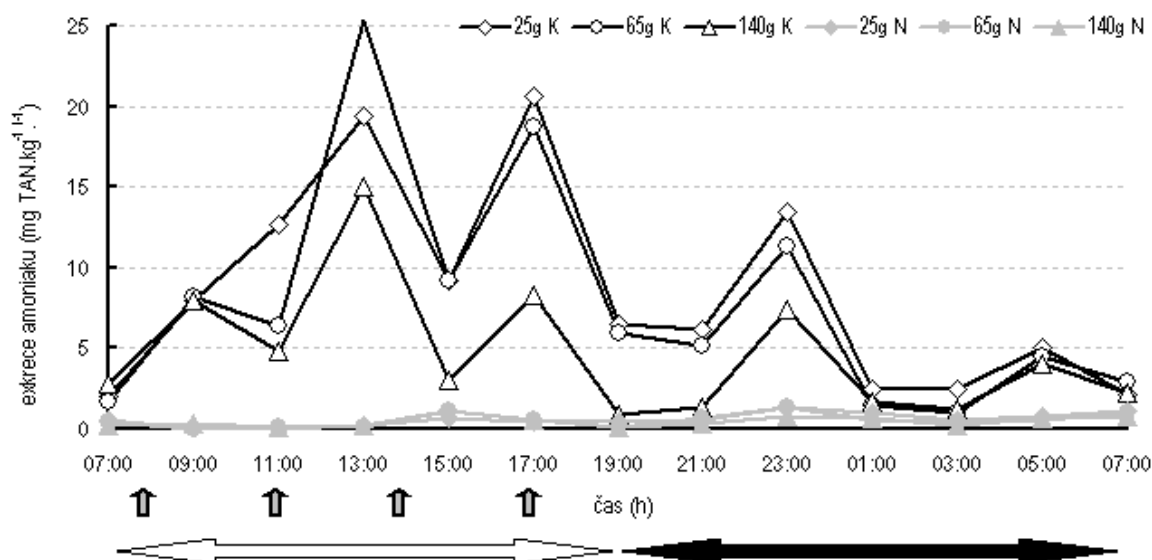


Obr. 17. Vliv hmotnosti na denní variabilitu průměrné exkrece amoniaku u tilapie chované při teplotě 27 °C. Černé čáry značí průběh u krmených (*ad-libitum*) a šedé u nekrmených ryb. Šedá šipka značí aplikaci krmiva, bílá světlou fází dne a černá temnostní fázi.

Měření exkrece amoniaku vzhledem k hmotnosti jednotlivých ryb pro teplotu 27°C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí nedocházelo k výrazným denním výkyvům jeho exkrece, tak jako u ryb krmených (Obr. 17). Nejvyšší míru exkrece amoniaku vykazovaly skupiny ryb o kusové hmotnosti 25 g pro krmené jedince. U nekrmených skupin nelze tuto skutečnost s určitostí označit. Exkrece amoniaku u nekrmených skupin o kusové hmotnosti ryb 25 g se pohybovala v rozmezí od 0,48 do 3,43 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 1,93 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, pro skupiny o kusové hmotnosti ryb 65 g v rozmezí 0,94 – 2,43 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 1,65 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, a pro skupiny o kusové hmotnosti ryb 140 g v rozmezí 0,72 – 2,38 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 1,53 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Exkrece amoniaku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách příliš nelišila.

Opačná situace nastala pro skupiny krmených ryb. Zde nastával, pro skupinu složenou z ryb o hmotnosti 25 g \times ks⁻¹, po 7:00 nárůst exkrece pokračující až do 11:00. Od 11:00 následoval pokles až do 13:00, následně do 15:00 růst hodnot. Od 15:00 do 17:00 byl zaznamenán pokles hodnot a od 17:00 do 19:00 opět nárůst. Po 19:00 následoval pozvolný pokles hodnot až do 23:00. Od 23:00 do 1:00 následujícího dne hodnoty narůstaly, do 3:00 poklesly a následně opět rostly až do 7:00. Pro skupiny o hmotnosti ryb 65 g \times ks⁻¹ hodnoty exkrece amoniaku rostly od 7:00 až do 11:00. Od 11:00 následoval pozvolný pokles až do 1:00 následujícího dne. Od 1:00 hodnoty rostly do 3:00, poté následoval jejich pokles a od 5:00 znovu nárůst. Pro skupiny o hmotnosti ryb 140 g \times ks⁻¹ hodnoty

exkrece amoniaku klesaly do 9:00. Poté následoval v rozmezí osmi hodin dvakrát opakovaný nárůst a pokles hodnot. Od 17:00 hodnoty pozvolně rostly až do 21:00 a poté opět klesaly až do 1:00 následujícího dne. Od 1:00 do 7:00 hodnoty vykázaly opětovný nárůst. Konkrétně pro skupiny s rybami o kusové hmotnosti 25 g se hodnoty vydaného amoniaku pohybovaly v rozmezí od 1,53 do 14,07 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 5,9 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, pro skupiny o kusové hmotnosti ryb 65 g v rozmezí 0,31 – 11,39 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 4,7 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, a pro skupiny ryb o kusové hmotnosti 140 g v rozmezí hodnot 0,65 až 6,94 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 3,48 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Maxima pro krmené ryby nastala pro skupinu o kusové hmotnosti ryb 25 g v 11:00, pro skupinu o kusové hmotnosti ryb 65 g taktéž v 11:00, a pro skupinu o kusové hmotnosti ryb 140 g v 11:00, 15:00 a 7:00 následujícího dne. Minima pak nastala převážně v nočních hodinách, kdy došlo k poklesu exkrece amoniaku u všech skupin.



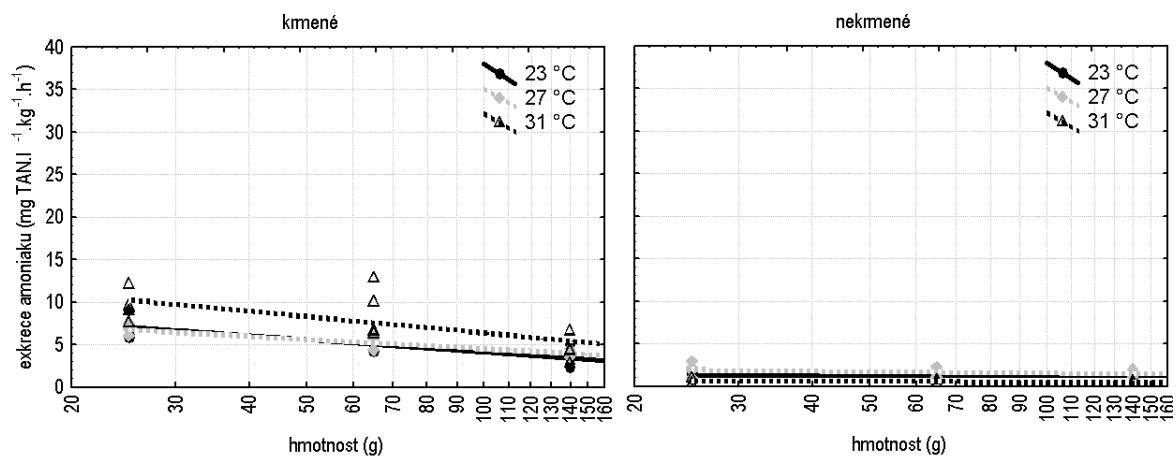
Obr. 18. Vliv hmotnosti na denní variabilitu průměrné exkrece amoniaku u tilapie chované při teplotě 31 °C. Černé čáry značí průběh u krmených (*ad-libitum*) a šedé u nekrmených ryb. Šedá šipka značí aplikaci krmiva, bílá světlou fází dne a černá temnostní fází.

Měření exkrece amoniaku vzhledem k hmotnosti jednotlivých ryb pro teplotu 31°C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí nedocházelo k výrazným denním výkyvům jeho exkrece, tak jako u ryb krmených (Obr. 18). Nejvyšší míru exkrece amoniaku vykazovaly skupiny ryb o kusové hmotnosti 65 g pro krmené jedince. U nekrmených skupin nelze tuto skutečnost s určitostí označit. Exkrece amoniaku u nekrmených skupin o

kusové hmotnosti ryb 25 g se pohybovala v rozmezí od 0 do $1,3 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $0,6 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, pro skupiny o kusové hmotnosti ryb 65 g v rozmezí 0 – $1,33 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $0,53 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, a pro skupiny o kusové hmotnosti ryb 140 g v rozmezí 0,06 – $1,07 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $0,48 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Exkrece amoniaku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách příliš nelišila.

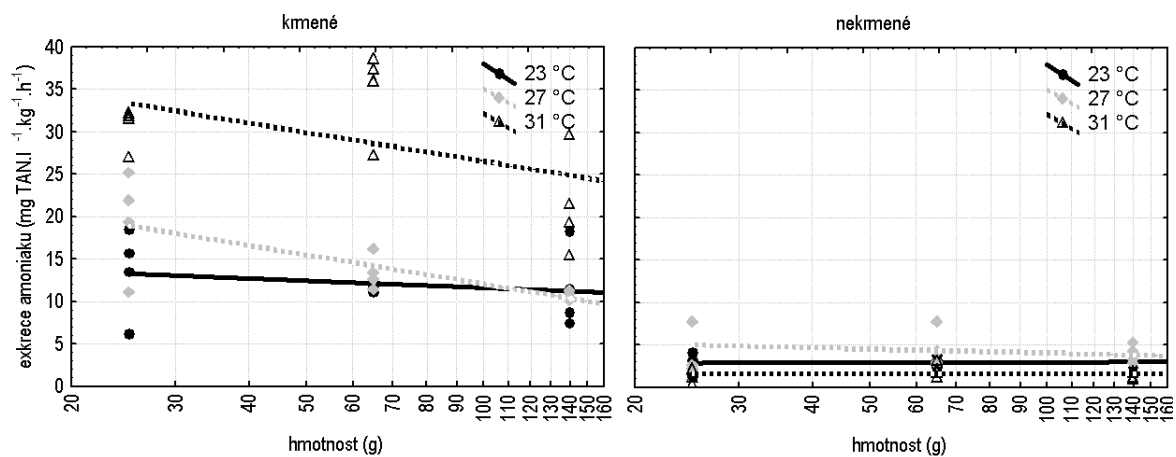
Opačná situace nastala pro skupiny krmených ryb. Zde nastával, pro skupinu složenou z ryb o hmotnosti $25 \text{ g} \times \text{ks}^{-1}$, po 7:00 nárůst exkrece pokračující až do 13:00. Od 13:00 následoval pokles až do 15:00, následně do 17:00 nárůst a od 17:00 do 21:00 opět pokles. Po 21:00 následoval nárůst až do 23:00 a pak pozvolný pokles hodnot až do 3:00 následujícího dne. Mezi 3:00 a 5:00 exkrece opět narostla a po 5:00 klesla. Pro skupiny o hmotnosti ryb $65 \text{ g} \times \text{ks}^{-1}$ hodnoty exkrece amoniaku klesaly od 7:00 až do 11:00. Od 11:00 následoval pozvolný růst s vrcholem ve 13:00. Od 13:00 do 15:00 hodnoty klesaly, a tutéž hodinu začaly opět narůstat až do 17:00. Po 17:00 následoval pokles hodnot až do 21:00. Od 21:00 do 23:00 exkrece opět narostla a po 23:00 poklesla, což trvalo do 3:00. Následoval růst a od 5:00 jejich pozvolný pokles. Pro skupiny o hmotnosti ryb $140 \text{ g} \times \text{ks}^{-1}$ hodnoty rostly od 7:00 do 9:00, následoval pokles do 11:00 a opětovný nárůst do 13:00. Od 13:00 do 15:00 hodnoty klesaly, od 15:00 do 17:00 začaly znovu stoupat. Po 17:00 následoval nový pokles hodnot až do 19:00, po této hodině hodnoty stoupaly až do 23:00. Od 23:00 následoval pokles až do 3:00 následujícího dne, do 5:00 nárůst a poté opětovný pokles. Konkrétně pro skupiny s rybami o kusové hmotnosti 25g se hodnoty vydaného amoniaku pohybovaly v rozmezí od 1,99 do $20,64 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $8,45 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, pro skupiny o kusové hmotnosti ryb 65g v rozmezí 1 – $25,3 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $9,03 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, a pro skupiny ryb o kusové hmotnosti 140 g v rozmezí hodnot 0,87 až $15,04 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $4,7 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Maxima pro krmené ryby nastala pro skupinu o kusové hmotnosti ryb 25 g v 13:00 a 17:00, pro skupinu o kusové hmotnosti ryb 65 g ve 13:00, a pro skupinu o kusové hmotnosti ryb 140 g ve 13:00. Minima pak nastala převážně v nočních hodinách, kdy došlo k poklesu exkrece amoniaku u všech skupin.

5.1.4. Vztah mezi hmotností těla, teplotou vody a exkrecí amoniaku (TAN)



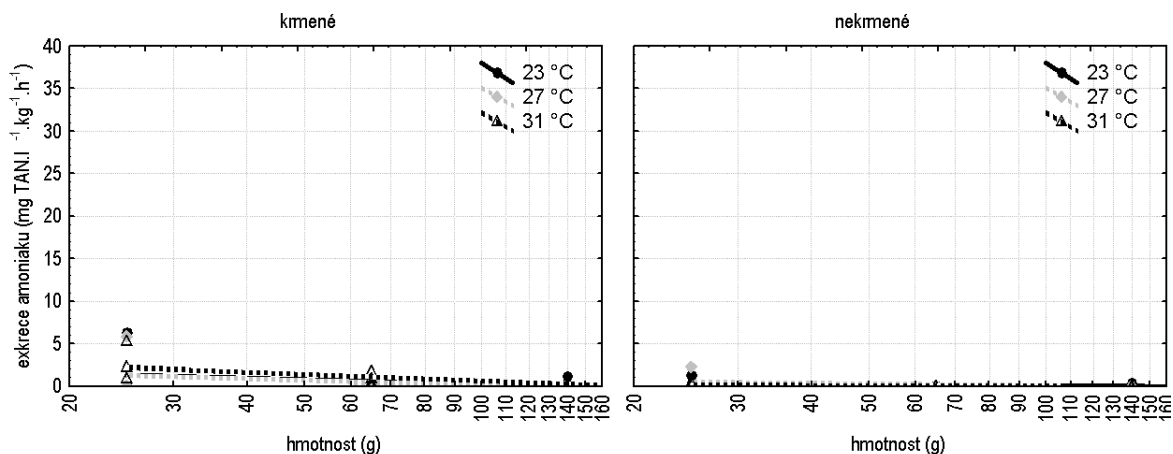
Obr. 19, 20. Závislost průměrné denní exkrece amoniaku na hmotnosti těla a teplotě vody u krmených a nekrmených tilápií.

Závislost průměrné denní exkrece amoniaku na hmotnosti těla a teplotě vody měla v rozmezí testovaných hmotnostních skupin klesající tendenci pro krmené (Obr. 19) i nekrmené ryby (Obr. 20).



