

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Fakulta rybářství a ochrany vod

Diplomová práce

2018

Ondřej Homola

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybářství a ochrany vod

Ústav akvakultury

Diplomová práce

Využití samokrmítkových systémů pro okounovité
ryby

Autor: Bc. Ondřej Homola

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

Konzultant diplomové práce: M.Sc. Tatyana Vanina

Studijní program a obor: Zootechnika, Rybářství a ochrana vod

Forma studia: Prezenční

Ročník: II.

České Budějovice, 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že, v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě, případně v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných FROV JU. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum: 9. 5. 2018

Podpis studenta:

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu, Ing. Vlastimilu Stejskalovi, Ph.D. za odbornou pomoc, metodické vedení, cenné rady a připomínky, a především za velkou ochotu a trpělivost. Dále děkuji své konzultantce M.Sc. Tatyňce Vanině a Ing. Radkovi Gebauerovi za poskytnuté rady a připomínky při vypracování textových částí. Poděkování patří též Ing. Janu Matouškovi za poskytnuté rady, pomoc při vypracování statistiky a pomoc při měření a vážení ryb při přeloveních. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Pavlu Šablaturovi za pomoc při přeloveních a při péči o pokusné ryby. V neposlední řadě bych rád poděkoval svým spolužákům; Bc. Markétě Hlávkové a Bc. Martinovi Růžkovi za pomoc při přeloveních a zápisu naměřených dat do programu MS Excel. Na závěr bych chtěl poděkovat své rodině a především své přítelkyni, Bc. Zdeňce Crkalové za psychickou pomoc a notnou dávku trpělivosti.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta rybářství a ochrany vod

Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Ondřej HOMOLA**
Osobní číslo: **V16N006P**
Studijní program: **N4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Rybářství a ochrana vod**
Název tématu: **Využití samokrmítkových systémů pro okounovité ryby**
Zadávající katedra: **Ústav akvakultury a ochrany vod**

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

Chov okounovitých ryb v recirkulačních systémech s biologickým čištěním vody patří mezi perspektivní směry evropské sladkovodní akvakultury. Důvodem je především vysoká kvalita masa a s tím související rostoucí zájem trhu. Management a strategie krmení ryb byla a stále je předmětem četných studií. Experimenty, které používají krmné systémy založené na požadavcích ryb na krmivo (dotyku senzoru po předchozí periodě adaptace), umožňují lépe prozkoumat motivaci ryb držených v zajetí k příjmu krmiva v závislosti na různých faktorech.

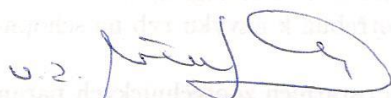
Cílem práce bude testování speciálního samokrmítkového systému umožňující efektivnější aplikaci krmiva včetně sledování etologie chovaných ryb (periodicitu, aktivitu apod.). Systém je díky dlouhodobému vývoji vytvořen pro získání unikátních informací o přirozeném potravním chování intenzivně chovaných ryb v závislosti na různých abiotických i biotických vlivech. Software systému umožňuje nastavovat celou řadu krmných režimů včetně uvolňování krmiva v závislosti na požadavcích ryb (při současném zaznamenání požadavku a automatické konstrukci aktogramu) či uvolňování nastavené denní krmné dávky. Lze využít i kombinaci obou přístupů či nastavení pauz v krmení v různou denní dobu. Vybrané krmné režimy budou porovnány s kontrolními skupinami v podobě manuálního krmení a krmení pomocí pásových krmítek.

Hlavními sledovanými parametry budou hmotnostní růst, hmotnostní heterogenita a koeficient konverze. Dále bude sledován vliv použitého systému krmení na hematologický a biochemický profil ryb (stresové ukazatele). Bude hodnocena i délka potřebná k návyku ryb na schopnost využívat automatický samokrmítkový systém.


Hlavní testovanou hypotézou je nalezení rozdílů v růstu a ostatních zootecnických parametrech při chovu s využitím různých systémů krmení.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby (do 20 stran)**
Rozsah pracovní zprávy: **50 - 70 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury: **viz příloha**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Vlastimil Stejskal, Ph.D.**
Ústav akvakultury a ochrany vod
Konzultant diplomové práce: **MSc. Tatyana Vanina**
Ústav akvakultury a ochrany vod
Datum zadání diplomové práce: **11. listopadu 2016**
Termín odevzdání diplomové práce: **4. května 2018**


0.2.
prof. Ing. Otomar Linhart, DrSc.
děkan

L.S.


Ing. Jan Mráz, Ph.D.
ředitel

Ve Vodňanech dne 11. listopadu 2016

Příloha zadání diplomové práce

Seznam odborné literatury:

Alanärä, A., Brännäs, E., 1996. Dominance in demand-feeding behaviour in Arctic charr and rainbow trout: the effect of stocking density. *Journal of Fish Biology* 48, 242-254.

Attia, J., Millot, S., Di-Poi, C., Bégout, M.L., Noble, Ch., Sanchez-Vazquez, F.J., Terova, G., Saroglia, M., Damsgard, B., 2012. Demand feeding and welfare in farmed fish. *Fish Physiol Biochem* 38, 107-118.

Azzaydi, M., Madrid, J.A., Zamora, S., Sánchez-Vázquez, F.J., Martínez, F.J., 1998. Effect of three feeding strategies (automatic, ad libitum demand-feeding and time restricted demand-feeding) on feeding rhythms and growth in European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture* 163, 285-296.

Brännäs, E., Berglund, U., Eriksson, L.O., 2005. Time learning and anticipatory activity in groups of Arctic charr. *Ethology* 111, 681-692

Beach, M.A., Baker, G.E., Roberts, G., 1986. An accurate demand feeder for fish, suitable for microcomputer control. *Physiology & Behavior* 36, 397-399.

Flood, M.J., Noble, C., Kagaya, R., Damsgard, B., Purser, G.J., Tabata, M., 2011. Examining the daily feeding rhythms of amago *Oncorhynchus masou masou* using self-feeding systems. *Aquaculture* 318, 244-247.

Landless, P.J., 1976. Demand-feeding behaviour of rainbow trout. *Aquaculture* 7, 11-25.

Sánchez-Vázquez, F.J., Martínez, M., Zamora, S., Madrid, J.A., 1994. Design and performance of an accurate demand feeder for the study of feeding behaviour in sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. *Physiology & Behavior* 56, 789-794.

Sánchez-Vázquez, F.J., Yamamoto, T., Akiyama, T., Madrid, J.A., Tabata, M., 1998. Selection of macronutrients by goldfish operating self-feeders. *Physiology & Behavior* 65, 211-218.

Sánchez-Vázquez, F.J., Yamamoto, T., Akiyama, T., Madrid, J.A., Tabata, M., 1999. Macronutrient self-selection through demand-feeders in rainbow trout. *Physiology & Behavior* 66, 45-51.

Stejskal, V., Policar, T., Bláha, M., Křišťan, J., 2010. Produkce tržního okouna říčního (*Perca fluviatilis*) kombinací rybničního a intenzivního chovu. *Edice Metodik, FROV JU, Ověřená technologie, č. 105, 34.*

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Literární přehled	11
2.1 Biologická charakteristika candáta obecného a okouna říčního	11
2.2 Význam candáta obecného a okouna říčního na trhu	12
2.3 Chov okounovitých ryb v intenzivních podmínkách.....	13
2.4 Strategie aplikace krmiva do odchovných systémů a chování ryb	15
2.4.1 Výběr krmiva a welfare ryb	15
2.4.2 Behaviorální mechanismy regulace příjmu krmiva.....	17
2.4.3 Signály které využívají ryby k výběru (preferenci) krmiva.....	17
2.4.4 Načasování krmení a jeho efekt na růst ryb.....	17
2.4.6 Vliv způsobu krmení a zdroje živin na krmnou aktivitu ryb.....	18
2.4.7 Krmení, velikosti dávky, frekvence krmení, příjem krmiva a schopnosti absorbovat živiny.....	18
2.5 Krmná technika v intenzivních akvakulturních systémech	19
2.5.1 Typy krmítek a krmných systémů užívaných v intenzivní akvakultuře..	19
2.5.2 Typy samokrmítkových systémů užívaných ve výzkumu a v komerční intenzivní akvakultuře	20
2.5.3 Softwarové možnosti dostupných samokrmítkových systémů.....	21
2.6.1 Přínosy a výhody využívání samokrmítkových systémů.....	22
2.6.2 Proces adaptace (učení) ryb na samokrmítkové systémy	22
2.6.3 Vliv samokrmítek na společenskou strukturu (hierarchii) ryb	23
2.6.4 Vztah mezi schopností využívat samokrmítka a personalitou ryb	24
2.6.5 Denní a mezi-denní fluktuace požadavků ryb na krmení (aktogramy) ...	25
2.6.6 Denní a mezi-denní fluktuace aktivity zažívacích enzymů (pepsinu, trypsinu, lipázy a amylázy) a hladiny glukózy v krvi ryb	25
2.6.7 Predominance krmné aktivity v rámci dne (denní versus noční aktivita)	25
2.6.8 Vztah mezi krmením ryb a pohybovou aktivitou	26