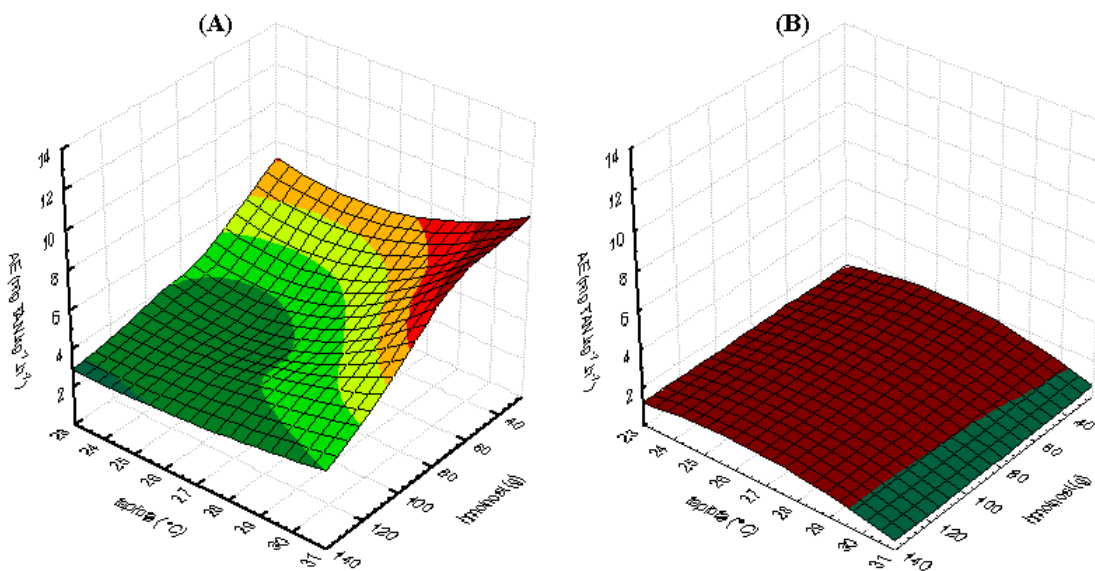
Obr. 21, 22. Závislost maximální denní exkrece amoniaku na hmotnosti těla a teplotě vody u krmených (Obr. 21) a nekrmených tilápií (Obr. 22).

Závislost maximální denní exkrece amoniaku na hmotnosti těla a teplotě vody měla v rozmezí testovaných hmotnostních skupin klesající tendenci pro krmené i nekrmené ryby.



Obr. 23, 24. Závislost minimální denní exkrece amoniaku na hmotnosti těla a teplotě vody u krměných a nekrmených tilápií.

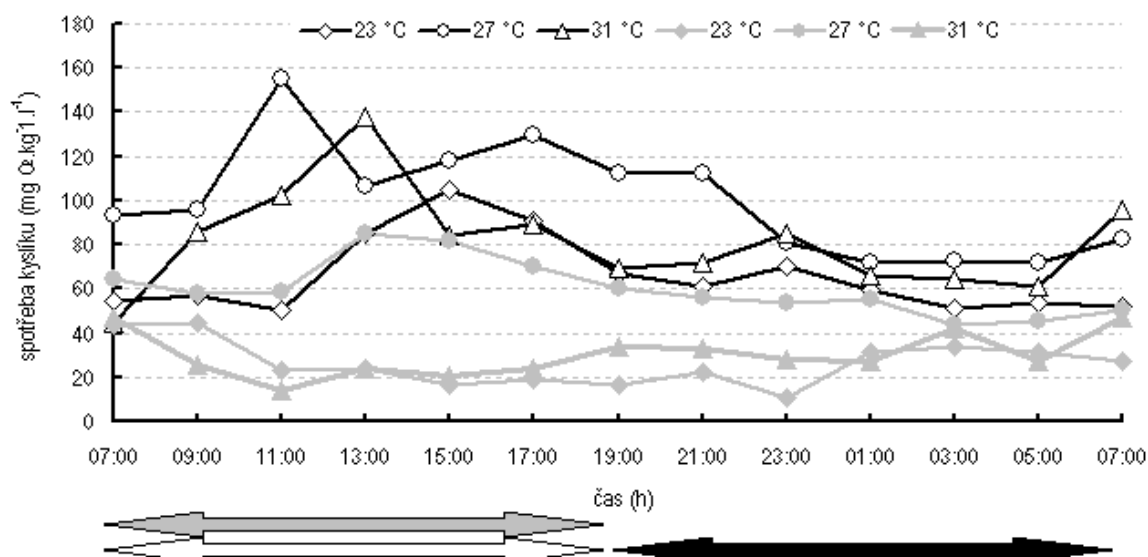
Závislost minimální denní exkrece amoniaku na hmotnosti těla a teplotě vody měla v rozmezí testovaných hmotnostních skupin klesající tendenci pro krměné (Obr. 23) i nekrmené ryby (Obr. 24).



Obr. 25, 26. 3D model závislosti průměrné denní spotřeby kyslíku na hmotnosti těla a teplotě vody u krměných (A) a nekrmených (B) tilápií. Závislost je počítána metodou nejmenších čtverců.

5.2. Vliv způsobu krmení a teploty vody na metabolismus tilapie

5.2.1. Denní variabilita spotřeby kyslíku



Obr. 27. Variabilita průměrné spotřeby kyslíku u tilapie (65g) krmené kontinuálně při teplotě 23, 27 a 31 °C. Černé čáry značí průběh u krmených (*ad-libitum*) a šedé u nekrmených ryb. Šedá šipka značí aplikaci krmiva, bílá světlou fází dne a černá temnotní fází.

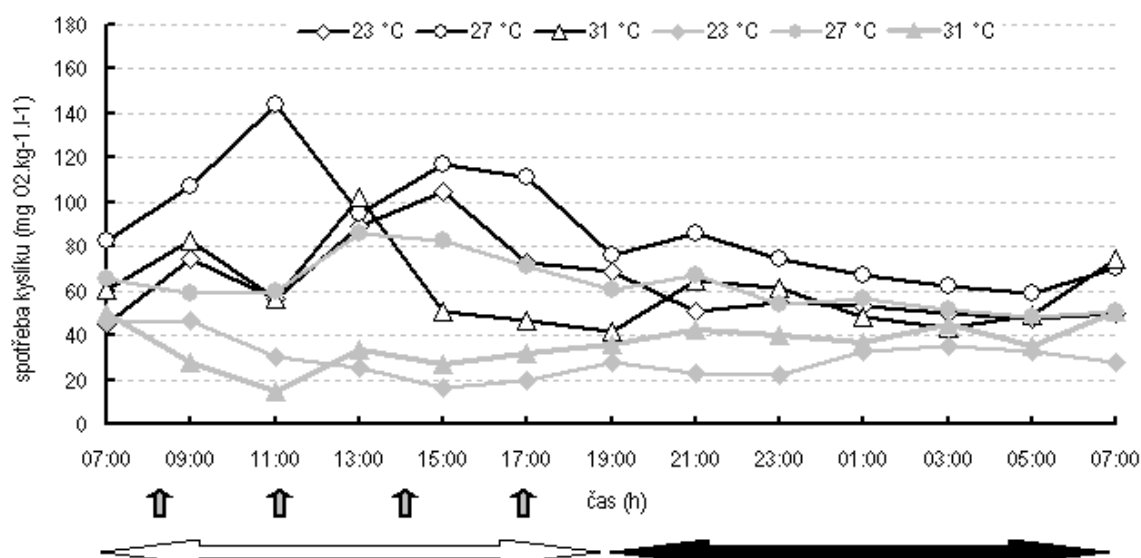
Měření spotřeby kyslíku vzhledem k managementu krmení pro 23°C ukázalo, že u krmených i nekrmených ryb docházelo ke změnám spotřeby kyslíku v průběhu dne i noci (Obr. 27). Spotřeba kyslíku se pro nekrmené skupiny, kterým bylo v předchozích dnech předkládáno krmivo kontinuálně, pohybovala v rozmezí $10,6 - 44,5 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $23,7 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Spotřeba kyslíku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách dosti výrazně lišila. Od deváte hodiny poklesly hodnoty spotřebovávaného kyslíku a jejich pokles se zastavil až mezi patnáctou a sedmnáctou hodinou, poté začala spotřeba kyslíku opět narůstat až do devatenácté hodiny, kdy se růst zastavil a následovalo opětovné klesání až do 23:00. Od 23:00 následoval vzrůst spotřeby kyslíku a od 1:00 následujícího dne její setrvání v téměř nezměněných hodnotách.

Opačná situace nastala pro skupiny krmených ryb. Zde nastával v době po sedmé hodině až do hodiny jedenácté nárůst a opětovný pokles spotřeby kyslíku, od jedenácté hodiny následoval nárůst spotřeby kyslíku, který trval až do patnácté hodiny. Od patnácté

hodiny následoval pokles spotřeby kyslíku. Konkrétně pro skupiny s rybami krmenými kontinuálně se hodnoty spotřebovaného kyslíku pohybovaly v rozmezí hodnot 0 až 105 $\text{mg}\times\text{kg}^{-1}\times\text{l}^{-1}$ – v průměru 61,9 $\text{mg}\times\text{kg}^{-1}\times\text{l}^{-1}$. Maxima spotřeby kyslíku pro krmené ryby nastala v 15:00 hodin, minima pak v nočních hodinách.

Měření spotřeby kyslíku vzhledem k managementu krmení pro 27°C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí docházelo ke změnám spotřeby kyslíku v průběhu dne i noci. Spotřeba kyslíku pro nekrmené skupiny, kterým bylo v předchozích dnech předkládáno krmivo kontinuálně, se pohybovala v rozmezí 43,9 – 84,7 $\text{mg}\times\text{kg}^{-1}\times\text{l}^{-1}$ – v průměru 58,5 $\text{mg}\times\text{kg}^{-1}\times\text{l}^{-1}$. Spotřeba kyslíku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách dosti výrazně lišila. Od 7:00 hodiny klesaly hodnoty spotřebovaného kyslíku a jejich pokles se zastavil až v 9:00, poté začala spotřeba kyslíku narůstat až do 13:00 a následovalo opětovné klesání až do 5:00. Pro skupiny s rybami krmenými kontinuálně se hodnoty spotřebovaného kyslíku pohybovaly v rozmezí hodnot 71,5 až 155 $\text{mg}\times\text{kg}^{-1}\times\text{l}^{-1}$ – v průměru 97,2 $\text{mg}\times\text{kg}^{-1}\times\text{l}^{-1}$. Maxima spotřeby kyslíku pro krmené ryby nastala v 11:00 hodin, minima pak v nočních hodinách.

Měření spotřeby kyslíku vzhledem k managementu krmení pro 31°C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí docházelo ke změnám spotřeby kyslíku v průběhu dne i noci. Spotřeba kyslíku pro nekrmené skupiny, kterým bylo v předchozích dnech předkládáno krmivo kontinuálně, se pohybovala v rozmezí 14 – 47 $\text{mg}\times\text{kg}^{-1}\times\text{l}^{-1}$ – v průměru 28,9 $\text{mg}\times\text{kg}^{-1}\times\text{l}^{-1}$. Spotřeba kyslíku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách téměř nelišila. Od 7:00 hodiny klesaly hodnoty spotřebovaného kyslíku a jejich pokles se zastavil až v 11:00, poté začala spotřeba kyslíku narůstat až do 13:00. Následovalo opětovné klesání až do 15:00 a poté nárůst do 3:00. Pro skupiny krmených ryb nastával v době po sedmé hodině až do 13:00 nárůst. Od 13:00 následoval pokles spotřeby kyslíku, který trval až do 15:00, od 15:00 do 17:00 následoval nárůst spotřeby kyslíku. Od 17:00 byl zaznamenán pokles spotřeby kyslíku, končící ve 21:00. Následně během dvou hodin došlo k navýšení spotřeby kyslíku a k jejímu opětovnému snižování, které pokračovalo až do 5:00. Po 5:00 následoval prudký nárůst až do 7:00. Pro skupiny s rybami krmenými kontinuálně se hodnoty spotřebovaného kyslíku pohybovaly v rozmezí 44,8 až 138 $\text{mg}\times\text{kg}^{-1}\times\text{l}^{-1}$ – v průměru 80 $\text{mg}\times\text{kg}^{-1}\times\text{l}^{-1}$. Maxima spotřeby kyslíku pro krmené ryby nastala v 11:00 hodin.



Obr. 28. Variabilita průměrné spotřeby kyslíku u tilapie (65g) krmené 4x denně při teplotě 23, 27 a 31 °C. Černé čáry značí průběh u krmených (*ad-libitum*) a šedé u nekrmených ryb. Šedá šipka značí aplikaci krmiva, bílá světlou fází dne a černá temnostní fází.

Měření spotřeby kyslíku vzhledem k managementu krmení pro teplotu 23°C ukázalo, že u nekrmených ryb docházelo ke změnám spotřeby kyslíku v průběhu dne i noci (Obr. 28). Spotřeba kyslíku pro nekrmené skupiny, kterým bylo v předchozích dnech předkládáno krmivo 4 × za den, se pohybovala v rozmezí 16,5 – 46,3 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 24,6 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Spotřeba kyslíku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách dosti výrazně lišila. Od deváte hodiny poklesly hodnoty spotřebovávaného kyslíku a jejich pokles se zastavil až mezi patnáctou a sedmnáctou hodinou, poté začala spotřeba kyslíku opět narůstat až do devatenácté hodiny, kdy se růst zastavil a následovalo opětovné klesání až do 23:00. Od 23:00 následoval vzrůst spotřeby kyslíku a od 1:00 následujícího dne její setrvání v téměř nezměněných hodnotách.

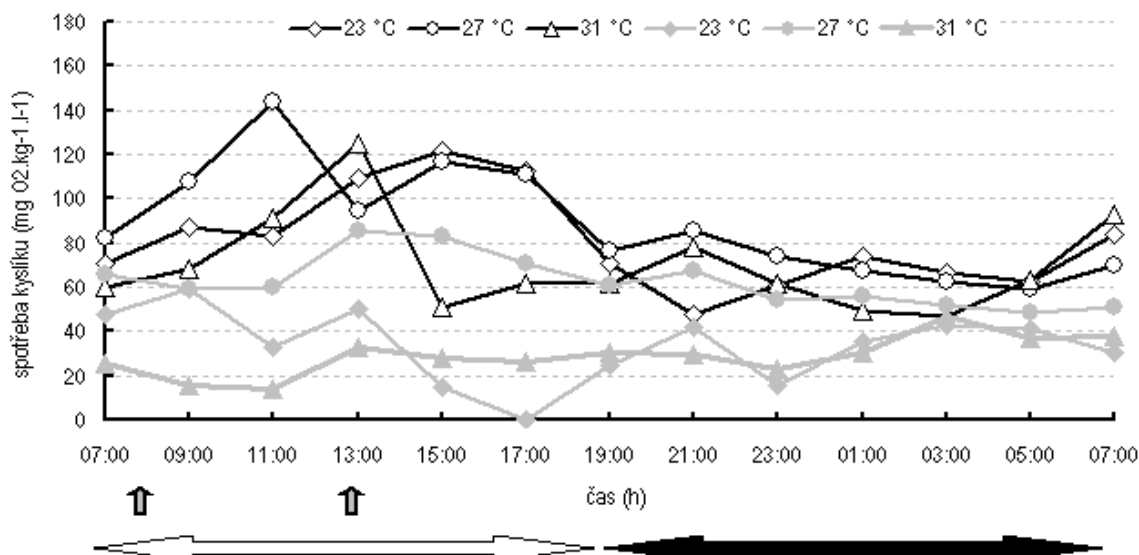
Opačná situace nastala pro skupiny krmených ryb. Zde nastával v době po sedmé hodině až do hodiny jedenácté nárůst a opětovný pokles spotřeby kyslíku, od jedenácté hodiny následoval nárůst spotřeby kyslíku, který trval až do patnácté hodiny. Od patnácté hodiny následoval pokles spotřeby kyslíku. Konkrétně pro skupiny s rybami krmenými 4 × denně se hodnoty spotřebovaného kyslíku pohybovaly v rozmezí 44,7 – 104,9 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 55,2 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Maxima spotřeby kyslíku pro krmené ryby nastala v 15:00 hodin, minima pak v nočních hodinách.

Měření spotřeby kyslíku vzhledem k managementu krmení pro teplotu 27°C ukázalo, že

u nekrmených ryb všech velikostí docházelo ke změnám spotřeby kyslíku v průběhu dne i noci. Spotřeba kyslíku pro nekrmené skupiny, kterým bylo v předchozích dnech předkládáno krmivo 4 × denně, se pohybovala v rozmezí 48,5 – 85,9 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 59,3 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Spotřeba kyslíku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách dosti výrazně lišila. Od 7:00 hodiny klesaly hodnoty spotřebovávaného kyslíku a jejich pokles se zastavil až v 9:00, poté začala spotřeba kyslíku narůstat až do 13:00. Následovalo opětovné klesání až do 5:00.

Pro skupiny krmených ryb nastával v době po sedmé hodině až do hodiny jedenácté nárůst a poté opětovný pokles spotřeby kyslíku pro všechny velikosti ryb, od 13:00 následoval nárůst spotřeby kyslíku, který trval až do 17:00. Od 17:00 následoval prudký pokles spotřeby kyslíku, končící v 19:00. Následně během dvou hodin došlo k navýšení spotřeby kyslíku a k jejímu opětovnému snižování, které pokračovalo až do 5:00. Pro skupiny s rybami krmenými 4 × denně se hodnoty spotřebovaného kyslíku pohybovaly v rozmezí 59,1 – 144,1 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 85,8 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Maxima spotřeby kyslíku pro krmené ryby nastala v 11:00 hodin, minima pak v nočních hodinách.

Měření spotřeby kyslíku vzhledem k managementu krmení pro teplotu 31°C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí docházelo ke změnám spotřeby kyslíku v průběhu dne i noci. Spotřeba kyslíku pro nekrmené skupiny, kterým bylo v předchozích dnech předkládáno krmivo 4 × denně, se pohybovala v rozmezí 14,8 – 50,4 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 30,8 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Spotřeba kyslíku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách téměř nelišila. Od 7:00 hodiny rostly hodnoty spotřebovávaného kyslíku až do 9:00. Od 9:00 do 11:00 byl zaznamenán pokles a poté opětovný nárůst do 13:00. Od 13:00 následoval pokles spotřeby kyslíku, který trval až do 21:00. Následně během dvou hodin došlo k navýšení spotřeby kyslíku a k jejímu opětovnému snižování, které pokračovalo až do 5:00. Po 5:00 následoval prudký nárůst až do 7:00. Pro skupiny s rybami krmenými 4 × denně se hodnoty spotřebovaného kyslíku pohybovaly v rozmezí 42 – 102,7 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 56,5 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Skupiny krmené 4 × denně dosáhly maximální spotřeby kyslíku v 7:00 na konci experimentu, minima pak v 7:00 na jeho počátku.



Obr. 29. Variabilita průměrné spotřeby kyslíku u tilapie (65g) krmené 2x denně při teplotě 23, 27 a 31 °C. Černé čáry značí průběh u krmených (*ad-libitum*) a šedé u nekrmených ryb. Šedá šipka značí aplikaci krmiva, bílá světlou fází dne a černá temnostní fází.

Měření spotřeby kyslíku vzhledem k managementu krmení pro teplotu 23 °C ukázalo, že u nekrmených ryb docházelo ke změnám spotřeby kyslíku v průběhu dne i noci (Obr. 29). Spotřeba kyslíku pro nekrmené skupiny, kterým bylo v předchozích dnech předkládáno krmivo 2 × denně, se pohybovala v rozmezí od 0 do 59,1 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 29,4 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Spotřeba kyslíku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách dosti výrazně lišila. Od deváte hodiny poklesly hodnoty spotřebovávaného kyslíku a jejich pokles se zastavil až mezi patnáctou a sedmnáctou hodinou, poté začala spotřeba kyslíku opět narůstat až do devatenácté hodiny, kdy se růst zastavil a následovalo opětovné klesání až do 23:00. Od 23:00 následoval vzrůst spotřeby kyslíku a od 1:00 následujícího dne její setrvání v téměř nezměněných hodnotách.

Opačná situace nastala pro skupiny krmených ryb. Zde nastával v době po sedmé hodině až do hodiny jedenácté nárůst a opětovný pokles spotřeby kyslíku pro všechny velikosti ryb, od jedenácté hodiny následoval nárůst spotřeby kyslíku, který trval až do patnácté hodiny. Od patnácté hodiny následoval pokles spotřeby kyslíku. Konkrétně pro skupiny s rybami krmenými 2 × denně se hodnoty spotřebovaného kyslíku pohybovaly v rozmezí od 47,4 do 121,7 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 74,7 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Maxima spotřeby kyslíku pro krmené ryby nastala v 15:00 hodin, minima pak v nočních hodinách.

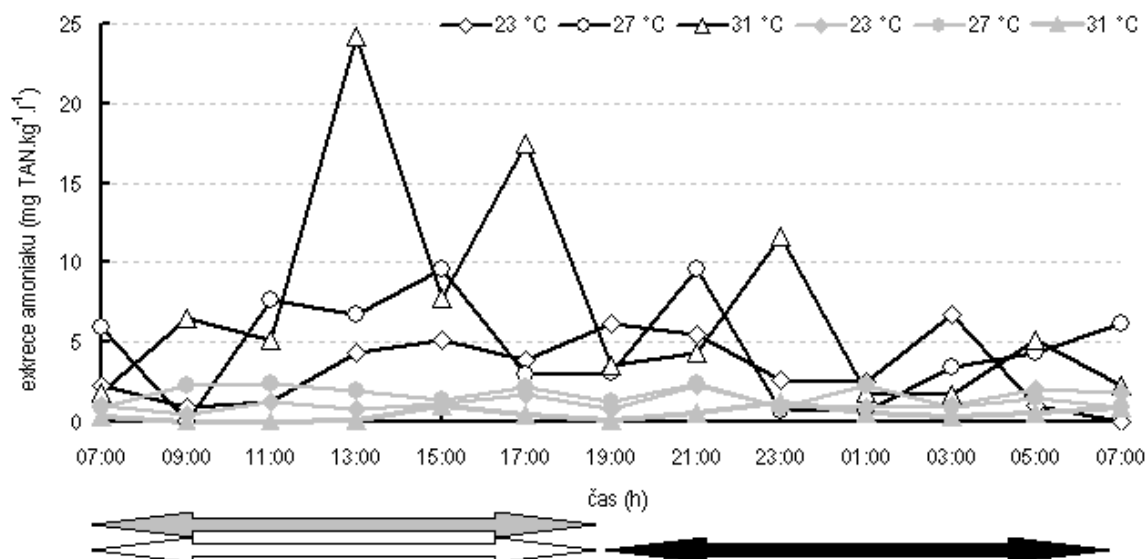
Měření spotřeby kyslíku vzhledem k managementu krmení pro teplotu 27 °C ukázalo, že

u nekrmených ryb všech velikostí docházelo ke změnám spotřeby kyslíku v průběhu dne i noci. Spotřeba kyslíku pro nekrmené skupiny, kterým bylo v předchozích dnech předkládáno krmivo 2 × denně, se pohybovala v rozmezí od 49,3 do 127,6 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 71,8 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Spotřeba kyslíku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách dosti výrazně lišila. Od 7:00 hodiny klesaly hodnoty spotřebovávaného kyslíku a jejich pokles se zastavil až v 9:00, poté začala spotřeba kyslíku narůstat až do 15:00. Následovalo opětovné klesání až do 5:00.

Pro skupiny krmených ryb nastával v době po sedmé hodině až do hodiny jedenácté nárůst a poté opětovný pokles spotřeby kyslíku, od 13:00 následoval nárůst spotřeby kyslíku, který trval až do 17:00. Od 17:00 následoval prudký pokles spotřeby kyslíku, končící v 19:00. Následně během dvou hodin došlo k navýšení spotřeby kyslíku a k jejímu opětovnému snižování, které pokračovalo až do 5:00. Pro skupiny s rybami krmenými 2 × denně se hodnoty spotřebovaného kyslíku pohybovaly v rozmezí od 70,5 do 227,8 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 117,6 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Maxima spotřeby kyslíku pro krmené ryby nastala v 11:00 hodin, minima pak v nočních hodinách.

Měření spotřeby kyslíku vzhledem k managementu krmení pro teplotu 31°C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí docházelo ke změnám spotřeby kyslíku v průběhu dne i noci. Spotřeba kyslíku pro nekrmené skupiny, kterým bylo v předchozích dnech předkládáno krmivo 2 × denně, se pohybovala v rozmezí od 13,6 do 46,6 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 28,6 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Spotřeba kyslíku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách téměř nelišila. Od 7:00 hodiny klesaly hodnoty spotřebovávaného kyslíku a jejich pokles se zastavil až v 11:00, poté začala spotřeba kyslíku narůstat až do 13:00. Následovalo opětovné klesání až do 15:00 a poté nárůst do 3:00. Pro skupiny krmených ryb nastával v době po sedmé hodině až do 13:00 nárůst. Od 13:00 následoval pokles spotřeby kyslíku, který trval až do 15:00. Od 15:00 do 21:00 následoval nárůst spotřeby kyslíku. Po 21:00 došlo k poklesu, který trval až do 3:00. Od 3:00 byl zaznamenán opětovný nárůst. Pro skupiny s rybami krmenými 2 × denně se hodnoty spotřebovaného kyslíku pohybovaly v rozmezí od 46,9 do 124,6 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 67,2 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Maxima spotřeby kyslíku pro krmené ryby nastala v 11:00 hodin.

5.2.2. Denní variabilita exkrece amoniaku (TAN)



Obr. 30. Variabilita průměrné exkrece amoniaku (TAN) u tilapie (65g) krmené kontinuálně při teplotě 23, 27 a 31 °C. Černé čáry značí průběh u krmených (*ad-libitum*) a šedé u nekrmených ryb. Šedá šipka značí aplikaci krmiva, bílá světlou fází dne a černá temnotní fází.

Měření exkrece amoniaku vzhledem k managementu krmení pro teplotu 23°C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí nedocházelo k výrazným denním výkyvům jeho exkrece, tak jako u ryb krmených (Obr. 30). Exkrece amoniaku u nekrmených skupin, kterým bylo v předchozích dnech krmivo předkládáno kontinuálně, se pohybovala v rozmezí 0,49 – 2,32 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 1,23 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Exkrece amoniaku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách příliš nelišila.

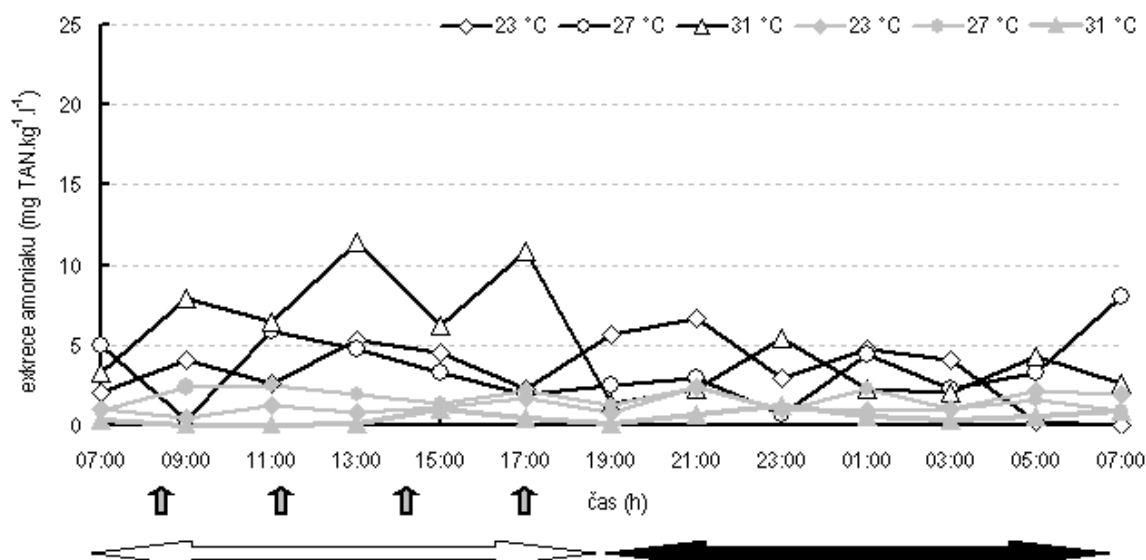
Opačná situace nastala pro skupiny krmených ryb. Zde došlo pro skupinu ryb krmených kontinuálně od 9:00 do 15:00 k růstu hodnot, od 15:00 následoval pokles a v 17:00 nárůst hodnot, který skončil v 19:00. Od 19:00 hodnoty klesaly až do 1:00 následujícího dne. Opětovný vzrůst hodnot nastal po 1:00 s maximem ve 3:00. Poté následoval pokles exkrece až do 7:00 následujícího dne. Konkrétně pro skupiny s rybami krmenými kontinuálně se hodnoty vydaného amoniaku pohybovaly v rozmezí hodnot 0 až 6,74 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 4,68 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Maxima exkrece amoniaku pro krmené ryby nastala pro skupinu ryb krmených kontinuálně v 19:00 a 3:00. Minima pak nastala převážně v nočních až dopoledních hodinách, kdy došlo k poklesu exkrece amoniaku u všech skupin.

Měření exkrece amoniaku vzhledem k managementu krmení pro teplotu 27°C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí nedocházelo k výrazným denním výkyvům jeho exkrece, tak jako u ryb krmených. Exkrece amoniaku u nekrmených skupin, kterým bylo v předchozích dnech krmivo předkládáno kontinuálně, se pohybovala v rozmezí 0,92 – 2,4 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 1,63 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Exkrece amoniaku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách příliš nelišila.

Opačná situace nastala pro skupiny krmených ryb. Zde došlo pro skupiny ryb krmené kontinuálně od 9:00 do 15:00 k růstu hodnot, od 15:00 následoval pokles a v 17:00 nárůst hodnot, který skončil ve 21:00. Od 21:00 hodnoty klesaly až do 1:00 následujícího dne. Opětovný vzrůst hodnot nastal po 1:00 a trval až do 7:00. Konkrétně pro skupiny s rybami krmenými kontinuálně se hodnoty vydaného amoniaku pohybovaly v rozmezí 0 až 9,61 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 4,68 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Maxima exkrece amoniaku pro krmené ryby nastala v 15:00 a 21:00. Minima pak nastala převážně v nočních hodinách, kdy došlo k poklesu exkrece amoniaku u všech skupin.

Měření exkrece amoniaku vzhledem k managementu krmení pro teplotu 31°C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí nedocházelo k výrazným denním výkyvům jeho exkrece, tak jako u ryb krmených. Exkrece amoniaku u nekrmených skupin, kterým bylo v předchozích dnech krmivo předkládáno kontinuálně, se pohybovala v rozmezí 0 – 1,23 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 0,5 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Exkrece amoniaku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách příliš nelišila.

Opačná situace nastala pro skupiny krmených ryb. Zde došlo, pro skupinu ryb krmených kontinuálně, od 7:00 do 9:00 k nárůstu hodnot a od 9:00 do 11:00 k jejich mírnému poklesu. Od 11:00 do 13:00 došlo k nárůstu a od 13:00 do 15:00 k poklesu hodnot, od 15:00 hodnoty počaly opět narůstat a od 17:00 do 19:00 klesat. Od 19:00 hodnoty rostly až do 23:00. Od 23:00 hodnoty klesaly až do 3:00 následujícího dne. Opětovný vzrůst hodnot nastal po 3:00 s maximem v 5:00. Poté následoval pokles exkrece až do 7:00. Konkrétně pro skupiny s rybami krmenými kontinuálně se hodnoty vydaného amoniaku pohybovaly v rozmezí hodnot 1,68 až 24,17 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 7,18 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Maxima exkrece amoniaku pro krmené ryby nastala ve 13:00. Minima pak nastala převážně v nočních hodinách, kdy došlo k poklesu exkrece amoniaku u všech skupin.