2.6.9	Využití samokrmítkových systémů pro studium různých aspektů intenzivního chovu ryb	27
2.6.10	Vliv použití samokrmítek na plýtvání krmivem a srovnání s ostatními přístupy ke krmení ryb.....	27
3.	Materiál a metodika	30
3.1	Získání a původ ryb pro vlastní experimenty	30
3.2	Experiment – Vliv strategie krmení na růst, růstovou heterogenitu a využití krmiva u juvenilních candátů obecných	31
3.2.1	Popis experimentálního recirkulačního systému pro odchov ryb.....	31
3.2.2	Vlastní popis experimentu na juvenilních rybách	34
3.2.3	Denní režim a harmonogram celého pokusu	36
3.3	Experiment – Vliv hustoty obsádky na růst, růstovou heterogenitu a využití krmiva u juvenilních okounů říčních krmených samokrmítky	37
3.3.1	Popis experimentálního recirkulačního systému pro odchov ryb.....	37
3.3.2	Vlastní popis experimentu na juvenilních rybách	40
3.3.3	Denní režim a harmonogram celého pokusu	40
3.4	Zpracování získaných dat a údajů.....	41
3.5	Postup nastavení software samokrmítkového systému.....	41
3.6	Produkční ukazatele.....	45
4.	Výsledky	46
4.1	Vliv různých způsobů krmení na růst a potravní chování candáta obecného....	46
4.1.1	Hmotnost těla.....	46
4.1.2	Celková délka	47
4.1.3	Délka těla	48
4.1.4	Fultonův koeficient.....	49
4.1.5	Koeficient konverze krmiva	50
4.1.6	Specifická rychlost růstu.....	51
4.2	Potravní chování candátů.....	52
4.2.1	Denní rozložení požadavků ve skupinách CO a SF.....	52
4.2.2	Mezidenní porovnání požadavků ve skupinách CO a SF	59
4.2.3	Mezidenní srovnání počtu distribucí v průběhu pokusu.....	61

4.3 Vliv hustoty obsádky na růst a potravní chování okouna říčního	62
4.3.1 Hmotnost	62
4.3.2 Celková délka	63
4.3.3 Délka těla	64
4.3.4 Fultonův koeficient.....	65
4.3.5 Koeficient konverze krmiva	66
4.3.6 Specifická rychlost růstu.....	67
4.4 Potravní chování okounů	68
4.4.1 Denní kinetika požadavků	68
4.4.2 Mezdenní porovnání počtu požadavků.....	75
4.4.3 Mezdenní porovnání počtu distribucí	77
4.4.4 Průměrný denní počet požadavků.....	78
5. Diskuze	79
6. Závěr	84
7. Použitá literatura	86
8. Abstrakt.....	93
9. Abstract.....	94

1. Úvod

Candát obecný (*Sander lucioperca*) a okoun říční (*Perca fluviatilis*) patří k důležitým evropským druhům ryb, a to jak z hlediska akvakultury, tak z pohledu sportovního rybolovu. Díky vysoké dietetické kvalitě masa a nízkému obsahu tuku jsou navíc oba druhy velice žádané konzumenty. Chovatelé ryb však svou produkcí trvale nedokáží pokrýt poptávku napříč evropskými státy (především v zemích alpského regionu), a to navzdory relativně vysoké ceně.

Candát i okoun jsou v současnosti chováni především extenzivně v rybnících jako doplňkové ryby, kde svou predací eliminují komerčně nevýznamné druhy ryb jako je plotice, perlín, cejn nebo střevlička a zvyšují tak nabídku přirozené potravy pro kapra. Candát se vytírá zpravidla přirozeně, nebo polouměle na výtěrová hnízda a plůdek je přisazován k jednoleté nebo dvouleté násadě kapra. Dvouletá násada candáta je následně přisazována k tržnímu kaprovi a po třech až čtyřech letech pak dosahuje candát tržní velikosti. Okoun je produkován většinou bezděčně prostřednictvím přirozeného výskytu v rybnících, kde se samovolně vytírá. Produkce obou druhů v rybničním hospodářství je však nízká, a tak nestačí uspokojit poptávku po těchto druzích. V posledních letech chovatelé tedy přikročili k chovu v intenzivní akvakultuře. Nejčastějším způsobem intenzivního chovu candáta a okouna je chov v recirkulačních akvakulturních systémech (RAS), nebo případně kombinace s rybničním chovem. V těchto odchovných systémech je možné produkovat jak váčkový plůdek, tak ročka, násadu i tržní ryby. Jednou z nejčastěji používaných metod v chovu těchto druhů je však produkce rychleného plůdku v rybnících s následným transferem do recirkulačního systému, kde jsou ryby převedeny na granulovanou potravu tzv. co-feedingem. Tato metoda spočívá v postupném přivykání ryb na umělou potravu přidáváním granulovaného krmiva do přirozené potravy (většinou larev pakomárů), přičemž každý krmný den je podíl granulovaného krmiva navyšován.

Podstatou ekonomického úspěchu chovu ryb v recirkulačních systémech je použití kvalitního krmiva a jeho dávkování. Vzhledem k tomu, že krmivo často tvoří více než 50 % nákladů, je namístě aplikovat krmivo tak, aby bylo využito co nejefektivněji. V recirkulačních systémech je krmení zprostředkováváno buďto ručně obsluhou, nebo pomocí automatických krmítek. Tato krmítka jsou opatřena zásobníkem a hodinovým strojkem, tudíž je u nich možné nastavit velikost i počet dávek za den. Další, poměrně novou a do jisté míry teprve testovanou metodou je využití samokrmítkových systémů.

Při tomto způsobu krmení si ryby samy „žádají“ o krmnou dávku kontaktem s návnadovou tyčí (sensorem) v závislosti na potřebě. Krmítko jim následně otočením válce s výřezem daného objemu nasype určenou dávku krmiva. Celý systém bývá zpravidla napojen na počítač se softwarem, který řídí výdej krmiva a zaznamenává počet a denní rozložení požadavků. Podobného principu (bez software a možnosti nastavení) bylo využito dříve u tzv. automatických krmítek s návnadovou tyčí, která však u většiny druhů vede k plýtvání krmivem a tzv. hédonickému chování.

V rámci této závěrečné práce byla testována možnost využití samokrmítkových systémů v intenzivním chovu candáta obecného a okouna říčního. První část této diplomové práce se zabývá využitím kontaktních samokrmítek v recirkulačním systému s odchovem candáta a porovnáním jejich účinnosti s ručním krmením a pásovým krmítkem. Druhá část diplomové práce se zabývá efektem tří různých hustot obsádky na odchov okouna pomocí samokrmítek.

2. Literární přehled

2.1 Biologická charakteristika candáta obecného a okouna říčního

Candát obecný (*Sander lucioperca*) patří do čeledi okounovití. Candát je dravou rybou obývajícím zpravidla větší řeky, jezera a přehradní nádrže, kde obývá volné vody a preferuje tvrdé šterkovité nebo kamenité dno. Jeho potravu tvoří nejdříve zooplankton, později, od velikosti asi 5 cm, postupně přechází na plůdek, a i větší velikostní kategorie ryb. Tělo candáta je protáhlé, hlava zašpičatělá, ústa jsou koncová, velká a rozeklaná, opatřená zuby. Mezi další důležité znaky patří dvojitá hřbetní ploutev, z nichž první je ostnitá. Břišní ploutve jsou posunuty dopředu do prsního postavení, prsní ploutve jsou posunuty nahoru za skřelová víčka. Hřbet je tmavošedý až olivový, břicho bílé, u juvenilních ryb se na bocích nachází 8–10 tmavých příčných pruhů, tělo je pokryto ktenoidními šupinami (Pokorný a kol., 2004, Baruš a Oliva, 1995).

Candát pohlavně dospívá ve věku 3 až 4 let, mlíčáci někdy už o rok dříve. Přírozený výtěr candáta probíhá od dubna do května při teplotě vody 10 °C, přičemž mlíčák dopředu čistí vybraný substrát, nejčastěji písčité dno nebo kořeny rostlin. Po výtěru mlíčák o jikry pečuje, neustále je čistí a ovívá prsními ploutvemi až do vykulení plůdku, což trvá přibližně 120 °d. Relativní plodnost se zpravidla pohybuje v rozmezí 170 000 až 230 000 jiker.kg⁻¹ hmotnosti jikernačky. (Gerstmeier a Romig, 2003, Kestemont a kol., 2015).

Okoun říční (*Perca fluviatilis*) obývá široké spektrum habitatů – jak vody tekoucí, tak stojaté, přičemž se hojně vyskytuje také ve vodách brakických. Preferuje však hlubší vody s tvrdým dnem, vyhýbá se vodám zabahněným. Potravu okouna tvoří larvy hmyzu, korýši, zooplankton, později také plůdek a juvenilní ryby. Tělo okouna je ze stran zploštělé, hlava je velká, tupě zakončená s objemnými ústy, žaberní víčko je zakončeno výrazným trnem. Hřbetní ploutev je rozdělena na dvě části, z nich první je ostnitá s výraznou černou skvrnou v zadní části. Podobně jako u candáta jsou břišní ploutve posunuty do prsního postavení a prsní ploutve se nachází za skřelovými víčky, břišní, řitní a ocasní ploutve mají žluté až červené zbarvení. Hřbet je zbarven tmavě olivově, břicho je bílé, na bocích se nachází 5 – 9 tmavých příčných pruhů, šupiny jsou ktenoidní (Pokorný a kol., 2004, Baruš a Oliva, 1995).