Obr. 31. Variabilita průměrné exkrece amoniaku (TAN) u tilapie (65g) krmené 4x denně při teplotě 23, 27 a 31 °C. Černé čáry značí průběh u krmených (*ad-libitum*) a šedé u nekrmených ryb. Šedá šipka značí aplikaci krmiva, bílá světlou fází dne a černá temnostní fází.

Měření exkrece amoniaku vzhledem k managementu krmení pro teplotu 23°C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí nedocházelo k výrazným denním výkyvům jeho exkrece, tak jako u ryb krmených (Obr. 31). Exkrece amoniaku u nekrmených skupin, kterým bylo v předchozích dnech krmivo předkládáno 4× denně, se pohybovala v rozmezí 0,51 – 2,42 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 1,3 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Exkrece amoniaku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách příliš nelišila.

Opačná situace nastala pro skupiny krmených ryb. Zde nastával, pro skupinu ryb krmených 4× denně, od 7:00 až do 9:00 nárůst hodnot. Do 11:00 následoval pokles a následně opět nárůst hodnot až do 13:00. Další pokles nastal před 17:00. Od 17:00 až do 21:00 hodnoty narůstaly a od 21:00 do 23:00 opět klesaly. Od 23:00 do 1:00 dalšího dne hodnoty slabě vzrostly, pak následoval postupný pokles až do 7:00. Konkrétně pro skupiny s rybami krmenými 4×denně se hodnoty vydaného amoniaku pohybovaly v rozmezí 0 – 6,67 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 3,5 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Maxima exkrece amoniaku pro krmené ryby nastala pro skupinu ryb krmených 4× denně ve 21:00. Minima pak nastala převážně v nočních až dopoledních hodinách, kdy došlo k poklesu exkrece amoniaku u všech skupin.

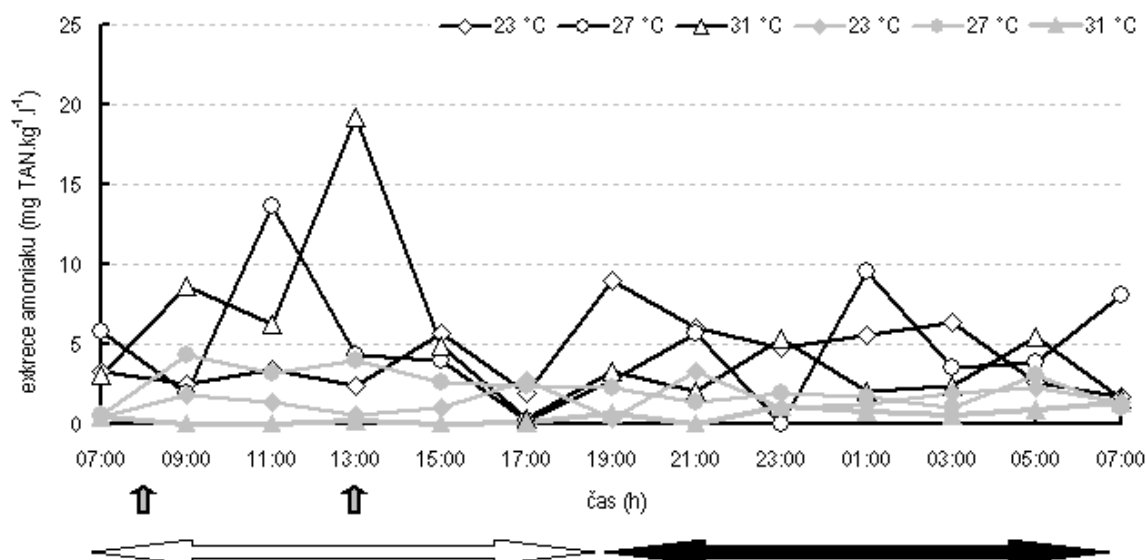
Měření exkrece amoniaku vzhledem k managementu krmení pro teplotu 27°C ukázalo,

že u nekrmených ryb všech velikostí nedocházelo k výrazným denním výkyvům jeho exkrece, tak jako u ryb krmených. Exkrece amoniaku u nekrmených skupin, kterým bylo v předchozích dnech krmivo předkládáno 4× denně, se pohybovala v rozmezí 0,94 – 2,43 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 1,65 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Exkrece amoniaku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách příliš nelišila.

Opačná situace nastala pro skupiny krmených ryb. Zde nastával, pro skupinu ryb krmených 4× denně, pokles hodnot exkrece amoniaku od 7:00 až do 9:00. Do 11:00 následoval nárůst a následně opět pokles hodnot až do 23:00. Od 23:00 do 1:00 dalšího dne hodnoty slabě vzrostly, pak následoval pokles až do 3:00 a postupný nárůst až do 7:00. Konkrétně pro skupiny s rybami krmenými 4× denně se hodnoty vydaného amoniaku pohybovaly v rozmezí 0,32 – 8,04 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 3,5 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Maxima exkrece amoniaku pro krmené ryby nastala pro skupinu ryb krmených 4× denně v 7:00 a v 11:00. Minima pak nastala převážně v nočních hodinách, kdy došlo k poklesu exkrece amoniaku u všech skupin.

Měření exkrece amoniaku vzhledem k managementu krmení pro teplotu 31 °C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí nedocházelo k výrazným denním výkyvům jeho výdeje, tak jako u ryb krmených. Exkrece amoniaku u nekrmených skupin, kterým bylo v předchozích dnech krmivo předkládáno 4× denně, se pohybovala v rozmezí 0 – 1,1 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 0,53 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Exkrece amoniaku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách příliš nelišila.

Opačná situace nastala pro skupiny krmených ryb. Zde nastával, pro skupinu ryb krmených 4× denně, od 7:00 až do 9:00 nárůst hodnot exkrece amoniaku. Do 11:00 následoval pokles a následně opět nárůst hodnot až do 13:00. Další pokles hodnot nastal před 15:00. Od 17:00 až do 19:00 hodnoty klesaly a od 19:00 do 23:00 opět narůstaly. Od 23:00 do 3:00 dalšího dne hodnoty slabě poklesly, pak následoval vzrůst do 5:00 a postupný pokles až do 7:00. Konkrétně pro skupiny s rybami krmenými 4× denně se hodnoty vydaného amoniaku pohybovaly v rozmezí 1,32 – 11,41 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 5,13 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Maxima exkrece amoniaku pro krmené ryby nastala pro skupinu ryb krmených 4× denně ve 13:00 a 17:00. Minima pak nastala převážně v nočních hodinách, kdy došlo k poklesu exkrece amoniaku u všech skupin.



Obr. 32. Variabilita průměrné exkrece amoniaku (TAN) u tilapie krmené 2x denně při teplotě 23, 27 a 31 °C. Černé čáry značí průběh u krmených (*ad-libitum*) a šedé u nekrmených ryb. Šedá šipka značí aplikaci krmiva, bílá světlou fází dne a černá temnostní fází.

Měření exkrece amoniaku vzhledem k managementu krmení pro teplotu 23°C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí nedocházelo k výrazným denním výkyvům jeho exkrece, tak jako u ryb krmených (Obr. 32). Exkrece amoniaku u nekrmených skupin, kterým bylo v předchozích dnech krmivo předkládáno 2× denně, se pohybovala v rozmezí od 0,33 do 3,32 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 1,53 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Exkrece amoniaku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách příliš nelišila.

Opačná situace nastala pro skupiny krmených ryb. Zde nastával, pro skupinu ryb krmených 2× denně, po 7:00 mírný pokles exkrece. Do 13:00 pak byly hodnoty exkrece amoniaku poměrně stabilní. Od 13:00 následoval nárůst s vrcholem v 15:00, následně do 17:00 pokles a od 17:00 do 19:00 opět nárůst. Po 19:00 následoval pozvolný pokles hodnot až do 23:00 a opětovný nárůst do 3:00 následujícího dne. Od 3:00 hodnoty klesaly. Konkrétně pro skupiny s rybami krmenými 2×denně se hodnoty vydaného amoniaku pohybovaly v rozmezí od 1,73 do 9,02 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 4,88 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Maxima exkrece amoniaku pro krmené ryby nastala pro skupiny ryb krmených 2× denně v 19:00. Minima pak nastala převážně v nočních až dopoledních hodinách, kdy došlo k poklesu exkrece amoniaku u všech skupin.

Měření exkrece amoniaku vzhledem k managementu krmení pro teplotu 27°C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí nedocházelo k výrazným denním výkyvům jeho

exkrece, tak jako u ryb krmených. Exkrece amoniaku u nekrmených skupin, kterým bylo v předchozích dnech krmivo předkládáno 2× denně, se pohybovala v rozmezí od 0,52 do 4,31 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 2,25 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Exkrece amoniaku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách příliš nelišila.

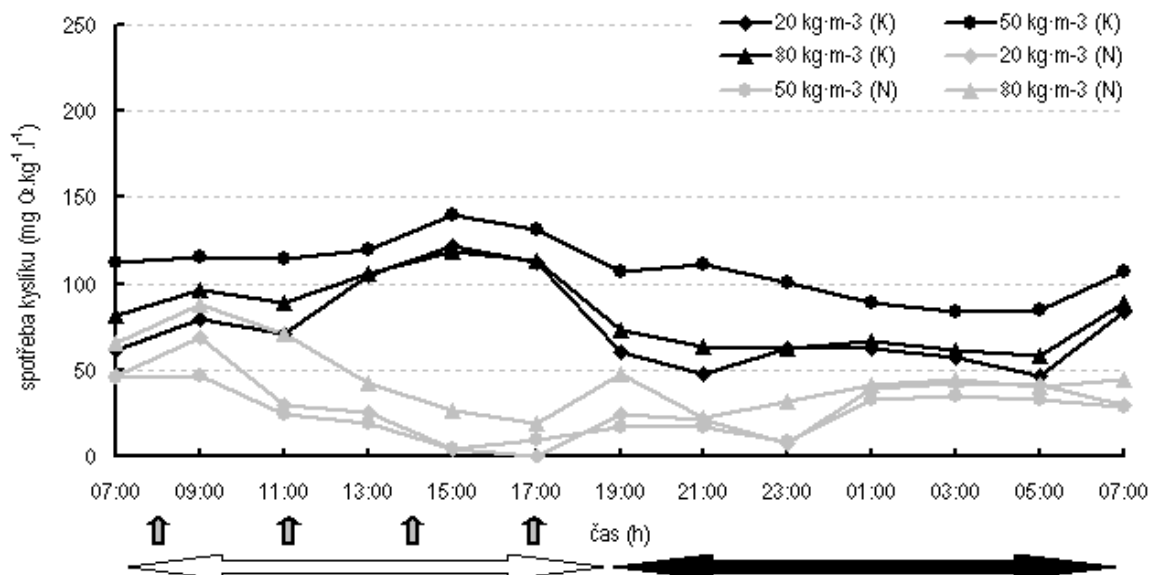
Opačná situace nastala pro skupiny krmených ryb. Zde nastával, pro skupinu ryb krmených 2× denně, po 7:00 mírný pokles exkrece. Do 11:00 pak hodnoty exkrece amoniaku narůstaly a od 11:00 do 17:00 klesaly. Od 17:00 do 21:00 následoval nárůst a od 21:00 do 23:00 opětovný pokles. Do 1:00 následujícího dne hodnoty exkrece opět vzrostly a do 3:00 znovu poklesly. Po 3:00 následoval až do 7:00 jejich nárůst. Konkrétně pro skupiny s rybami krmenými 2× denně se hodnoty vydaného amoniaku pohybovaly v rozmezí od 0 do 13,67 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 4,88 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Maxima exkrece amoniaku pro krmené ryby nastala pro skupiny ryb krmených 2× denně v 11:00. Minima pak nastala převážně v nočních hodinách, kdy došlo k poklesu exkrece amoniaku u všech skupin.

Měření exkrece amoniaku vzhledem k managementu krmení pro teplotu 31°C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí nedocházelo k výrazným denním výkyvům jeho exkrece, tak jako u ryb krmených. Exkrece amoniaku u nekrmených skupin, kterým bylo v předchozích dnech krmivo předkládáno 2× denně, se pohybovala v rozmezí od 0 do 1,31 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 0,48 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Exkrece amoniaku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách příliš nelišila.

Opačná situace nastala pro skupiny krmených ryb. Zde nastával, pro skupinu ryb krmených 2× denně, od 7:00 do 9:00 mírný, a od 11:00 do 13:00 prudký nárůst hodnot exkrece amoniaku. Od 13:00 následoval pokles do 17:00, následně od 17:00 opět nárůst do 19:00 a znovu pokles do 21:00. Od 21:00 do 23:00 následoval nárůst, poté pokles do 3:00 následujícího dne, poté do 5:00 nárůst a opět pokles hodnot. Konkrétně pro skupiny s rybami krmenými 2× denně se hodnoty vydaného amoniaku pohybovaly v rozmezí od 0,38 do 19,2 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 4,98 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Maxima exkrece amoniaku pro krmené ryby nastala pro skupiny ryb krmených 2× denně ve 13:00. Minima pak nastala převážně v nočních hodinách, kdy došlo k poklesu exkrece amoniaku u všech skupin.

5.3. Vliv chovné biomasy a teploty vody na metabolismus tilapie

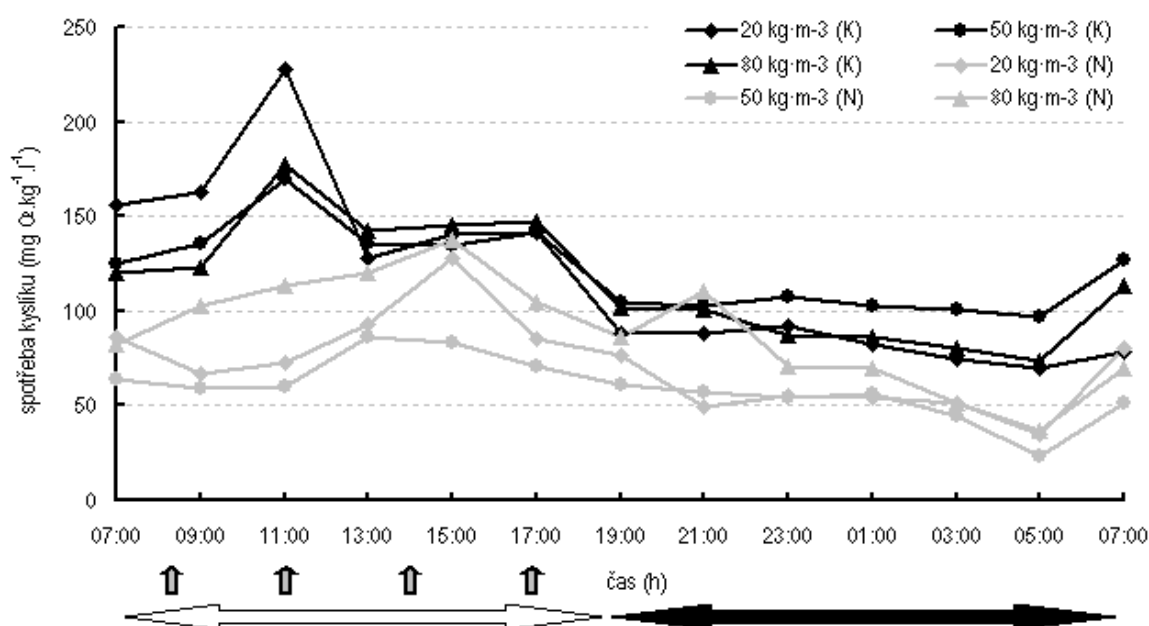
5.3.1. Denní variabilita spotřeby kyslíku



Obr. 33. Vliv chovné biomasy na denní variabilitu průměrné spotřeby kyslíku u tilapie chované při teplotě 23 °C. Černé čáry značí průběh u krmených (*ad-libitum*) a šedé u nekrmených ryb. Šedá šipka značí aplikaci krmiva, bílá světlou fází dne a černá temnostní fází.