Ryby pohlavně dospívají ve věku 1 až 2 let, pro výtěr okouna je charakteristické období března až dubna při teplotě vody 8 – 10 °C. Jikernačka klade jikry v až 2 metry dlouhých rosolovitých pásech na vodní rostliny, větve nebo kameny. Jikry jsou okamžitě oplodňovány, na čemž se podílí i několik samců zároveň. Vývoj jiker trvá přibližně 140°d. Relativní plodnost se pohybuje v rozmezí 100 000 až 200 000 jiker.kg⁻¹ hmotnosti jikernačky (Gersteier a Romig, 2003).

2.2 Význam candáta obecného a okouna říčního na trhu

Candát obecný má v evropské akvakultuře nezastupitelné místo především díky svému vysoce kvalitnímu a chutnému masu s vysokou výživovou hodnotou, které neobsahuje tzv. „Y“ kůstky. Svalovina candáta se dále vyznačuje nízkým obsahem tuku, s vysokým podílem vysoce nenasycených mastných omega 3 kyselin, které příznivě ovlivňují lidské zdraví (Jankowska a kol., 2003). Mimo produkci určené k přímé spotřebě je candát chován také jako násadový materiál sloužící k zarybňování volných vod. Kromě sportovního rybolovu se candát využívá také jako meliorační činitel sloužící k potlačování nežádoucích planktonofágních druhů ryb ve vodárenských nádržích, čímž napomáhá k udržení kvality vody (Lusk a kol., 1983).

Díky výše uvedeným vlastnostem si candát udržuje poměrně vysokou cenu. Kilogram tržní ryby cenou několikanásobně převyšuje například v České republice nejoblíbenějšího kapra. Poptávka po mase candáta není stále ani zdaleka uspokojena, a to jak na tuzemském, tak především na zahraničním trhu (Zakeš, 2010). Mezi největší producenty candáta patří v Evropě především Rusko (6 000 t), dále pak Finsko (2 600 t) a Estonsko (800 t). V České republice se produkce candáta pohybuje okolo 50 tun ročně (FAO).

Okoun říční si postupně získává stále významnější místo na tuzemském trhu. Zatímco dříve byl pokládán spíše za rybu plevelnou, dnes si díky svému vysoce kvalitnímu masu, které má nízký obsah tuku (1,5 %) a které lze snadno zbavit kostí získává čím dál větší oblibu, a to také díky obsahu polynenasycených n-3 a n-6 mastných kyselin (PUFA) (Mairesse a kol., 2006). Na evropském trhu je naopak okoun již dlouho vyhledávaným artiklem, a to například v alpských zemích, zejména pak ve Francii, Itálii a Švýcarsku. Podle Tonera (2015) je okoun pro švýcarský trh velmi důležitým druhem. Švýcarský spotřebitel se zaměřuje na udržitelnost zdrojů, což nahrává produkci

v recirkulačních systémech. Navzdory tomu je v současnosti většina ryb spotřebovaných v těchto zemích produktem odlovu z jezer. Odlov z jezer sice stačí pokrývat poptávku, ovšem je problém s jeho sezónní variabilitou. V návaznosti na to četné kontroly odhalily, že obchodníci často prodávají importované ryby označené švýcarským původem (Kolář, osobní sdělení), nebo dokonce v restauracích vydávají za okouna úplně jiný druh (Kouřil, osobní sdělení). Intenzivní chov by mohl tento problém vyřešit. K prvním pokusům o intenzivní chov okouna došlo v Belgii, Francii, Švédsku a také v České republice.

V Evropě je na špičce v produkci okouna Finsko (17 000 t), dále Rusko (3 500 t), Polsko (2 000 t) a Estonsko (1 200 t). V roce 2014 bylo celosvětově akvakulturou vyprodukováno 475 tun tržního okouna. Základem pro vyrovnanou produkci prostřednictvím intenzivní akvakultury je však zvládnutí praxe mimosezónních výtěrů tak, abychom nebyli závislí na jediné dodávce rychleného plůdku v období května – června (Rougeot a Mélard, 2008). Produkce okouna činí v České republice 22 tun, jde ovšem o ryby z rybníčního chovu.

2.3 Chov okounovitých ryb v intenzivních podmínkách

Kestemont a Dabrowski, (1996) uvádí, že technologie intenzivního chovu okouna říčního byla inspirována chovy okouna žlutého v severní Americe. Okoun říční byl vybrán jako druh určený k doplnění spektra chovaných ryb v rámci vnitrozemské akvakultury. V severní a západní Evropě je jeho chov spojen hlavně s intenzivním chovem v recirkulačních systémech.

Plůdek okounovitých ryb pro intenzivní chov je získáván buďto produkcí rychleného plůdku z rybníků (Policar a kol., 2013), nebo z uzavřených systémů, kde je plůdek rozkrmen živou potravou. Při nasazení do kontrolovaných podmínek je důležité mít velikostně vyrovnaný a mechanicky nepoškozený rychlený plůdek složený za optimálních podmínek (prevence deficitů kyslíku). Velikostní vyrovnaností plůdku můžeme předejít kanibalismu, který lze rozdělit na dva typy; kanibalismus prvního typu (neúplný) je charakterizován vnějším poškozením ryb (poškození ploutví či očí), zatímco kanibalismus druhého typu (úplný) je přímé pozření kořisti. U kanibalismu prvního typu nevznikají tak velké ztráty jako při kanibalismu druhého typu (Król a kol., 2014). Ryby nejprve držíme v karanténě, pro zbavení ryb parazitů je vhodné použít

koupel v roztoku NaCl v množství 10–20 g.l⁻¹ po dobu 20–30 min (Zakeš, 2009). Po vysazení do podmínek intenzivního chovu je plůdek nejprve převeden na příjem suchého krmiva, a to metodou tzv. cofeedingu, tedy postupným zvyšováním podílu suché směsi a snižováním podílu přirozené potravy v krmené dávce. Období adaptace rychleného plůdku na suchou dietu může v závislosti na počáteční velikosti trvat 7 – 14 dnů. Při počátečním nasazení ryb o váze 0,2 – 0,3 g by biomasa neměla přesahovat 1,5kg.m³, při nasazení ryb o váze 0,4 – 0,6 g by biomasa neměla přesáhnout 3 kg/m³ (Zakeš, 1999). Po naučení na příjem suchého krmiva je plůdek krmen komerčními krmivy odpovídající velikosti (0,4 – 0,7 mm), která jsou používána v chovech pstruha duhového. Směs by měla obsahovat alespoň 50 % bílkovin a obsah tuku by měl být 14–16 %. Stravitelná energie by se měla pohybovat na úrovni hodnot 18–20 MJ.kg⁻¹ (Zakeš, 2009). V počátcích odchovu je důležitá vysoká frekvence krmení, k čemuž je nejvhodnější použít pásové krmítko, které nám umožňuje dávkovat malé množství krmiva kontinuálně po celý den. Denní krmná dávka v počátcích odchovu je až 20 % hmotnosti obsádky (Fiogbé a Kestemont, 2003). S pokračující dobou odchovu je postupně snižována. Po přibližně třech až čtyřech týdnech odchovu se frekvence krmení snižuje, čímž dochází ke snížení množství nespotřebovaného krmiva a zlepšuje se i krmný koeficient, který se může dostat i pod hodnotu 1,0 (Zakeš, 2009).

Pro intenzivní odchov násadových a tržních ryb využíváme násadový materiál o hmotnosti 15-20 g plně převedený na suché krmivo. Důležitá je velikostní vyrovnanost obsádky, aby mohla být omezena na minimum frekvence třídění ryb (Szczepkowski, Zakeš, 2002). Velikostní třídění ryb v průběhu odchovu má za účel snížit míru kanibalismu, ke kterému může v počátcích odchovu docházet. V ideálním případě je v průběhu odchovu možno docílit pouze dvou třídění; první při kusové hmotnosti ryb 200 – 250 g a druhé při hmotnosti 500 – 600 g (Zakeš, 2009). V počátečních fázích odchovu je biomasa obsádky udržována na 10 – 30 kg.m³, v konečné fázi odchovu může být až 80 kg.m³.

Jak uvádí Zakeš (2009) ze zkušenosti z polského projektu s intenzivním chovem candáta v recirkulačním systému, pro rychlý růst ryb je nutno udržovat teplotu 21 – 23 °C, optimálně 23 °C. Vhodné nádrže mají objem min. 2 m³ s výškou vodního sloupce min. 70 cm. Optimální světelný režim je 16 – 24 hodin světla s nízkou intenzitou.

Nasycení vody kyslíkem je nutné udržovat na 100 – 120 % na přítoku, na odtoku pak nesmí klesnout pod 50 %. Klíčová je také kontrola efektivity biofiltrů (Zakeš, 2009).

V průběhu intenzivního odchovu v recirkulačním systému je důležité kontrolovat fyzikálně chemické vlastnosti vody, a to především teplotu, obsah rozpuštěného kyslíku, pH, koncentrace amoniaku a dusitanů. Hodnota pH by se měla pohybovat v rozmezí 6 - 7,5. Nasycení vody kyslíkem by nemělo v nádržích poklesnout pod 60 %, což představuje přibližně koncentraci kyslíku $5 \text{ mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ při teplotě 22 – 23 °C. Akutní toxicita amoniaku (96hLC50) je $0,80 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{ N-NH}_3$. Na růst ryb (až 50 % snížení rychlosti růstu) však negativně působí již koncentrace $0,03 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{ N-NH}_3$ (Vandecan a kol., 2008).

2.4 Strategie aplikace krmiva do odchovných systémů a chování ryb

2.4.1 Výběr krmiva a welfare ryb

V intenzivním chovu ryb převládá použití kompletních extrudovaných suchých krmných směsí s vlhkostí 8 – 10 %. Oproti dříve používané granulaci má extruze řadu výhod, zejména zlepšení stravitelnosti, snížení odrolu, zlepšení stability ve vodním prostředí a možnost vyššího podílu neproteinové energie. Krmné směsi jsou aplikovány ve formě tvarovaných částic (pelet, v češtině běžně označovaných granule) nebo drcených, velikostně tříděných částic (crumble). Ty jsou využívány zejména u drobných šarží (startérů) určených pro plůdek, kde by byla výroba drobných pelet (až do velikosti 1,2 mm) ekonomicky nevýhodná vlivem spotřeby energie a opotřebení zařízení. Nabídka tvarovaných částic nebo drcených pelet se liší podle zkušeností a technologií výrobce. Tato krmiva svým složením pokrývají celé spektrum nutričních požadavků chovaných ryb s ohledem na jejich druh, věkovou kategorii a podmínky chovu. Jejich výhodou je snadná manipulace a aplikace, garance použití kvalitních komponentů, stálá úroveň živin a energie, poměrně dlouhá trvanlivost, možnost výběru s ohledem na místní podmínky aj. Firmy zabývající se výrobou a distribucí krmiv navíc v současnosti nabízejí nejen krmiva, ale i doporučenou techniku krmení pro každé z nich a další servis zaměřený na optimalizaci výživy a další rozvoj chovu. Vývoj krmných směsí pro ryby je spojen s rozvojem jejich chovu a výživářského průmyslu obecně. Na základě rozvoje poznání z oblasti fyziologie ryb a jejich nutričních požadavků došlo k významnému posunu v jejich

kvalitě, což se projevilo na výrazném zvýšení jejich produkční účinnosti projevujícím se zejména ve snížení hodnoty krmného koeficientu, zvýšení intenzity růstu a dobrým zdravotním stavem chovaných ryb, a to včetně dietetické a sensorické kvality finálního produktu. Hodnota krmného koeficientu se snížila z původní 3–4 (šedesátá léta minulého století) na současnou úroveň kolem 1,0 (u špičkových směsí v optimálních podmínkách pod 0,8). Krmný koeficient na úrovni 1,0 je v současnosti v některých zemích považován za hranici prodejnosti krmných směsí (Mareš a kol., 2015).

S polovlhkými směsmi (s vlhkostí vyšší než 30 – 35 %) se lze setkat v intenzivním chovu ryb na některých farmách zejména v zahraničí. Jejich příprava vychází z průmyslově vyrobené sypké suché směsi, která je zpravidla přímo na farmě doplněna směsí vody a oleje, případně vitaminovými a minerálními přísadami. Aplikována je ve formě hustého těsta do chovných nádrží. Směsi se připravují zpravidla denně čerstvé a jsou skladovány chlazené. Jiným typem jsou polovlhké směsi sestavené ze suchých komponentů a čerstvého rybího masa. S tímto způsobem krmení se lze setkat v chovu poměrně zřídka, používají se zpravidla v experimentálních a poloprovozních podmínkách nebo jen v určité fázi chovu, např. adaptace na změnu podmínek chovu (Mareš a kol., 2015).

Welfare ryb je v současné době zvyšující se produkce ryb v intenzivních systémech důležitým aspektem. Zdraví a životní pohoda ryb je důležitá nejen pro efektivitu produkce samotné, ale také pro kvalitu produktu a s ní spojenou spotřebitelskou atraktivitou. Nejdůležitějším indikátorem je v tomto případě stres, neboť při jeho působení dochází k redukci růstu, snížení funkce imunitního systému, což má za následek větší náchylnost k nemocem a celkové oslabení organismu. Jako akutní stresor nejčastěji působí omezený prostor nádrží a s tím související ustanovení sociální hierarchie, kdy slabší jedinci nemají možnost uniknout z prostoru ovládaného silnějšími jedinci a rovněž nedochází k vyrovnanému využívání potravních zdrojů. Tento problém je řešen tříděním obsádky a nasazováním velikostně vyrovnaných ryb. Toto řešení je však jen částečné, neboť i ve velikostně vyrovnané obsádce ryby investují energii na kompetici a v závislosti na individuálních schopnostech se časem ustanovuje nová sociální hierarchie. K dalším běžně uváděným účinkům přílišné hustoty obsádky jsou snížení účinnosti konverze krmiva, horší kondice, nižší rychlost růstu a vyšší stupeň poškození ploutví (Ellis a kol., 2002).

2.4.2 Behaviorální mechanismy regulace příjmu krmiva

Různé fáze příjmu krmiva (od motivace ke krmení k efektivnímu příjmu krmiva) u chovaných ryb obvykle závisí na jejich schopnosti krmivo najít, přijmout, strávit a fyziologicky ho využít. Tyto fáze jsou ovlivňovány mnoha environmentálními faktory, např. individuálním zdravotním stavem jedince nebo sociální strukturou ryb v nádrži (Kaushik, 2013).

2.4.3 Signály které využívají ryby k výběru (preferenci) krmiva

- 1) vizuální – barva krmiva, tvar a velikost částic, konzistence krmiva, způsob podání krmiva
- 2) chemické – vůně krmiva, chutnost krmiva; může být ovlivněno přidáním atraktantů, například rybí moučky nebo rybího oleje
- 3) paměťové – ryba dává přednost krmení, se kterým již přišla do styku a které jí chutnalo (Stejskal, osobní sdělení)

2.4.4 Načasování krmení a jeho efekt na růst ryb

Efektivnost využití živin z potravy na růst je ovlivněna nejen stravitelností a energetickou hodnotou potravy, ale také energetickým výdejem organismu. Rychleji rostoucí a celkově vitální jedinci získávají nejen potravní výhodu, ale i lepší tělesnou kondici (Metcalf a Thorpe, 1992).

Vzhledem k tomu, že všechny ryby mají endokrinní faktory kontrolované nervovým systémem a řízené environmentálními faktory (zejména fotoperiodou), bylo učiněno mnoho výzkumů k pochopení krmičných biorytmů u chovaných ryb (Boujard, 1999; Madrid, Boujard a SanchezVazquez, 2001). Dokonce i načasování jediného krmení může ovlivnit příjem krmiva, růst a využití živin. Tato skutečnost pravděpodobně souvisí s rozdílnou aktivitou trávicích enzymů během dne. Například Boujard a kol. (1995) zjistili, že ve srovnání s krmením za úsvitu, krmení neodpovídající endogenním rytmům pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*), tj. v jiné hodiny dne nebo o půlnoci, vedly ke špatnému příjmu krmiva a nižším využíváním bílkovin nebo energie. Noble et al. (2007d)

vyhodnotili vliv různých režimů krmení na růst a welfare pstruha duhového, a to tak, že je krmil buď 1) jedinou dávkou krmení v délce trvání třech hodin za úsvitu, nebo 2) třemi dávkami: za úsvitu, v poledne a za soumraku, každá v délce trvání dvou hodin, nebo 3) nepřetržitým přístupem ryb ke krmivu během celé dvanáctihodinové denní periody. Tito autoři nenalezli žádné významné rozdíly v přírůstku, rychlosti růstu, Fultonově koeficientu, růstové heterogenitě ani v množství nespotřebovaného krmiva. Jediným rozdílem byla úroveň agrese, zjištěná podle poškození ploutví, která byla nejvyšší u pstruhů krmených pouze jednou denně. Podobné údaje byly zjištěny u lososa atlantského (*Salmo salar*) (Noble et al., 2007b, c).

2.4.6 Vliv způsobu krmení a zdroje živin na krmnou aktivitu ryb

Způsob krmení musí odpovídat způsobu příjmu krmiva rybami. Většina druhů okounovitých ryb přijímá přirozeně krmivo u hladiny a ve vodním sloupci. Obdobně i candát obecný a okoun říční. Podle toho je nutné zvolit správnou specifickou hmotnost krmiva (pozdolna klesající nebo plovoucí) i tvar krmných částic (u startérových krmiv umožňuje jejich dočasné udržení na hladině). Cílem je tedy krmit tak, aby ryby byly schopny krmivo přijmout ve vodním sloupci. Krmivo ležící na dně může zůstat nevyužito, čímž navíc zhoršuje kvalitu vody (Mareš a kol., 2015). Nicméně, příjem krmiva ze dna je pozorován v pozdějších fázích odchovu, především po předchozím vyláchnění.

2.4.7 Krmení, velikosti dávky, frekvence krmení, příjmu krmiva a schopnosti absorbovat živiny

Příjem krmiva rybami je ovlivňován celou řadou biotických a abiotických faktorů. Mezi nejvýznamnější biotické faktory patří rybí druh a věk ryby (s rostoucím věkem, případně velikostí, klesá intenzita metabolismu, růstu a příjmu potravy). Juvenilní ryby (plůdek, roček) nemají kvalitativně ani kvantitativně stejné nutriční požadavky než starší (adultní) ryby. Juvenilní ryby se vyznačují vyšší intenzitou metabolismu, což vyžaduje relativně vyšší množství živin na jednotku hmotnosti. Pro intenzivní chov okounovitých ryb je běžně používáno krmivo určené původně pro pstruhy (Kaushik, 2013).