Měření spotřeby kyslíku vzhledem k biomase chovaných ryb pro teplotu 23°C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí došlo k denním výkyvům jeho spotřeby, tak jako u ryb krmených, avšak u ryb nekrmených měl graf spotřeby kyslíku klesající tendence (Obr. 33). Nejvyšší míru spotřeby kyslíku vykazovaly pro ryby nekrmené skupiny ryb o biomase 80 kg × m⁻³, pro ryby krmené skupiny o biomase 50 kg × m⁻³. Spotřeba kyslíku pro nekrmené skupiny o biomase 20 kg × m⁻³ se pohybovala v rozmezí 0 až 68,9 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 29,4 mg×kg⁻¹×l⁻¹, pro skupiny o biomase 50 kg × m⁻³ v rozmezí 4,2 – 46,3 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 24,6 mg×kg⁻¹×l⁻¹, a pro skupiny o biomase 80 kg × m⁻³ v rozmezí 19,1 – 87,8 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 45 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Spotřeba kyslíku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách lišila, v nočních hodinách vykazovaly všechny skupiny nekrmených ryb vyšší spotřebu kyslíku, než přes den. U všech skupin nekrmených ryb po sedmé hodině ranní vzrostla spotřeba kyslíku, ovšem jen do hodiny deváté, poté následoval pokles spotřeby s minimem v 15:00 – 17:00 hodin. Od této doby hodnota spotřeby kyslíku znovu narůstala.

Opačná situace nastala pro skupiny krmených ryb. Zde nastával v době po sedmé hodině až do hodiny patnácté nárůst spotřeby kyslíku pro všechny velikosti ryb, od patnácté hodiny následoval pokles, který trval až do páté hodiny ranní následujícího dne. Konkrétně pro skupiny o biomase $20 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ se hodnoty spotřebovaného kyslíku pohybovaly v rozmezí od 47 do $121,7 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $74,7 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, pro skupiny o biomase $\text{kg} \times \text{m}^{-3}$ v rozmezí $83,2 - 139,8 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $108,9 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, a pro skupiny ryb o biomase $80 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ v rozmezí hodnot $58,5$ až $118,8 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $110,8 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Maxima spotřeby kyslíku pro krmené ryby nastala v 15:00 hodin, minima pak v nočních hodinách, kdy došlo k poklesu spotřeby kyslíku pro všechny skupiny.

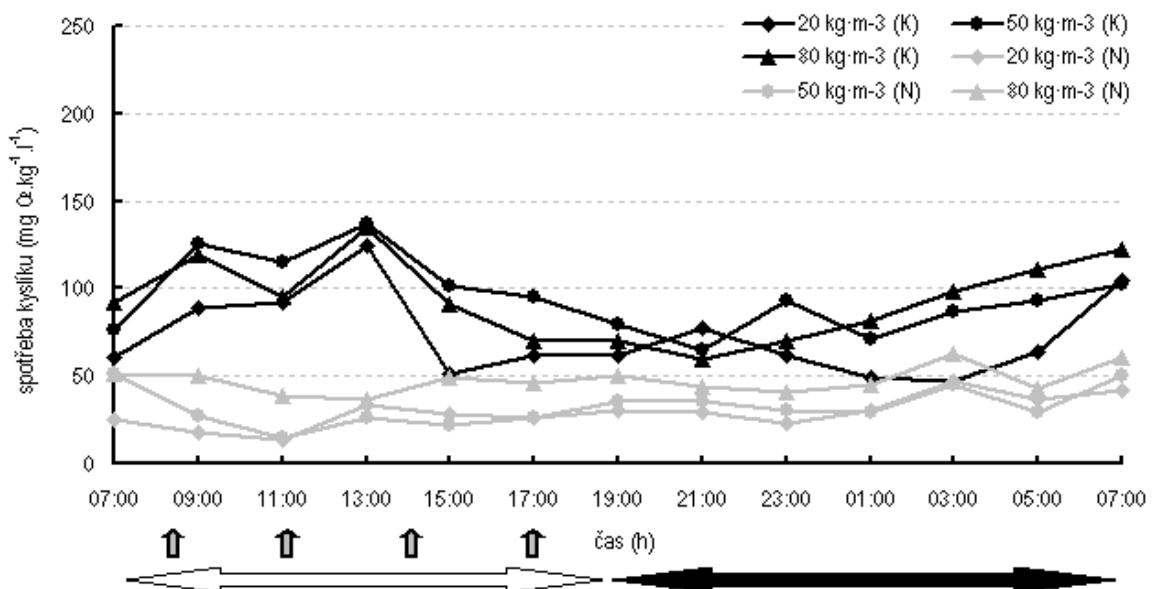


Obr. 34. Vliv chovné biomasy na denní variabilitu průměrné spotřeby kyslíku u tilapie chované při teplotě 27°C . Černé čáry značí průběh u krmených (*ad-libitum*) a šedé u nekrmených ryb. Šedá šipka značí aplikaci krmiva, bílá světlou fází dne a černá temnostní fází.

Měření spotřeby kyslíku vzhledem k biomase chovaných ryb pro teplotu 27°C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí došlo k denním výkyvům jeho spotřeby, tak jako u ryb krmených, avšak u ryb nekrmených měl graf spotřeby kyslíku od 15:00 klesající tendence až do 5:00 (Obr. 34). Nejvyšší míru spotřeby kyslíku vykazovaly, pro ryby nekrmené, skupiny ryb o biomase $80 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$, pro ryby krmené skupiny tuto skutečnost nelze s jistotou určit. Spotřeba kyslíku pro nekrmené skupiny o biomase $20 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ se pohybovala v rozmezí $35,3 - 127,6 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $71,8 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, pro

skupiny o biomase $50 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ v rozmezí $23 - 85,9 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $59,2 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, a pro skupiny o biomase $80 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ v rozmezí $36,5 - 137,2 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $88,8 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Spotřeba kyslíku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách lišila, v nočních hodinách vykazovaly všechny skupiny nekrmených ryb nižší spotřebu kyslíku, než přes den. U všech skupin nekrmených ryb po 7:00 vzrostla spotřeba kyslíku, ovšem jen do 13:00 – 15:00, poté následoval pokles spotřeby s minimem v 5:00 hodin. Od této doby hodnota spotřeby kyslíku znovu narůstala.

Obdobná situace nastala pro skupiny krmených ryb. Zde nastával v době po 7:00 hodině až do 11:00 nárůst spotřeby kyslíku pro všechny velikosti ryb, od 11:00 následoval pozvolný pokles, který trval, s výjimkou nevýrazného zvýšení spotřeby v 17:00, až do 5:00 následujícího dne. Konkrétně pro skupiny o biomase $20 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ se hodnoty spotřebovaného kyslíku pohybovaly v rozmezí od 69,9 do $227,8 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $117,6 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, pro skupiny o biomase $50 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ v rozmezí $97,1 - 169,7 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $122 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, a pro skupiny ryb o biomase $80 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ v rozmezí hodnot $73,6$ až $177,8 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $115,3 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Maxima spotřeby kyslíku pro krmené ryby nastala v 11:00 hodin, minima pak v nočních hodinách, kdy došlo k poklesu spotřeby kyslíku pro všechny skupiny.

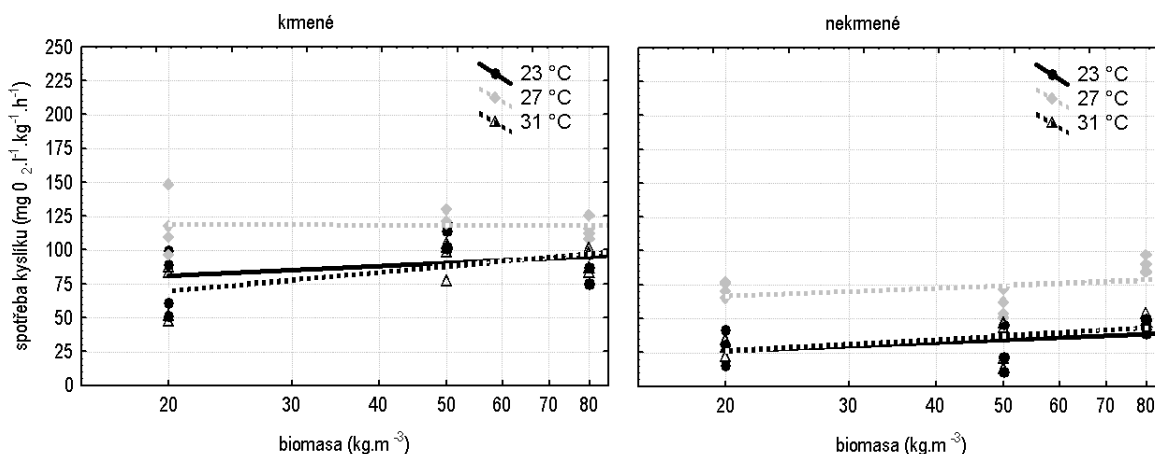


Obr. 35. Vliv chovné biomasy na denní variabilitu průměrné spotřeby kyslíku u tilapie chované při teplotě 31 °C. Černé čáry značí průběh u krmených (*ad-libitum*) a šedé u nekrmených ryb. Šedá šipka značí aplikaci krmiva, bílá světlou fází dne a černá temnostní fází.

Měření spotřeby kyslíku vzhledem k biomase chovaných ryb pro teplotu 31°C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí došlo k denním výkyvům spotřeby, tak jako u ryb krmených, avšak u ryb nekrmených měl graf spotřeby kyslíku od 7:00 klesající a od 11:00 rostoucí tendence (Obr. 35). Nejvyšší míru spotřeby kyslíku vykazovaly pro ryby nekrmené skupiny ryb o biomase $80 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$, pro ryby krmené nelze s jistotou určit, zda vyšší míru spotřeby vykazovala skupina o biomase 50 či $80 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$. Spotřeba kyslíku pro nekrmené skupiny o biomase $20 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ se pohybovala v rozmezí $13,6$ až $46,6 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $28,6 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, pro skupiny o biomase $50 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ v rozmezí $14,8$ – $50,9 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $30,9 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, a pro skupiny o biomase $80 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ v rozmezí $36,5$ – $62,7 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $47,5 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Spotřeba kyslíku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách lišila jen málo, v nočních hodinách vykazovaly všechny skupiny nekrmených ryb téměř nezatelně vyšší spotřebu kyslíku, než přes den. U všech skupin nekrmených ryb po 7:00 poklesla spotřeba kyslíku, ovšem jen do 11:00 – 13:00, poté následoval vzestup spotřeby s maximem ve 3:00. Od této doby hodnota spotřeby kyslíku znovu klesala.

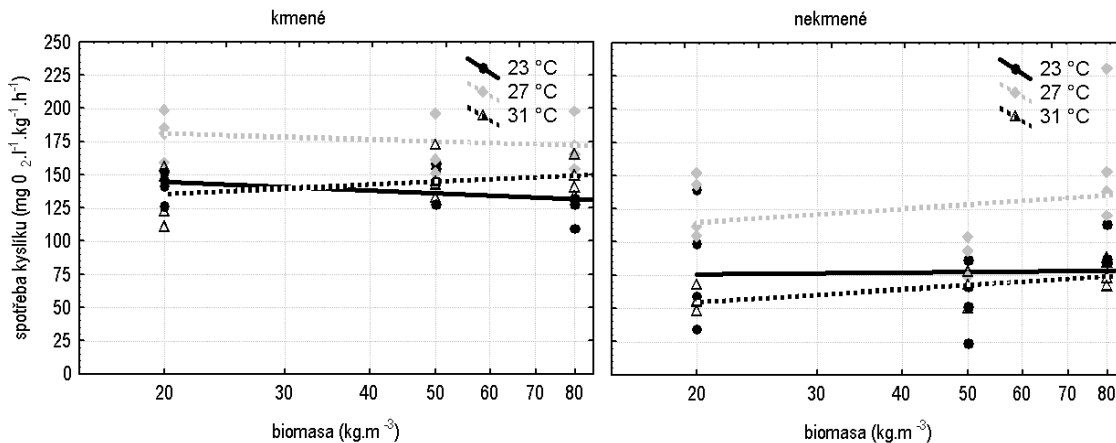
Opačná situace nastala pro skupiny krmených ryb. Zde nastával v době po 7:00 hodině až do 9:00 nárůst spotřeby kyslíku pro všechny velikosti ryb, do 11:00 následoval pozvolný pokles, a do 13:00 opětovný nárůst. Po 13:00 následoval pokles, který trval, s výjimkou nevýrazného zvýšení spotřeby u skupin o biomase $20 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ v 17:00, až do 21:00. Do 23:00 došlo ke zvýšení spotřeby kyslíku, avšak do dvou hodin se spotřeba pro skupiny o biomasách 20 a $50 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ opět snížila a po 1:00 následoval opět nárůst. Pro skupiny o biomase $80 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ následoval od 23:00 až do 7:00 nárůst spotřeby kyslíku. Pro skupiny o biomase $20 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ se hodnoty spotřebovaného kyslíku pohybovaly v rozmezí od $46,9$ do $124,6 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $67,2 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, pro skupiny o biomase $50 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ v rozmezí $65,2$ – $137,3 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $95,7 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, a pro skupiny ryb o biomase $80 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ v rozmezí hodnot $60,1$ až $135,4 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $92,3 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Maxima spotřeby kyslíku pro krmené ryby nastala ve 13:00 hodin, minima pak v nočních hodinách.

5.3.2. Vztah mezi chovnou biomasou, teplotou vody a spotřebou kyslíku



Obr. 36, 37. Závislost průměrné denní spotřeby kyslíku na chovné biomase a teplotě vody u krmených a nekrmených tilápií.

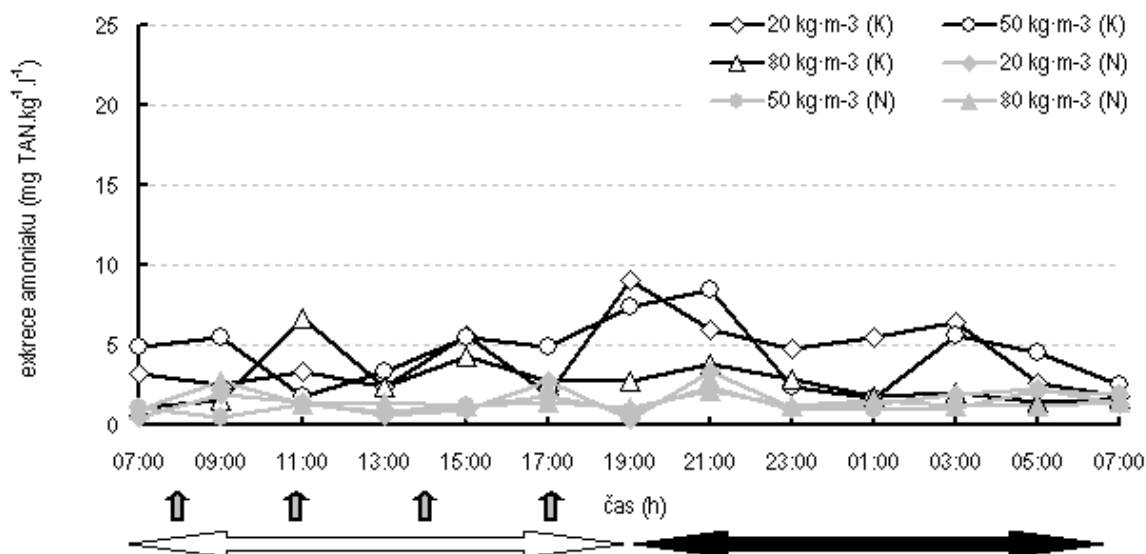
Závislost průměrné denní spotřeby kyslíku na chovné biomase a teplotě vody měla v rozmezí testovaných hmotnostních skupin vzrůstající tendenci pro krmené i nekrmené ryby.