U okounovitých ryb je potřeba proteinu u plůdku 48 – 50 %, pro roček 44 až 46 % , nejméně však 43% (Nyina-wamwiza a kol., 2005), pro tržní ryby 40 – 42 %. Obsah sacharidů by pro karnivorní druhy ryb neměl být vyšší než 20 – 22 %, obsah neupraveného škrobu by měl být nejvýše 12 %. Vláknina by neměla být přítomna v množstvím větším než 2 %. Tuky jsou pro karnivorní druhy ryb důležitým zdrojem energie, neboť jejich schopnost trávit sacharidy je omezená. Obsah tuku v komerčních krmných směsích pro pstruha je 10 – 14 %. Tuky navíc obsahují mnoho esenciálních mastných kyselin, které jsou nezbytné pro správný růst a vývoj, dobrou konverzi krmiva atd. (Jirásek a kol., 2005).

Z abiotických faktorů pak mají rozhodující vliv podmínky prostředí (teplota, obsah rozpuštěného kyslíku, případně další fyzikální a chemické parametry vody). Dále pak světelný režim, proudění vody apod. Optimální teplota vody pro příjem a využití potravy je u candáta a okouna 22 – 23 °C, nasycení kyslíkem by nemělo klesat pod 80 - 85 % (Zakeš, 2009).

Dalšími důležitými faktory strategie krmení jsou kvalita krmiva (složení, vlastnosti) a technika krmení (frekvence, intenzita a způsob aplikace). Denní krmná dávka závisí na kusové hmotnosti ryb; u ryb 15 – 80 g činí 2,0 - 3,5 % hmotnosti obsádky, u ryb o kusové hmotnosti 0,2 – 0,5 kg se snižuje na 1,5 – 1,7 % hmotnosti obsádky a dále se snižuje až na 0,6 – 0,8 % hmotnosti obsádky u ryb o kusové hmotnosti 1 – 2 kg (Zakeš, 2009).

2.5 Krmná technika v intenzivních akvakulturních systémech

2.5.1 Typy krmítek a krmných systémů užívaných v intenzivní akvakultuře

Ruční krmení je metoda, kdy chovatel minimálně jednou, ale zpravidla několikrát denně, aplikuje stanovenou dávku krmiva do chovných nádrží. Výhodou ručního krmení je pravidelný vizuální kontakt chovatele s rybou, kontrola příjmu potravy, nebo změny chování ryb, která je prvním příznakem možných zdravotních problémů nebo problémů s kvalitou prostředí. Nevýhodami ručního krmení jsou časová náročnost a ekonomická nevýhodnost (Mareš a kol., 2015).

Při použití automatických krmítek je eliminován vliv lidského faktoru (časová rozkolísanost krmení, neodbornost obsluhy, atd.), ale ztrácí se efekt přímého kontaktu chovatele s rybou při krmení. V praxi je využívána celá řada různých krmítek. Pro aplikaci krmiv je zpravidla využíváno pásové krmítko s hodinovým strojkem. Kapacita těchto krmítek je 3, nebo 5 kg krmiva s délkou aplikace 12 h (Mareš a kol., 2015). Krmení může být zajišťováno rovněž krmítky aplikujícími krmivo v předem stanovených dávkách a frekvenci. Při tomto způsobu krmení jsou krmítka nebo jejich celé systémy založeny na principu časového ovládní dávkovacích mechanismů. Dalšími technickými řešeními automatické aplikace krmiva je např. stlačeným vzduchem, proudem vzduchu vytvořeným elektromotorem, elektromagneticky, rotačním talířem nebo šnekovým podavačem. Někdy se můžeme setkat i s kombinací různých typů krmítek na jedné nádrži. Uvedené typy krmítek jsou vybaveny vlastními zásobníky, které jsou doplňovány ručně nebo automaticky zpravidla jednodenní dávkou krmiva. Další možností je využití samokrmítkových systémů různé konstrukce (Papandroulakis a kol., 2002).

2.5.2 Typy samokrmítkových systémů užívaných ve výzkumu a v komerční intenzivní akvakultuře

Jedním z typů samokrmítek používaných v rybářské praxi jsou dotyková samokrmítka (krmítka s návnadovou tyčí). Krmítko je namontováno nad nádrž s rybami, má násypku sestávající z kuželové nádoby obsahující trychtýř s hubicí směřující přes otvor ve dně nádoby. Kloubová tyč visí vertikálně od středu hubice pomocí závěsného kolíku, který je zapleten do protilehlých otvorů v hubici (Kahrs a Osborn, 1973). Principem těchto krmítek je uvolňování krmiva ze zásobníku prostřednictvím dotykové (návnadové) tyče. Tato krmítka využívají jednoduchého mechanismu uvolňování krmiva samospádem. Ryby si po návyku samy pohybem této tyče aplikují na hladinu krmnou směs. Tato krmítka jsou využívána především v chovech lososovitých ryb (Mareš a kol., 2015).

Pro budoucí využití v intenzivní akvakultuře jsou testována elektrická dotyková krmítka s otočným válcem dávkujícím přesné množství krmiva pro jeden požadavek ryb. Systém je napojen na počítač a je zaznamenáváno množství požadavků a jejich denní rozložení. Rovněž je obsluhou kontrolováno množství nepřijatého krmiva, které zůstává v nádrži. Při tomto způsobu krmení je důležité naučení se ryb krmítko využívat, což může

být největším úskalím při tomto způsobu krmení. Využití těchto samokrmítek je předmětem této diplomové práce.

Nevýhodou dříve používaných samokrmítek (s návnadovou tyčí) je uvolňování krmiva i v případě nechtěných požadavků (nevyvolaných potravní aktivitou) například proplouváním ryb v blízkosti návnadové tyče. Spouštěcí destička samokrmítka se umísťuje 2 cm pod hladinu. U pstruha duhového je popisováno i umístění těsně nad hladinou nádrže (po určité fázi navykání), což omezuje nevyžádané uvolňování krmiva (Covés a kol, 1998). Díky zaznamenávání údajů ze samokrmítek (počet distribucí krmení) do počítače pak lze pomocí známé hmotnosti jedné distribuované dávky lehce získat představu o množství krmení spotřebovaném rybami v nádrži. (Landless, 1976).

2.5.3 Softwarové možnosti dostupných samokrmítkových systémů

Samokrmítka bývají zpravidla připojena na počítačový software, přičemž v současnosti je trhu několik firem podílejících se na vývoji těchto krmítek. Software firmy Imetronic například umožňuje sledovat a řídit až 128 samokrmítek zároveň, kdy zaznamenává počet požadavků ryb, denní časové rozložení požadavků a výdej krmení. Výdej krmiva je nastavitelný, lze například krmítka nastavit tak, aby vydávalo maximálně jednu dávku za minutu (přičemž tento interval je volitelný). Software dále umožňuje nastavení různých pauz v krmení, pravidelného krmení v dané hodiny, či kombinaci několika přístupů. Rovněž lze nastavit, že k uskutečnění jedné distribuce krmiva musí být zaznamenáno více než jeden požadavek (dotyk senzoru). Software se skládá ze tří úrovní: první úroveň, nazvaná „chov“ prezentuje obsádku nádrží, druhá úroveň ve formě grafiky představuje vývoj chovu v reálném čase, třetí úroveň zobrazuje data a grafiku z vybrané nádrže. V tomto softwaru lze nastavovat krmítka nezávisle na sobě - každá nádrž má svůj protokol, kde je číselně i graficky znázorněn počet, frekvence a časové rozložení požadavků (www.imetronic.com, 2016).

Další firmou na trhu je Innovaqua. Jejich software je taktéž využíván k řízení samokrmítek a monitorování krmné aktivity ryb. Pomocí různých druhů spínačů, jako je návnadová tyč, infračervený paprsek nebo čidlo zaznamenávající pohyb ryb pod krmítkem a podle různých parametrů zavedených uživatelem (krmná dávka, frekvence krmení) zajistí pomocí elektrického podavače správnou dávku krmení. Celý systém může

být doplněn softwarem Miranda, který zajišťuje centralizovanou kontrolu systémů a další informace o krmení a nutričním chování ryb (ukládání dat, grafy atd.). Tento software rovněž kontroluje parametry chovného prostředí, jako je teplota vody, pH, obsah rozpuštěného kyslíku, vodivost, průtok, osvětlení systému, tlak, napětí atd. Software je schopen prezentace stavu zařízení a parametrů systému v reálném čase, všechny naměřené hodnoty jsou navíc ukládány v programu MS Excel, odkud mohou být exportovány a statisticky vyhodnoceny (www.innovaqua.com, 2011).

2.6 Využití samokrmítkových systémů

2.6.1 Přínosy a výhody využívání samokrmítkových systémů

Samokrmítkové systémy jsou v chovech ryb využívány především pro jejich potenciál zvyšovat produkci ryb prostřednictvím přesného načasování a dávkování krmení. V tomto směru lze využít časově omezený nebo naopak neomezený výdej krmiva. U časově omezeného výdeje krmiva prokázali Boujard a Médale (1994) u pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) vyšší rychlost růstu ve srovnání s časově neomezeným výdejem krmiva, zatímco studie Noble et al. (2007 a) uvádějí, že růst, koeficient konverze krmiva (FCR) a rozrůstání obsádky pstruha duhového nebyly ovlivněny časovým omezením výdeje krmiva. Navíc, v podmínkách samovolného krmení ad libitum, vykazuje většina druhů specifické krmné rytmy (Paspatis et al., 2000). Další nespornou výhodou samokrmítkových systémů je snížení nebo zamezení plýtvání krmivem, což má příznivý vliv na ekonomickou stránku chovu, neboť náklady na krmení činí u recirkulačních systémů více než 50 % celkových nákladů. To má v konečném důsledku větší konkurenceschopnost produkovaných ryb (Azzaydi et al., 1998 a). V neposlední řadě dojde také ke snížení nákladů na obsluhu.

2.6.2 Proces adaptace (učení) ryb na samokrmítkové systémy

Učení je proces, kterým zvíře těží ze zkušeností, takže jeho chování se lépe přizpůsobuje konkrétním podmínkám prostředí. Schopnost učení byla u ryb zkoumána ve vztahu k několika faktorům, jako je orientace ryb (Warburton 1990, Braithwaite a kol. 1996, Vargas a kol., 2004) a krmení (Kieffer & Colgan 1992).

Proces budování návyku může být ovlivněn mnoha různými aspekty. Patří sem síla a načasování podnětu ve vztahu k vykonání příslušné akce. Například při posílení stimulace okamžitě nebo krátce po odezvě dojde k rychlejšímu učení, než kdyby byla odezva zpožděna. To platí zejména pro sensomotorické učení. Zároveň u některých druhů ryb jsou jedinci schopni učit se od ostatních jedinců. Učení tímto způsobem je mnohem běžnější u společenských druhů, protože tráví více času ve skupinách. Výhoda společenského učení spočívá v ušetření části času a energie. Obecně se také předpokládá, že sociální učení je prospěšné, protože nezkušení jedinci mohou rychle a efektivně získat adaptační chování od zkušenějších jedinců (Brown et al., 2006).

Jak uvádí Alanärä (1996), aby mohl systém samokrmení správně fungovat, musí se ho pstruh duhový nejprve naučit ovládat. Pstruh chovaný v tancích ve skupinách 100-300 jedinců vyžaduje asi 25 dní, aby dosáhl stabilní úrovně samokrmení. Ve velkých nádržích (např. v klecích s velikostí skupin 1000-2000 jedinců) se však pro schopnost samokrmení proces učení nezdá být určující. Při chovu v malých nádržích ve skupinách až do 300 jedinců je samokrmicí aktivita u pstruhů silně ovlivněna vývojem dominantní hierarchie. Za takových situací bude ovládat spoušť malý počet ryb a tím bude mít nepřiměřeně větší vliv na celkové zásobování skupiny krmivem.

Nilsson a Torgersen (2010) zkoumali samokrmítkový systém u tresky (*Gadus morhua*). U poloviny skupin bylo spuštění čidla následováno výdejem potravy, zatímco druhé polovině skupin po aktivaci čidla potrava vydána nebyla. Zpočátku tresky reagovaly častým spouštěním, bez ohledu na to, zda spuštění bylo odměněno krmivem nebo ne. Vysoká počáteční frekvence spouštění u skupin bez výdeje krmiva rychle klesala, až nakonec téměř vymizela. Po 3 hodinách se spouštěcí frekvence krměných ryb odchýlila od skupin nekrmených ryb a zůstala vyšší v průběhu 9 dnů experimentu. Počáteční spouštění vyvolané zvědavostí umožnilo tresce naučení vztahu mezi akcí a odměnou za krátkou dobu.

2.6.3 Vliv samokrmítek na společenskou strukturu (hierarchii) ryb

Jak uvádí Brännäs a Alanärä (1993), krmná aktivita sivenů alpských (*Salvelinus alpinus*) byla zaznamenávána automaticky po dobu 29 dní pomocí samokrmítkového systému pro každou rybu individuálně. Většina ryb (12 - 14 ks z 15) spustila

samokrmítkový mechanismus několikrát během prvních 3 dnů. Poté téměř všechny požadavky na krmení aktivovali pouze jeden nebo dva jedinci v nádrži. Tento výrazný posun v rozložení počtu požadavků mezi jednotlivci byl pravděpodobně způsoben vývojem hierarchie a dominance, kdy dominantní jedinci monopolizovali spoušť. Růst těchto dominantních jedinců byl zároveň nejvyšší.

Jak agresivita, tak kompetice mezi chovanými rybami mají důsledky na zdraví a welfare ryb. Kompetice může vést k tomu, že část obsádky je podvyživená nebo hladová, pokud jsou někteří jedinci opakovaně odháněni od krmení silnějšími a rychlejšími konkurenty (Gill a Hart 1996). Agrese je nebezpečná také tím, že vede k možnosti vzniku zranění se všemi jeho důsledky (vzhled ryby, vznik sekundární infekce) nebo ke zvýšení mortality ryb v nádrži (Sakakura et al., 1998).

2.6.4 Vztah mezi schopností využívat samokrmítka a personalitou ryb

Jak uvádí Ward a kol. (2004) u experimentů s koljuškou tříostnou (*Gasterosteus aculeatus*), varianty chování známé mezi jednotlivci stejné populace, kteří soutěží o zdroje, se liší s ohledem na jejich odvahu nebo plachost. Postavení jednotlivce na ose odvaha-plachost může být definováno jako rozsah, v němž je ochoten se vypořádat s potenciálně zvýšeným rizikem predace, pokud jde o možné zisky zdrojů. Stejně tak může být skupinový život interpretován jako kompromis mezi antidotační taktikou a efektivitou krmení. U samokrmítkových systémů aktivní (odvážné) ryby rychle pochopí souvislost mezi spouštěčem krmení a krmením, získávají dominantní postavení a rychleji rostou.

Rupia a kol. (2016) zjistil, že aktivní a plaché ryby mají velmi odlišné metabolické profily. Ve srovnání s aktivními rybami měli plachší jedinci nižší standard a maximální metabolickou rychlost, stejně jako nižší aerobní rozsahy, což je v souladu s pasivním a méně energeticky nákladným behaviorálním fenotypem. Reakce ryb na akutní stres byly také obráceny; odvážná ryba rychle zvýšila svoji metabolickou rychlost v reakci na neočekávané pohyby rukou na nádrži. Tento nárůst spotřeby kyslíku by jim pomohl odrazit nebo utéct před předpokládanou hrozbou. Naopak, plaché ryby v reakci na vyrušení rychle snížily svou metabolickou rychlost; tento pokles spotřeby kyslíku by jim umožnil zůstat dokonale klidný a nezjistitelný, dokud by nebezpečí nepominulo.

2.6.5 Denní a mezi-denní fluktuace požadavků ryb na krmení (aktogramy)

Aktogramy popisují krmnou aktivitu ryb v čase. U samokrmítkových systémů jsou zaznamenávány požadavky na výdej krmiva a po vynesení na časovou osu je zřejmé, kdy ryby projevují nejvyšší krmnou aktivitu. Sanchez – Vázquez a kol., (1995) uvádí na pokusu s morčákem evropským (*Dicentrarchus labrax*) v recirkulačním systému s použitím samokrmítek odlišné chování ryb v různých nádržích. V některých nádržích vykazovaly ryby denní příjem krmiva, v jiných noční příjem krmiva. Podmínky byly pro všechny ryby stejné, proto se autor domnívá, že si ryby samy spontánně vybraly fázi dne, kdy přijímaly krmivo a byl tedy prokázán dualismus ve výživě morčáka.

Wang a kol. (2008) zkušel různý počet krmení (frekvenci) za den u candáta (jednou, třikrát a šestkrát denně). Bylo zjištěno, že nejvyššího přírůstku dosáhly ryby při krmení třikrát denně. Při pokusu ovšem nebyl zkoumán vliv fotoperiody.

2.6.6 Denní a mezi-denní fluktuace aktivity zažívacích enzymů (pepsinu, trypsinu, lipázy a amylázy) a hladiny glukózy v krvi ryb

U ryb jsou krmení a cyklus světlo/tma rozhodující faktory při ovlivňování biologických rytmů. Pravidelné krmení nejen ovlivňuje rychlost růstu a potravní chování, ale také spoluurčuje další fyziologické proměnné. U karnivorních druhů, jako je losos obecný (*Salmo salar*) probíhá proteolýza přijatého krmiva zpočátku v žaludku pomocí pepsinu a trávení probíhá ve střevě pomocí hydrolytických enzymů (lipáza, karbohydráza a trypsin). Aktivita hlavních zažívacích enzymů, jako jsou proteázy a amyláza, je jedním z nejdůležitějších parametrů při určování efektivity dané stravy (Mohanta et al., 2008)

Denní výkyvy hladiny glukózy v krvi jsou silně závislé na krmení, neboť při hladovění dosahovala hladina glukózy minimálních hodnot (Polakof et al., 2007).