Obr. 38, 39. Závislost maximální denní spotřeby kyslíku na chovné biomase a teplotě vody u krmených a nekrmených tilápií.

Závislost maximální denní spotřeby kyslíku na chovné biomase a teplotě vody měla v rozmezí testovaných hmotnostních skupin krmených ryb (Obr. 38) klesající tendenci pro teploty 23 °C i 27 °C a vzrůstající tendenci pro teplotu 31 °C. U skupin nekrmených ryb (Obr. 39) měla závislost denní spotřeby kyslíku rostoucí tendenci pro všechny teploty.

5.3.3. Denní variabilita exkrece amoniaku (TAN)

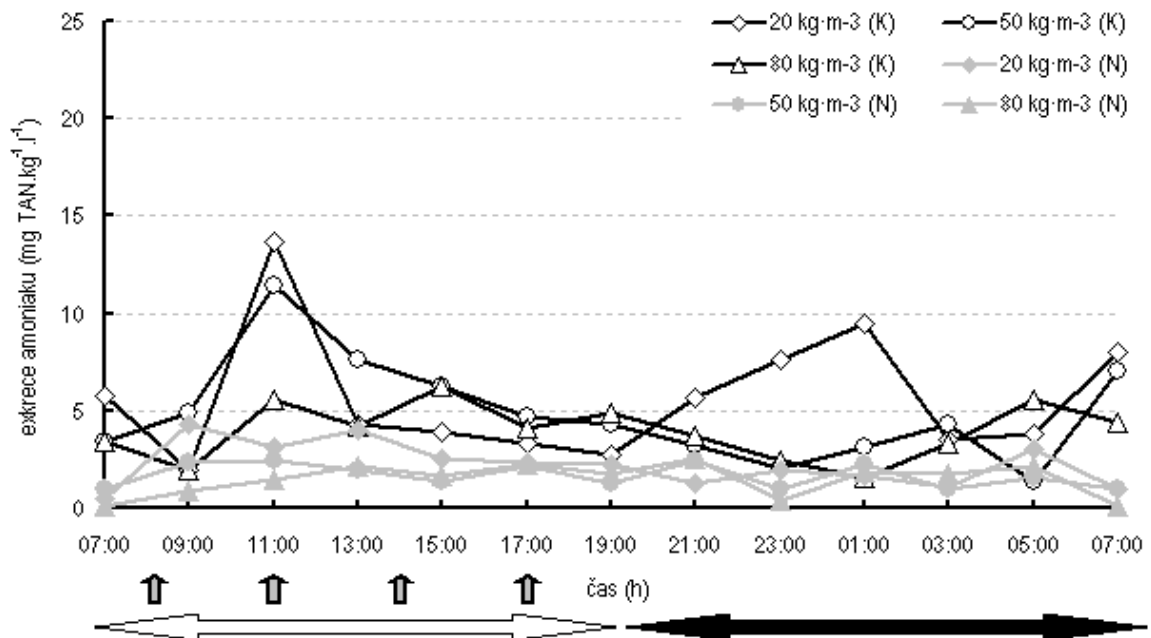


Obr. 40. Vliv chovné biomasy na denní variabilitu exkrece amoniaku u tilapie chované při teplotě 23 °C. Černé čáry značí průběh u krmených (*ad-libitum*) a šedé u nekrmených ryb. Šedá šipka značí aplikaci krmiva, bílá světlou fází dne a černá temnostní fází.

Měření exkrece amoniaku vzhledem k biomase jednotlivých skupin pro teplotu 23°C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí nedocházelo k výrazným denním výkyvům jeho exkrece, tak jako u ryb krmených (Obr. 40). Nejvyšší míru exkrece amoniaku vykazovaly skupiny ryb o biomase 50 kg × m⁻³ pro krmené jedince. U nekrmených skupin nelze tuto skutečnost s určitostí označit. Exkrece amoniaku u nekrmených skupin o biomase 20 kg × m⁻³ se pohybovala v rozmezí od 0,33 do 3,32 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 1,53 mg×kg⁻¹×l⁻¹, pro skupiny o biomase 50 kg × m⁻³ v rozmezí 0,51 – 2,42 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 1,3 mg×kg⁻¹×l⁻¹, a pro skupiny o biomase 80 kg × m⁻³ v rozmezí 0,97 – 2,74 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 1,48 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Exkrece amoniaku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách příliš nelišila.

Opačná situace nastala pro skupiny krmených ryb. Zde nastával, pro skupinu ryb o biomase 20 kg × m⁻³, po 7:00 mírný pokles exkrece. Do 13:00 pak byly hodnoty exkrece amoniaku poměrně stabilní. Od 13:00 následoval nárůst s vrcholem v 15:00, následně do 17:00 pokles a od 17:00 do 19:00 opět nárůst. Po 19:00 následoval pozvolný pokles hodnot až do 7:00 následujícího dne. Pro skupiny ryb o biomase 50 kg × m⁻³ hodnoty exkrece amoniaku klesaly od 7:00 až do 11:00. Od 11:00 následoval pozvolný růst s vrcholem ve 21:00. Od 21:00 do 1:00 dalšího dne hodnoty klesaly, do 3:00 následoval růst a od 3:00

jejich pozvolný pokles. Pro skupiny ryb o biomase $80 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ došlo od 9:00 do 11:00 k růstu hodnot, od 11:00 pokles a následně stabilizování hodnot exkrece až do vzrůstu ve 3:00. Poté následoval pokles exkrece až do 7:00 následujícího dne. Konkrétně pro skupiny s rybami o biomase $20 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ se hodnoty vydaného amoniaku pohybovaly v rozmezí od 1,73 do $9,02 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $4,25 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, pro skupiny o biomase rozmezí 1,68 – $8,48 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $4,48 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, a pro skupiny ryb o biomase $80 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ v rozmezí hodnot 1,1 až $6,68 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $2,68 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Maxima exkrece amoniaku pro krmené ryby nastala pro skupinu o biomase $20 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ v 19:00, pro skupinu o biomase $50 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ ve 21:00, a pro skupinu o biomase $80 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ v 11:00 a 3:00. Minima pak nastala převážně v nočních hodinách, kdy došlo k poklesu exkrece amoniaku u všech skupin.

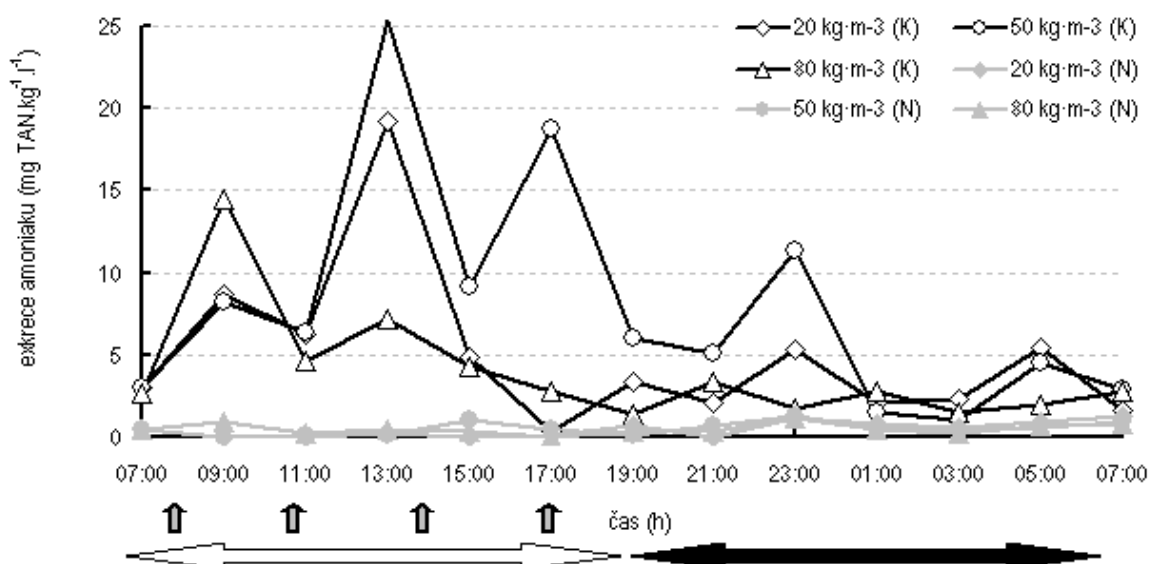


Obr. 41. Vliv chovné biomasy na denní variabilitu exkrece amoniaku u tilapie chované při teplotě $27 \text{ }^\circ\text{C}$. Černé čáry značí průběh u krmených (*ad-libitum*) a šedé u nekrmených ryb. Šedá šipka značí aplikaci krmiva, bílá světlou fází dne a černá temnostní fází.

Měření exkrece amoniaku vzhledem k biomase jednotlivých skupin pro teplotu 27°C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí nedocházelo k výrazným denním výkyvům jeho exkrece, tak jako u ryb krmených (Obr. 41). Nejvyšší míru exkrece amoniaku vykazovaly skupiny ryb o biomase $50 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ pro krmené jedince. U nekrmených skupin nelze tuto skutečnost s určitostí označit. Exkrece amoniaku u nekrmených skupin o

biomase $20 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ se pohybovala v rozmezí od 0,52 do 4,31 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 2,25 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, pro skupiny o biomase $50 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ v rozmezí 0,94 – 2,43 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 1,65 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, a pro skupiny o biomase $80 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ v rozmezí 0,36 – 2,56 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 1,45 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Exkrece amoniaku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách příliš nelišila.

Opačná situace nastala pro skupiny krmených ryb. Zde nastával, pro skupinu ryb o biomase $20 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$, po 7:00 mírný pokles exkrece. Od 9:00 do 11:00 pak hodnoty vyprodukovaného amoniaku prudce vzrostly. Po 11:00 následoval pokles trvajících až do 19:00. Po 19:00 hodnoty počaly opět narůstat až do 1:00 následujícího dne. Poté následoval pokles hodnot až do 3:00 a opětovný nárůst až do 7:00. Pro skupiny ryb o biomase $50 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ hodnoty exkrece amoniaku rostly od 7:00 až do 11:00. Od 11:00 následoval pozvolný pokles až do 23:00. Od 23:00 hodnoty narůstaly až do 3:00, poté následoval pokles exkrece do 5:00 a opět nárůst. Pro skupiny ryb o biomase $80 \text{ kg} \times (\text{m}^3)^{-1}$ došlo od 9:00 do 11:00 k růstu hodnot, od 11:00 pokles do 13:00 a následně nárůst do 15:00. Od 15:00 hodnoty klesaly až do 1:00 následujícího dne. Od 1:00 hodnoty opět narůstaly až do 5:00. Poté následoval pokles exkrece až do 7:00 následujícího dne. Konkrétně pro skupiny s rybami o biomase $20 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ se hodnoty vydaného amoniaku pohybovaly v rozmezí od 1,98 do 13,67 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 4,88 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, pro skupiny o biomase $50 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ v rozmezí 1,35 – 11,39 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 4,7 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, a pro skupiny ryb o biomase $80 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ v rozmezí hodnot 1,55 až 6,22 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru 3,73 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Maxima exkrece amoniaku pro krmené ryby nastala pro skupinu o biomase $20 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ v 11:00, pro skupinu o biomase $50 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ v 11:00, a pro skupinu o biomase $80 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ v 15:00. Minima pak nastala převážně v nočních hodinách, kdy došlo k poklesu exkrece amoniaku u všech skupin.



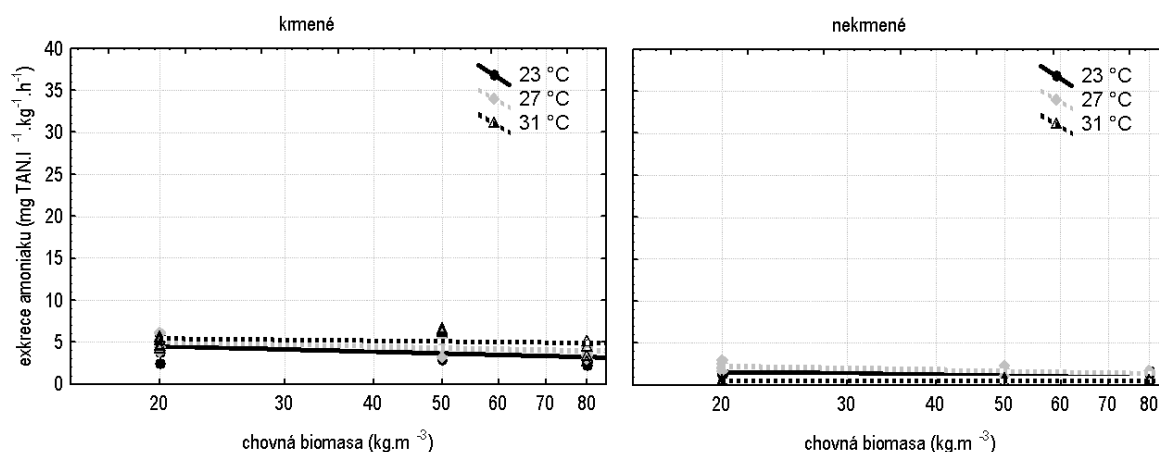
Obr. 42. Vliv chovné biomasy na denní variabilitu exkrece amoniaku u tilapie chované při teplotě 31 °C. Černé čáry značí průběh u krmených (*ad-libitum*) a šedé u nekrmených ryb. Šedá šipka značí aplikaci krmiva, bílá světlou fází dne a černá temnostní fází.

Měření exkrece amoniaku vzhledem k biomase jednotlivých skupin pro teplotu 31°C ukázalo, že u nekrmených ryb všech velikostí nedocházelo k výrazným denním výkyvům jeho exkrece, tak jako u ryb krmených (Obr. 42). Nejvyšší míru exkrece amoniaku vykazovaly skupiny ryb o biomase 50 kg × m⁻³ pro krmené jedince. U nekrmených skupin nelze tuto skutečnost s určitostí označit. Exkrece amoniaku u nekrmených skupin o biomase 20 kg × m⁻³ se pohybovala v rozmezí od 0 do 1,31 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 0,48 mg×kg⁻¹×l⁻¹, pro skupiny o biomase 50 kg × m⁻³ v rozmezí 0 – 1,32 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 0,53 mg×kg⁻¹×l⁻¹, a pro skupiny o biomase 80 kg × m⁻³ v rozmezí 0 – 1,18 mg×kg⁻¹×l⁻¹ – v průměru 0,48 mg×kg⁻¹×l⁻¹. Exkrece amoniaku se pro nekrmené ryby v denních a nočních hodinách příliš nelišila.