2.6.7 Predominance krmné aktivity v rámci dne (denní versus noční aktivita)

Jak uvádí Coves, Gasset, Lemarié a Dutto (1998) při jejich výzkumu na morčákovi evropském (*Dicentrarchus labrax*) může samokrmítkový systém způsobovat plýtvání

krmivem, pravděpodobně v důsledku neúmyslných kontaktů ryb se spouštěcím zařízením. Proto byly použity ochranné prvky spouštěcího zařízení, které byly navrženy tak, aby se zabránilo náhodnému styku ryb a tím náhodnému spouštění návnadové tyče. Noční a denní dávkování krmiva a nespotřebované krmivo byly porovnávány za podmínek, kdy byla návnadová tyč nechráněná nebo chráněná kovovými nebo válcovitými sítí. Testy byly prováděny s použitím neomezeného režimu distribucí krmiva. Ryby byly vystaveny 4 - hodinové světelné fotoperiodě a 20 - hodinové tmavé periodě. Byly zaznamenány denní požadavky na výdej krmiva a noční i denní dávkování krmiv. Ryby aktivovaly spoušť převážně v noci, s výjimkou jedné skupiny vystavené návnadové tyči chráněné polokovovým sítím, kde byla aktivita spouštění postupně distribuována v celém světlém i tmavém cyklu. Válcová clona výrazně snížila plýtvání krmivem a ryby byly schopny lokalizovat a aktivovat spoušť dokonce i v úplné tmě, aby získaly dávku krmiva.

2.6.8 Vztah mezi krmením ryb a pohybovou aktivitou

Trvalé plavání při mírných rychlostech vody je považováno za prospěšné. Pokud jde o produkční ukazatele lososovitých ryb, musí být však ještě mechanismy účinku nuceného plavání na růst ryb jednoznačně stanoveny. Skov a kol (2015) vyhodnocovali účinky mírného nuceného plavání na bioenergetiku pstruha duhového během 15týdenního růstového experimentu, ve kterém byly ryby chovány ve třech různých rychlostech: $BL\ s^{-1}$, $0,5\ BL\ s^{-1}$ a klidnou vodu ($\approx 0\ BL\ s^{-1}$). Náhodně vybrané skupiny 100 ryb byly nasazeny do dvanácti 600 L nádrží a udržovány v režimu s omezeným krmením. Každé 3 týdny byly při přelovení ze zjištěných hmotností vypočteny tyto parametry: specifická rychlost růstu (SGR) a poměr konverze krmiva (FCR). Rutinní rychlost metabolismu (RMR) byla měřena každou hodinu jako rychlost spotřeby kyslíku v nádržích a pozitivně korelovala s rychlostí plavání. Celkové vylučování amoniakálního dusíku (TAN) ukázalo tendenci k poklesu se zvyšujícími se rychlostí plavání, nicméně ani TAN, ani výsledné kvocienty dusíku (NQ) neukázaly, že plavání významně snižuje podíl dietních proteinů používaných k metabolismu. Energetická bilance odhalila pozitivní korelaci mezi výdaji energie a rychlostí vody, v níž byly ryby chovány. Ryby, které byly nuceny plavat a současně byly krmené omezeně měly nižší úroveň růstu a

zhodnocení krmiv. Výsledky ukázaly, že u pstruha duhového nucené plavání negativně ovlivňuje růst i přes nepatrné pozitivní změny ve využití krmiva (Skov a kol., 2015).

2.6.9 Využití samokrmítkových systémů pro studium různých aspektů intenzivního chovu ryb

Teplota vody je jedním z klíčových aspektů intenzivního chovu ryb. Jak uvádí Alanärrä (1996), každá změna teploty vody je rychle následována odpovídající změnou vlastní činnosti samokrmení až do asi 15 °C. Nad touto teplotou pstruh snižuje svou aktivitu, což naznačuje, že aktivita krmení dosahuje maxima kolem 15 °C. Úroveň odměny (množství krmiva přijatého v reakci na jedno spouštění) je jedním z nejdůležitějších faktorů, které vyžadují správné nastavení, aby došlo k optimalizaci růstu a využití krmiva při použití samokrmítkových systémů.

Dalším důležitým aspektem je preference různých druhů krmiva rybami. Ryby se mohou nejen naučit aktivovat samokrmítka, když mají hlad, ale také v závislosti na tom, který podavač obsahuje jaký typ krmiva (reference). Ryby tedy rozlišují mezi krmítky na základě jejich obsahu. Tento atribut je pro volbu atakovaného krmítka určující a má u ryb přednost před všemi ostatními. Upřednostnění jednoho typu krmiva před jiným typem může být ověřeno výměnou krmiva mezi krmítky, kdy se ryby v krátké době přeucí na krmítko s preferovanou potravou. Schopnost ryb rozlišovat mezi krmítky na základě obsahu potravy bylo popsáno u několika druhů (Attia et al., 2012). Například Montoya a kol. (2011) u pokusu s mořanem zlatým (*Sparus aurata*) zjistil, že u ryb, které měly na výběr mezi dvěma samokrmítky, kdy první obsahoval oxidované krmivo a druhý neoxidované kontrolní krmivo se za 10 dní vyvinula preference pro samokrmítko obsahující kontrolní neoxidované krmivo.

2.6.10 Vliv použití samokrmítek na plýtvání krmivem a srovnání s ostatními přístupy ke krmení ryb

Samokrmítka ve srovnání s ostatními způsoby krmení (ruční krmení, pásová krmítka) vynikají úsporou krmiva, a tudíž redukcí nevyužitého krmiva, ovšem za předpokladu, že jsou na ně ryby naučené. U některých druhů, jako je pstruh duhový mají samokrmítka lepší účinnost než kontinuální podávání krmiva, a tak mohou být tímto

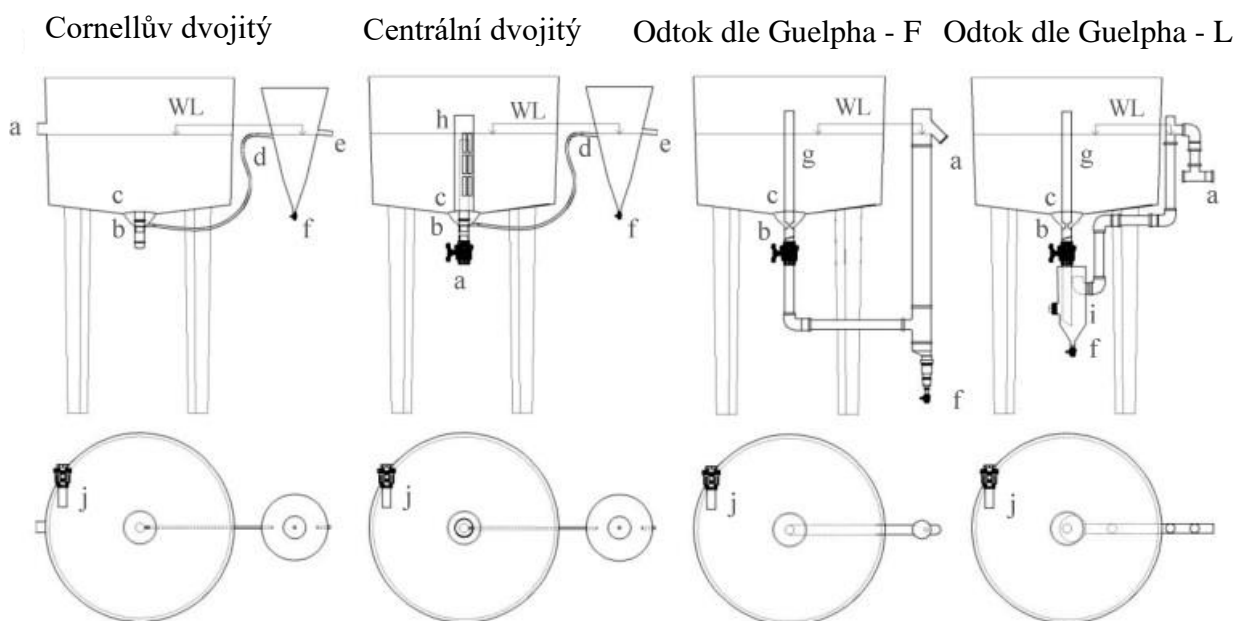
způsobem sníženy ztráty nespotřebovaného krmiva bez vlivu na rychlost růstu ryb (Alanära, 1992 b).

2.6.11 Systémy pro kvantifikaci nespotřebovaného krmiva

Při správné krmné technice (adaptace ryb na krmivo, použití optimálních denních dávek krmiva a jejich rozdělení v průběhu dne, vhodného složení a velikosti krmiva, minimální, resp. žádný podíl prachových částí krmiva, respektování zdravotního stavu a ochoty ryb přijímat krmivo) by se zbytky rybami nepřijatého krmiva neměly v podstatě vyskytovat, resp. jejich množství by mělo být zanedbatelné.

Nespotřebované krmivo lze kvantifikovat pomocí sedimentačních kónusů zabudovaných ve dně nádrže, ze kterých je nespotřebované krmivo buďto odčerpáváno, nebo je na dně kónusu zavedeno odkalovací potrubí. Pro kvantifikaci nespotřebovaného krmiva lze použít i vnější sedimentační kónusy různých konstrukcí využívající rozdílné profily rychlosti odtékající vody, resp. jejich vliv na splachování pevných látek. Typy kónusů popisuje následující schéma:

Obrázek č. 1: Typy odkalovacích kónusů dle Carvalha kol. (2013).