Opačná situace nastala pro skupiny krmených ryb. Zde nastával, pro skupinu ryb o biomase 20 kg × m⁻³, po 7:00 vzestup exkrece, po 9:00 pak mírný pokles a po 11:00 nárůst trvající až do 13:00. Od 13:00 následoval pokles až do 17:00, po 17:00 opět nárůst a snásledná stabilizace hodnot až do 7:00 následujícího dne. Pro skupiny ryb o biomase 50 kg × m⁻³ hodnoty exkrece amoniaku klesaly od 7:00 až do 11:00. Od 11:00 následoval růst s vrcholem ve 13:00. Od 13:00 do 15:00 hodnoty klesaly, od 15:00 do 17:00 opět rostly. Po 17:00 následoval pokles až do 21:00. Od 21:00 do 23:00 následoval nárůst, pak znovu pokles a stabilizace hodnot až do 7:00 následujícího dne. Pro skupiny ryb o biomase 80 kg × m⁻³ došlo od 7:00 do 9:00 k růstu hodnot, od 9:00 pokles a následně opět vzrůst od 11:00

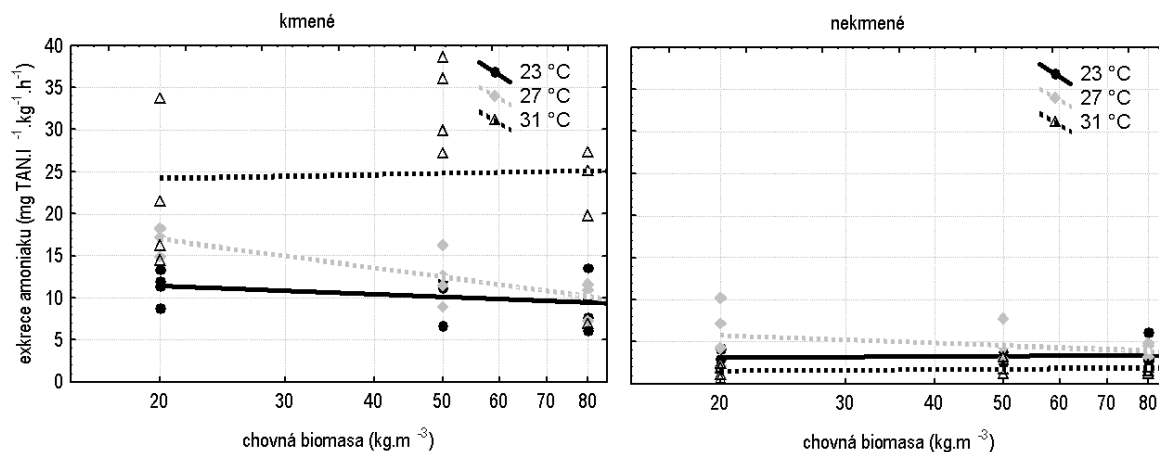
do 13:00. Další pokles byl zaznamenán v následujících několika hodinách a končil v 19:00. Od 19:00 do 7:00 následujícího dne nevykázaly hodnoty exkrece amoniaku výrazné rostoucí, ani klesající tendence. Konkrétně pro skupiny s rybami o biomase $20 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ se hodnoty vydaného amoniaku pohybovaly v rozmezí od 0,38 do $19,2 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $4,98 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, pro skupiny o biomase $50 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ v rozmezí 1 – $25,3 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $9,03 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, a pro skupiny ryb o biomase $80 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ v rozmezí hodnot 1,44 až $14,43 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$ – v průměru $3,95 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$. Maxima exkrece amoniaku pro krmené ryby nastala pro skupinu o biomase $20 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ ve 13:00, pro skupinu o biomase $50 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ ve 13:00, a pro skupinu o biomase $80 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$ v 9:00. Minima pak nastala převážně v nočních hodinách, kdy došlo k poklesu exkrece amoniaku u všech skupin.

5.3.4. Vztah mezi chovnou biomasou, teplotou vody a exkrecí amoniaku (TAN)



Obr. 43, 44. Závislost průměrné denní exkrece amoniaku na chovné biomase a teplotě vody u krmených a nekrmených tilápií.

Závislost průměrné denní exkrece amoniaku na chovné biomase a teplotě vody měla v rozmezí testovaných hmotnostních skupin klesající tendenci pro krmené (Obr. 43) i nekrmené ryby (Obr. 44).



Obr. 45, 46. Závislost maximální denní exkrece amoniaku na chovné biomase a teplotě vody u krměných a nekrmených tilápií.

Závislost maximální denní exkrece amoniaku na chovné biomase a teplotě vody měla v rozmezí testovaných hmotnostních skupin klesající tendenci pro krměné skupiny ryb (Obr. 45) při 23 °C a 27 °C, pro teplotu 31 °C byla tendence mírně rostoucí. Pro nekrmené ryby (Obr. 46) vykazovala exkrece amoniaku rostoucí tendenci při teplotě 23 °C a 31 °C, klesající při teplotě 27 °C.

5.4. Výsledná biomasa v jednotlivých nádržích

Při ukončení pokusu byly v jednotlivých nádržích zjištěny následující přitůstky biomasy (Tab. 1 a 2).

Tabulka 2. Hodnoty přírůstku biomasy ryb pro nádrže 1 - 8

| Č. nádrže | 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Biomasa + (kg × m ⁻³) | 3,94 | 5,78 | 9,98 | 6,26 | 8,26 | 4,78 | 3,46 |

Tabulka 3. Hodnoty přírůstku biomasy ryb pro nádrže 9 - 24

| Č. nádrže | 9 | 10 | 11 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|-----------------------------------|------|------|-----|------|------|------|------|
| Biomasa + (kg × m ⁻³) | 7,98 | 8,72 | 7,8 | 8,28 | 5,24 | 3,98 | 2,12 |

6. Diskuze

Tato práce se zabývá vlivem teploty, chovné biomasy, hmotnosti ryb a managementu krmení na metabolismus tilapie nilské, přičemž hlavními ukazateli míry metabolismu je spotřeba kyslíku a exkrece amoniaku (TAN), jakožto hlavního odpadního produktu.

Výsledky této práce ukázaly nejnížší spotřebu kyslíku u největších ryb (140 g) a naopak nejvyšší spotřebu kyslíku u ryb nejmenších (25 g), což potvrzuje informace, které publikovali Mishrigi a Kubo (1978). V experimentu byla mimo jiné ověřena schopnost tilapie adaptovat se na nepříznivé kyslíkové podmínky (Kutty, 1972; Pullin a Lowe-McConnell, 1982). Hodnoty koncentrace kyslíku klesaly, obzvláště při teplotě 31°C, pod kritickou hodnotu $3 \text{ mg} \times \text{l}^{-1}$ (Miller, 1995), a při teplotách 27°C a 31°C pod koncentraci kyslíku pro chov tilapie s cílem optimálního růstu, což je $5 \text{ mg} \times \text{l}^{-1}$ (Rakocy, 1989; Greiner a Timmons, 1998). Během experimentu se minimální dosažené koncentrace kyslíku pohybovaly v rozmezí 0,2 – 0,3 $\text{mg} \times \text{l}^{-1}$. Hodnoty spotřebovaného kyslíku byly do jisté míry ovlivněny fotoperiodou, což potvrzuje De Silva a kol. (1995).

Rakocy (1989) uvádí, že produkce amoniaku závisí na kvalitě krmiva, četnosti krmení, velikosti ryb a kvalitě vody, což tento experiment potvrdil, stejně tak jako tvrzení Kuttyho a Mohameda (1981) ohledně zvyšování exkrece amoniaku spolu s rostoucí teplotou vodního prostředí. Výsledky této práce ukázaly, že na exkreci amoniaku má vliv mimo teploty i velikost ryb v tom smyslu, že menší ryby vykazují vyšší míru exkrece amoniaku, což potvrzuje obecnou poučku o výkonnějším metabolismu malých živočichů. Vliv chovné biomasy na exkreci amoniaku nebyl dostatečně prokázán, pokud pomineme mírně se snižující trend průměrných hodnot exkrece pro zvyšující se biomasu v nádržích. Management krmení měl vliv pouze na dočasná zvýšení exkrece amoniaku v průběhu dne, avšak na průměrnou hodnotu vydaného amoniaku během dne vliv neměl. Na produkci amoniaku měl vliv obsah proteinů v předkládaném granulovaném krmivu (34%). Toto krmivo i obsah proteinů by podle Riche a Garlinga (2003) mělo vyhovovat rybám od velikosti 40 g, avšak bylo svojí konzistencí méně vhodné pro ryby o nižší hmotnosti. Rakocy (1989) uvádí, že ryby o hmotnosti 100 kg v průměru vyprodukují 22 g amoniaku denně, tedy po přepočtu $9 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{hod}^{-1}$, avšak nejsou zde známy hodnoty ve vztahu k průtoku jednotlivými nádržemi. Pokud porovnáme tento údaj s hodnotami naměřenými v pokusu, které se, ve vztahu ke hmotnosti jednotlivých ryb, pohybovaly mezi 3 – 10 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, a ve vztahu k počáteční biomase v rozmezí 3 – 6 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{l}^{-1}$, dojdeme k závěru, že by se jednotky, ve kterých je hodnocen Rakocyho (1989) i tento pokus, mohly

rovnat, a tudíž označit jeden z výsledků tohoto experimentu za potvrzený výsledkem obdobného pokusu Rakocyho (1989). Podle Kuttyho a Mohameda (1981) lze posoudit exkreci amoniaku pro teplotu 31°C za různého stupně nasycení vody kyslíkem. Výše zmínění autoři určili, že pro teplotu 30°C a 100% nasycení kyslíkem se hodnoty exkrece amoniaku pohybovaly kolem $5,59 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{hod}^{-1}$, pro nasycení kyslíkem kolem $1,5 - 2 \text{ mg} \times \text{l}^{-1}$ byly hodnoty exkrece amoniaku stanoveny na $12,04 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{hod}^{-1}$. Vzhledem k jednotkám zde vznikl stejný problém jako u jednotek, které udává Rakocy (1989), avšak po porovnání jednotlivých situací lze říci, že hodnoty exkrece amoniaku pro ryby chované za nízké koncentrace kyslíku $1,5 - 2 \text{ mg} \times \text{l}^{-1}$ ve vodě o teplotě 30°C, téměř odpovídají hodnotám z mého pokusu pro ryby o hmotnosti 25 g chované při teplotě 31°C a za koncentrace kyslíku pod kritickou hranicí $3 \text{ mg} \times \text{l}^{-1}$.

Jako optimální teplota pro chov tilapie je uváděna teplota 25 °C (Fryer a Illes, 1972) až 33,5°C, nejlépe však 28,5°C (Badenhuizen, 1967). Zde došlo při experimentu k částečnému, avšak nikoliv naprosto přesnému potvrzení této skutečnosti. Rakocy (1989) udává pro aktivní tilapie chované za průtoku $23 - 45,5 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$ při teplotě 28 – 29°C průměrnou hodnotu spotřeby kyslíku po přepočtení $300 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{hod}^{-1}$. Této hodnotě se v tomto experimentu blíží pouze maximální naměřené hodnoty kyslíku pro ryby o kusové hmotnosti 25 g chované při teplotě 27°C. Více už naměřeným hodnotám odpovídají výsledky, které udává Iwama a kol. (1997), a to $200 \text{ mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{hod}^{-1}$. Mishrigi a Kubo (1978) určili i vliv rostoucí teploty na navýšení spotřeby kyslíku různými velikostmi tilapií. Tento fakt byl experimentem potvrzen, a současně lze z porovnání prací usoudit, že zvýšení teploty vody být o jediný stupeň, znamená pro aktivní ryby zásadní zvýšení spotřeby kyslíku. Jako příklad poslouží měření z experimentu výše uvedených autorů, provedené pro neaktivní ryby o hmotnostech 20, 60 a 180 g, chované při teplotě 26°C, které spotřebovaly kyslík o hodnotách 130, 80 a 50 $\text{mg} \times \text{kg}^{-1} \times \text{hod}^{-1}$ a dále neaktivní ryby o shodné hmotnosti chované při teplotě 20°C. Pro srovnání byly z mého pokusu využity hodnoty spotřeby kyslíku pro nekrmené ryby o hmotnostech 25, 65 a 140 g chované při teplotě 27°C, a ryby o shodných hmotnostech chované při teplotě 23°C. Hodnoty spotřebovaného kyslíku vykazovaly obdobně klesající tendenci a příliš se nelišily od hodnot z výše uvedeného pokusu. Hodnoty pro aktivní ryby byly, obzvláště pro teplotu 26°C, vyšší – snad z důvodu nižších hodnot pokusných ryb v práci Mishrigiho a Kubo (1978). Teplota měla vliv i na konzumaci krmiva. Podle Chervinskiho (1982) a Rakocyho (1989) se růst tilapií zastavuje při hodnotě 20°C z důvodu zastavení příjmu potravy. Zde došlo při teplotě 23° ke snížení hmotnosti zkonsumovaného krmiva pro všechny skupiny pokusných

ryb. Je možné, že při ověřování vlivu chovné biomasy, hmotnosti ryb a managementu krmení na metabolismus tilapie pro teplotu 31°C, došlo u ryb k využití tzv. „recovery metabolism“ (Kutty, 1972). Tuto skutečnost by potvrzoval fakt, že v nádržích došlo k poklesu nasycení vody kyslíkem, avšak pokusné ryby byly schopny se s tímto dlouhodobým poklesem vyrovnat a i nadále přijímaly krmivo, k jehož stravení je třeba energie. Je tedy možné, že pokusné ryby získávaly energii jinak než pomocí glykolytické dráhy.

Management krmení mohl mít vliv na výslednou hmotnost ryb. Ryby krmené dvakrát denně vykázaly vyšší nárůst produkce než skupiny ryb krmené čtyřikrát denně, ač byly do nádrží nasazeny v biomase 2,5 krát nižší (Tab. 2). Výsledná produkce ryb krmených kontinuálně byla vyšší než u ryb krmených čtyřikrát denně (Tab. 3). Situace v tomto případě vyvolává otázku, zda by u ryb krmených dvakrát denně vzrostla s navýšením počáteční chovné biomasy i celková produkce. Otázka vlivu managementu krmení na produkci se v tomto případě neshoduje s tvrzením Riche a kol. (2003), jehož pokusné ryby krmené 3× a 5× denně zkonsumovaly stejnou hmotnost krmiva, avšak ryby krmené 3× denně vykázaly vyšší efektivnost růstu. Jako optimální dle pokusu vycházela 4 krmení denně v rozmezí 4-5 hodin (Riche, 2003), což naprosto neodpovídá výsledkům tohoto experimentu.

7. Závěr

Ze získaných výsledků lze vyvodit následující závěry. Spotřeba kyslíku i exkrece amoniaku se u tilápie, podobně jako u jiných druhů ryb, zvyšovala se snižující se individuální hmotností ryb. Pro krmené ryby byla exkrece amoniaku i spotřeba kyslíku vždy vyšší než pro ryby nekrmené. Spotřeba kyslíku je nejvyšší při teplotě blízké optimu pro příjem krmiva (27 °C) a při teplotách vyšších (23 °C) a nižších (31 °C) byla se snižovala . S rostoucí teplotou se zvyšovala exkrece amoniaku pro krmené i nekrmené ryby. Management krmení neměl vliv na průměrnou denní hodnotu exkrece amoniaku či spotřeby kyslíku. Rovněž vliv chovné biomasy na metabolismus (spotřebu kyslíku, exkrece amoniaku) u tilápií nebyl prokázán.

Naměřené hodnoty spotřeby kyslíku a produkce amoniaku mohou být využity jako vodítko při plánování kapacity biofiltrů a kyslíkového hospodářství v recirkulačních systémech.

Tato problematika představuje natolik široké téma, že bude nutno ještě mnoho experimentů na její úplné objasnění.

8. Přehled použité literatury

- Adámek, Z. (1994): Letní chov tilapie a sumečka afrického v rybnících, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, Vodňany.
- Ahmed, N., Magid, A. (1968): Oxygen consumption in *Tilapia nilotica* (L.), *Hydrobiologia* 33 (3-4), 513-522.
- Arthington, A. H., Blüdhorn, D. R. (1994): Distribution, genetics, ecology and status of the introduced cichlid, *Oreochromis mossambicus*, in Australia, *Mitt. Internat. Verein. Limnol.* 24, 53-62.
- Baccarin, A. E., Camargo, A. F. M. (2005): Characterization and evaluation of the impact of feed management on the effluents of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture, *Brazilian Archives of Biology and Technology* 48, 81-90.
- Badenhuizen, T. R. (1967): Temperatures selected by *Tilapia mossambica* (Peters) in a test tank with a horizontal temperature gradient, *Hydrobiologia* 30 (3-4), 541-554.
- Bondad-Reantaso, M. G. (ed.) (2007): Assessment of freshwater fish seed resources for sustainable aquaculture, FAO, Rome.
- Brunty, J. L., Bucklin, R. A., Davis, J., Baird, C. D., Nordstedt, R. A. (1997): The influence of feed protein intake on tilapia ammonia production, *Aquacultural Engineering* 16 (3), 161 – 166.
- Campbell, J. W. (1991): Environmental and metabolic animal physiology, Willey-Liss inc, New York.
- Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P., Verstraete, W. (2007): Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production, *Aquaculture* 270 (1-4), 1-14.
- DeSilva, S. S., Gunasekera, R. M., Shim, K. F. (1986): Interactions of varying dietary protein and lipid levels in young red tilapia: Evidence of protein sparing, *Aquaculture* 95 (3-4), 305-318.
- Devambe, L. C. (1964): Tilapia in the South Pacific, *South Pacific bulletin* 10/1964, 27 – 52.
- Diana, J. S., Lin, C. K., Yi, Y. (1996): Timing of Supplemental Feeding for Tilapia Production, *Journal of the World Aquaculture Society* 27 (4), 410-419.
- Diana, J. S., Yi, Y., Lin, C. K. (1996): Influence of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) stocking density in cages on their growth and yield in cages and in ponds containing the cages, *Aquaculture* 146 (3-4), 205-215.
- Eknath, E. A., Hulata, G. (2009): Use and exchange of genetic resources of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), *Reviews in Aquaculture* 1 (3 - 4), 197-213.
- El-Sayed, A-F. (2006): Tilapia culture, CABI publishing, Wallingford.
- El-Sayed, A-F. M., Teshima, S. (1992): Protein and energy requirement of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, fry, *Aquaculture* 103, 55-63.
- Fitzsimmons, K. (1999): Marketing of tilapia in the USA, in: *The fifth Roche Aquaculture*

- Conference in Bangkok - Thailand, 8/1999, 12 – 25.
- Fitzsimmons, K. (2000): Tilapia aquaculture in Mexico in: Tilapia culture in the Americas 2, The World Aquaculture society, Louisiana.
- Fitzsimmons, K. (2007): Prospect and potential for global production in: Tilapia biology, culture and nutrition, Food product press, New York.
- Flajšhans, M., Kocour, M., Ráb, P., Hulák, M., Šlechta, V., Linhart, O. (2008): Genetika a šlechtění ryb, VÚRH JU, Vodňany.
- Franklin, C. E., Johnston, I. A., Crockford, T., Kamunde, C. (1995): Scaling of oxygen consumption of Lake Magadi tilapia, a fish living at 37°C, Journal of Fish Biology 46 (5), 829–834.
- Fryer, G., Illes, T. D. (1972): The cichlid fishes of the Great lakes of Africa, Oliver and Boyd, Scotland.
- Gjedrem, T. (2005): Selection and breeding programs in aquaculture, Springer, Dordrecht.
- Greiner, A. D., Timmons, M. B. (1998): Evaluation of the nitrification rates of microbead and trickling filters in an intensive recirculating tilapia production facility, Aquaculture engineering 18, 189-200.
- Grove, D. J., Loizides, L. G., Nott, J. (1978): Satiation amount, frequency of feeding and gastric emptying rate in *Salmo gairdneri*, Journal of Fish Biology 12 (5), 507–516.
- Grove, D. J., Flowerdew, M. W. (1979): Some observations of the effects of body weight, temperature, meal size and quality on gastric emptying time in the turbot, *Scophthalmus maximus* (L.) using radiography, Journal of Fish Biology 14 (3), 229–238.
- Grove, D. J., Crawford, C. (1980): Correlation between digestion rate and feeding frequency in the stomachless teleost, *Blennius pholis* L., Journal of Fish Biology 16 (3), 235–247.
- Hanel, L. (2000): Svět zvířat IX. - Ryby 2, Albatros, Praha.
- Hanley, F. (2000): Tilapia culture in Jamaica in: Tilapia culture in the Americas 2, Baton Rouge, Louisiana.
- Haywood, G. P. (1983): Ammonia toxicity in teleost fishes: a review, Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1177, 35.
- Huang, W-B., Chiu, T-S. (1997): Effects of stocking density on survival, growth, size variation, and production of Tilapia fry, Aquaculture Research 28 (3), 165–173.
- Huebner, J. D., Langton, R. W. (1979): Rate of gastric evacuation for winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus*, Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37, 2159 – 2168.
- Charo-Karisa, H., Rezk, M. A., Bovenhuis, H., Komen, H. (2005): Heritability of cold tolerance in Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, juveniles, Aquaculture 249, 115- 123.
- Chervinski, J. (1982): Environmental physiology of tilapia in R.S.V., ICLARM Conference Proceedings 7 international centre for living aquatic resources management, Manila.
- Chetty, C. S., Chandaramohan, R. N., Srinivasa, Y. R., Aruna, P., Swami, K. S. (1980): Tolerance

- limits and detoxification mechanism in the fish *Tilapia mossambica* subjected to ammonia toxicity, *Indian fish* 27 (1-2), 177 – 182.
- Iwama, G. K., Takemura, A., Takano, K. (1997): Oxygen consumption rates of tilapia in fresh water, sea water, and hypersaline sea water, *Journal of Fish Biology* 51 (5), 886–894.
- Josupe, H. (2010): World supply and demand of tilapia, FAO, Rome.
- Kalous, L. (2011): Akvakultura - přednášky, ČZU, Praha.
- Kharter, A. A., Smitherman, R. O. (1988): Cold tolerance and growth of three strains of *Oreochromis niloticus* in: The second international symposium on tilapia in aquaculture, ICLARM Conference proceedings 15, 215 – 218.
- Knud-Hansen, C. F., McNabb, C. D., Batterson, T. R., Harahat, I. S., Sumatadinata, K., Eidman, H. M. (1991): Nitrogen input, primary productivity and fish yield in fertilized freshwater ponds in Indonesia, *Aquaculture* 94, 49 – 63.
- Kutty, M. N. (1972): Respiratory quotient and ammonia excretion in *Tilapia mossambica*, *Marine biology* 16, 126 – 133.
- Kutty, M. N. (1989): Metabolic responses of tilapias with special reference to ambient oxygen, P.P.P., Kerala.
- Kutty, M. N., Mohamed, M. P. (1981): Respiratory quotient and ammonia excretion in *Tilapia mossambica* (Peters) with special reference to hypoxia and recovery, *Hydrobiologia* 76, 3-9.
- Lahav, E., Ra'anan, Z. (1998): Cold tolerance of genetically produced all-male tilapia hybrids (*Oreochromis aureus*) in: Tilapia aquaculture, Proceedings from the fourth international symposium on tilapia aquaculture NRAES, 662 – 670.
- Lee, S., Cho, S., Kim, D. (2000): Effects of feeding frequency and dietary energy level on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck and Schlegel), *Aquacult. Res.* 31, 917 – 921.
- Linhart, O., Hamáčková, J., Kahanec, M. (2004): Řízená reprodukce ryb, VURH JU, Vodňany.
- Liu, F., Liao, I. C. (1999): Effect of feeding regimen on the food consumption, growth and body composition in hybrid striped bass *Morone saxatilis* x *M. chrysops*, *Fish. Sci.* 65, 513- 519.
- Mair, G. C., Abucay, J. S., Skibinski, D. O. F., Abella, T. A., Beardmore, J. A. (1997): Genetic manipulation of sex ratio for the large scale production of all- male tilapia *Oreochromis niloticus* L., *Canadian Journal of fisheries and aquatic sciences* 54 (2), 396 – 404.
- Mendoza, P. B., Gomez- Marquez, J. L., Salgado- Ugarte, I. H., Ramirez -Noguera, D. (2005): Reproductive biology of *Oreochromis niloticus* (Perciformes, *Cichlidae*) at Emiliano Zapata dam, Morelos, Mexico *Rev. Biol. Trop.* 53, 515 – 522.
- Miller, W. W. (1995): Tilapia – aquaculture curriculum guide, United States Department of Agriculture, Ames.

- Mishrigi, S. Y., Kubo, T. (1978): The Energy Metabolism in *Tilapia nilotica* □II. Active metabolism at 20° and 26 °C, Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 29 (4), 313 – 321.
- Mohamed, M. P. (1982): Metabolic rates and quotients in the cichlid fish, *Tilapia mossambica* (Peters) in relation to random activity, Proceedings: Animal Sciences 91 (3), 217-223.
- Murad, H. A., Moustafa, M. S. F., Mohamed, A. E., Sauod, A. H. (2008): Production and economics of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) integrated culture with alfalfa (*Medicago sativa*) in raceway system in Kuwait, KU, Kuwait City.
- Papoutsoglou, S. E., Tziha, G. (1996): Blue tilapia (*Oreochromis aureus*) growth rate in relation to dissolved oxygen concentration under recirculated water conditions, Aquacultural Engineering 15 (3), 181–192.
- Piedrahita, R.H. (2003) : Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation ,Aquaculture 226, 35-44.
- Popma, T. J., Rodriguez, F. B. (2000): Tilapia aquaculture in Colombia in: Aquaculture in the Americas 2, Baton Rouge, Louisiana.
- Pullin, R. S. V., Lowe-McConnell, R. H. (eds.) (1982): The biology and culture of tilapias, ICLARM, Manila.
- Putnam, J. (1993): Mummy, A Dorling Kindersley Book, London.
- Rakocy, J. E. (1989): Tank culture of tilapia, Southern Regional Aquaculture Center Pub. 282.
- Rakocy, J. E., Nair, A., Bailey, D. S. (1989): Performance of cage- cultured *Tilapia nilotica* and *Tilapia aurea* and three varieties of red tilapia, J. World. Aq. Soc. 20 (1), 64.
- Rakocy, J. E., Bailey, D. S., Thoman, E. S., Shultz, R. Ch. (2004): Intensive tank culture of tilapia with a suspended, bacterial- based, treatment process, Proceeding of the 6th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Manila.
- Riche, M. A. (2000): Effect of phytic acid on nitrogen retention in *Tilapia (Oreochromis niloticus)*, Michigan State University, Michigan.
- Riche, M., Garling, D. (2003): Feeding tilapia in Intensive recirculating systems, Iowa state university, Ames.
- Riche, M., Haley, D., Oetker, M., Garbrecht, S., Garling, D. (2003): Effect of feeding frequency on gastric evacuation and the return of appetite in tilapia, Aquaculture 234, 657 – 673.
- Santos, J., Jobling, M. (1995): Test of a food consumption model for the Atlantic cod, ICES J. Mar. Sci. 52, 209 – 219.
- Sifa, L., Chenhong, L., Dey, M., Gaglac., F., Dunham, R. (2002): Cold tolerance of three strains of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in China, Aquaculture 213 (1-4), 123 – 129.
- Spurný, P. (1998): Ichthyologie, MENDELU, Brno.
- Stickney, R. B., Winfree, R. A. (1981): Effects of dietary protein and energy on growth, feed conversion efficiency and body composition of *Tilapia aurea*, Journal of nutrition 111, 1001-1012.

- Suresh, A. V., Lin, C. K. (1992): Tilapia culture in saline waters: a review, *Aquaculture* 106, 201 – 226.
- Thurston, R. V., Russo, R. C., Vinogradov, G. A. (1983): Acute toxicity of ammonia to rainbow trout, *Trans. Am. Fish. Soc.* 112, 696 – 704.
- Walsh, P. J., Bergman, H. L., Narahara, A., Wood, C. M., Wright, P. A., Randall, D. J., Maina, J. N., Laurent, P. (1993): Effects of ammonia on survival swimming and activities of enzymes of nitrogen metabolism in the Lake Magadi tilapia *Oreochromis alcalicus grahami*, *The journal of experimental biology* 180, 323 – 387.
- Wang, Y., Cui, Y., Yang, Y., Cai, F. (1998): Compensatory growth in hybrid tilapia *Oreochromis mossambicus* x *O. Niloticus*, reared in seawater, *Aquaculture* 189, 101-108.
- Watanabe, W. O., Losordo, T. M., Fitzsimmons, K., Hanley, F. (2002): Tilapia Production Systems in the Americas: Technological Advances, Trends, and Challenges, *Reviews in Fisheries Science* 10 (3-4), 465 – 498.
- Wood, C. M., Perry, S. F., Wright, P. A., Bergman, H. L., Randall, D. J. (1989): Ammonia and urea dynamics in the Lake Magadi tilapia, a ureotelic teleost fish adapted to an extremely alkaline environment, *Respir. Physiol.* 77, 1-20.
- Yashouv, A. (1958): On the possibility of mixed culture of various tilapia with carp, *Bamidegh* 10, 21 – 29.
- 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.

Internetové odkazy

<http://www.fishfarming.com/tilapiaprices.html>

<http://www.mixph.com/2008/04/tilapia-hatchery-management-fingerling-production.html>

<http://www.fishbase.us>

Abstrakt

Vliv hmotnosti ryb, teploty vody, krmení a hustoty obsádky na spotřebu kyslíku a produkci metabolitů v intenzivním chovu tilapie nilské (*Oreochromis niloticus*)

Cílem této práce bylo vyhodnotit vliv krmení, hustoty obsádky, velikosti ryb a teploty vody, na exkreci amoniaku a spotřebu kyslíku u tilapie nilské (*Oreochromis niloticus*) v recirkulačním systému. Koncentrace (nasycení) kyslíku, teplota a pH byly měřeny přímo multimetrem a koncentrace amoniaku byla stanovena Nesslerovou metodou. Pro hodnocení vlivu velikosti ryb byly tilapie rozděleny do tří skupiny dle hmotnosti: 25, 65 a 140g, každá skupina ve čtyřech opakováních. Pro hodnocení vlivu způsobu krmení byly tilapie (hmotnost těla 65 g) rozděleny na skupiny krmené kontinuálně, 2x denně a 4x denně, každá skupina ve čtyřech opakováních. Pro hodnocení vlivu hustoty obsádky byly tilapie rozděleny do nádrží v biomasách 20, 50 a 80 kg.m⁻³, ve čtyřech opakováních. Všechny tři experimenty proběhly při teplotách 23, 27 a 31°C pro krmené a nekrmené ryby. Průměrná denní spotřeba kyslíku i exkrece amoniaku byla u váhově nižších kategorií ryb vyšší než u ryb větších a rapidně narůstala po jejich nakrmení. Způsob krmení se projevil na denním průběhu spotřeby kyslíku. Také byla ověřena schopnost tilapie přežít velmi nízké koncentrace kyslíku po poměrně dlouhou dobu.

Klíčová slova: metabolismus, chov ryb, frekvence krmení, kvalita vody

Abstract

Effect of temperature, fish size and feeding on oxygen consumption and ammonia excretion in the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Aim of this work were to assessed the impact of feeding, temperature, stocking density, fish size and water temperature on ammonia excretion and oxygen consumption of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in recirculating system. Concentration (saturation) of oxygen, water temperature and pH were measured using multimeter and concentration of ammonia was assessed by direct Nessler method. For assessing of effect of fish size, three groups of tilapias weighed 25, 65 and 140 g were established, each group in four replicates. For assessing of effect of feeding was tilapias (body weight 65g) divided into groups fed continuously, two meals per day and four meals per day, each group in four replicates. For assessing of effect of stocking density was tilapias (body weight 65g) divided into groups of 20, 50 and 80 kg.m⁻³, each group in four replicates. All experiments were performed for water temperature of 23, 27 and 31 °C and for fed and starved fish. Mean daily oxygen consumption and also ammonia excretion was higher for smaller fish categories than for bigger ones and grow rapidly after feeding. The kind of feeding had impact on diurnal fluctuation of oxygen consumption. It was also confirmed that tilapia can survive low level of oxygen concentration for a quite long period.

Keywords: metabolism, fish culture, feeding frequency, water quality,