Použití drenážních systémů je jednoduchou a nenákladnou metodu pro stanovení denního příjmu krmiva skupin ryb v nádržích. Metoda vychází ze sběru odpadního krmiva z odpadní vody a sestává z účinného drenážního systému a kolektoru. Tato technika je závislá na použití krmiv s dobrou fyzikální stabilitou. Denní příjem ryb v nádrži se vypočítá podle rozdílu mezi krmným množstvím a množstvím shromážděného odpadu (korigovaným pro ztráty z vyluhování). Systém lze kombinovat s jakýmkoliv typem krmení, ve kterém se používají pelety. Umožňuje přesné měření příjmu pro výzkumné účely nebo může být použito v komerčních operacích pro nastavení hladiny krmení bez znalosti biomasy v nádrži nebo teplotě vody (Helland a kol., 1996).

3. Materiál a metodika

3.1 Získání a původ ryb pro vlastní experimenty

K pokusu byl využit plůdek candáta pocházející z hospodářství pana Miroslava Čakla v Jihlavě. Rychlený plůdek o velikosti 3 - 4 cm byl metodou cofeedingu převeden na granulované krmivo a odchován do velikosti 20 – 40 g. Plůdek okouna byl získán jako půlroček při výlovu rybníka Školního rybářství Protivín. Následně byly vytríděny ryby o velikosti 5 – 8 cm, které byly také převedeny na umělou potravou pomocí cofeedingu a odchovány do velikosti 20 – 30g.

Postup prostorové a potravní adaptace ryb odchovaných v rybníční podmínkách probíhal pro okouna i candáta stejně a sice takto:

Den 1 – nasazení na recirkulační systém, bez krmení

Den 2 – krmení patentkami (100 % DKD), ad-libitum, frekvence krmení 1x za hodinu

Den 3 - krmení patentkami (75 %) a suchou směsí (25 %), ad-libitum, frekvence krmení 1x/hodinu

Den 4 - krmení patentkami (50 %) a suchou směsí (50 %), ad-libitum, frekvence krmení 1x/hodinu

Den 5 - krmení patentkami (25 %) a suchou směsí (75 %), ad-libitum , frekvence krmení 1x/hodinu

Den 6 - krmení suchou směsí (100 %), ad-libitum , frekvence krmení 1x za hodinu

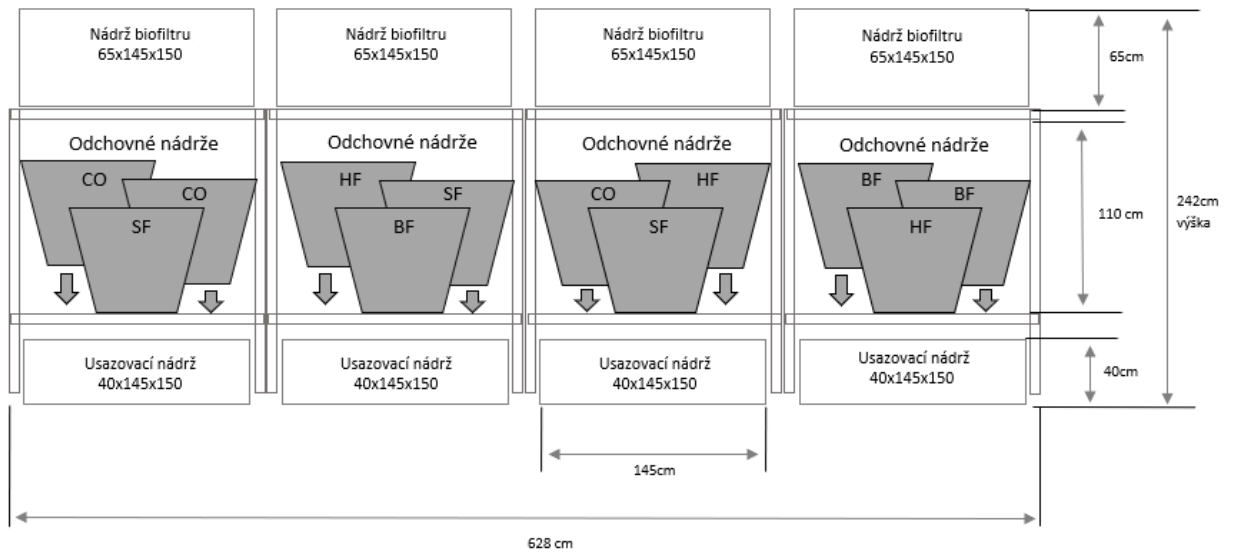
Suchou směs představovaly komerčně vyráběné granule BioMar s obchodním názvem INICIO Plus o velikosti granulí 1,5 mm a 2 mm.

3.2 Experiment – Vliv strategie krmení na růst, růstovou heterogenitu a využití krmiva u juvenilních candátů obecných

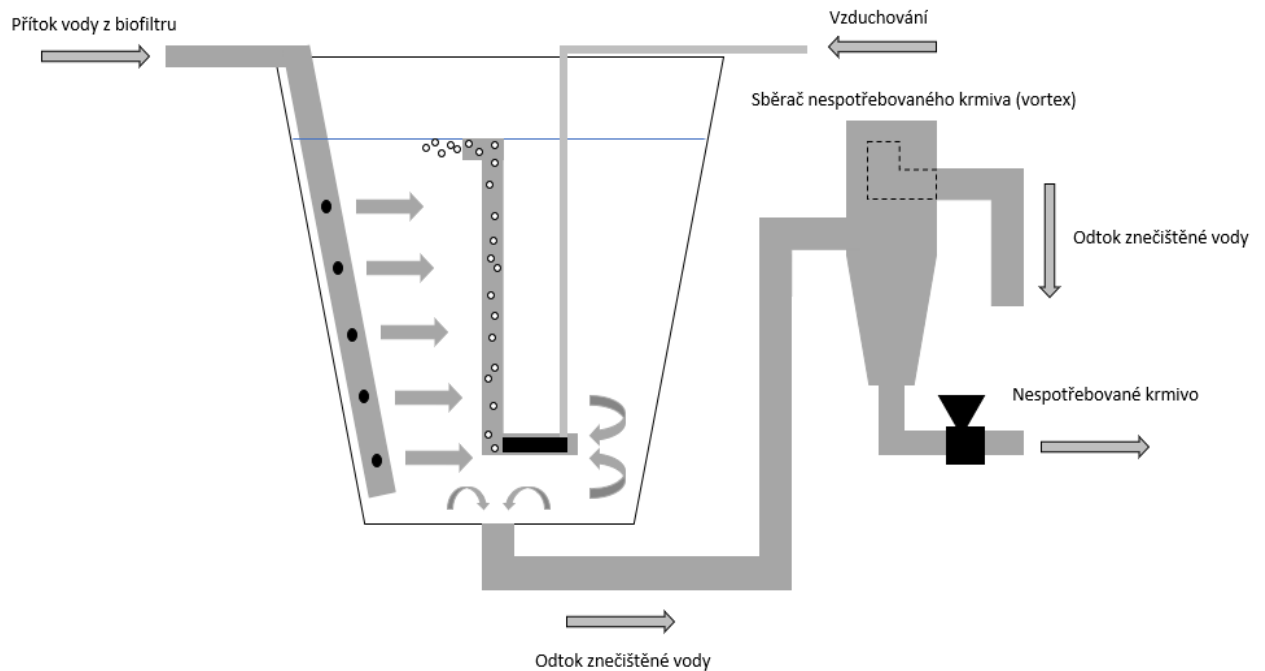
3.2.1 Popis experimentálního recirkulačního systému pro odchov ryb

Pokus probíhal v recirkulačním systému akvarijní místnosti Fakulty rybářství a ochrany vod na Husově třídě. Recirkulační systém (Obr. 1) byl složen z 12 plastových odchovných nádrží slabě kónického tvaru o objemu 350 litrů. Znečištěná voda z odchovných nádrží byla odváděna do usazovacích nádrží umístěných pod odchovnými nádržemi (odtok samospádem). Na odtoku z nádrží se nacházel vortex k zachycení nespotřebovaného krmiva (Obr. 4). Usazovací nádrže byly celkem 4 a měly celkový objem 3000 litrů. V usazovacích nádržích bylo umístěno médium Bioakvacit PP 10. Z usazovacích nádrží byla posléze voda čerpána do biofiltru umístěného nad odchovnými nádržemi. Nádrže biofiltru byly celkem 4 s celkovým objemem 5200 litrů a byly naplněny plovoucím médiem (RATZ BT10). Z biofiltru odtékala vyčištěná voda samospádem do odchovných nádrží. Přítok byl instalován jako postranní pomocí perforované trubky. Do každé nádrže bylo zavedeno vzduchování. Hadička se vzduchovacím válečkem byla zavedena do plastové trubky tvaru Z, jejíž zadní konec byl nade dnem a přední konec na hladině. Tím vznikl účinný airlift, který napomáhat krouživému pohybu vody (Obr. 2 a 3). Odtok vody se nacházel uprostřed dna nádrže, byl opatřen mřížkou a vybaven přepadem. Celý systém byl umístěn v ocelovém stojanu, k němuž byly před začátkem pokusu připevněny držáky, na něž byla nainstalována dotyková samokrmítka (výrobce IMETRONIC). Těmito krmítky bylo opatřeno celkem 6 nádrží (experimentální skupiny CO a SF). Nad nádrže pro skupiny ryb krmených pásovými krmítky (celkem 3 nádrže) byla nainstalována pásová krmítka (výrobce FIAP).

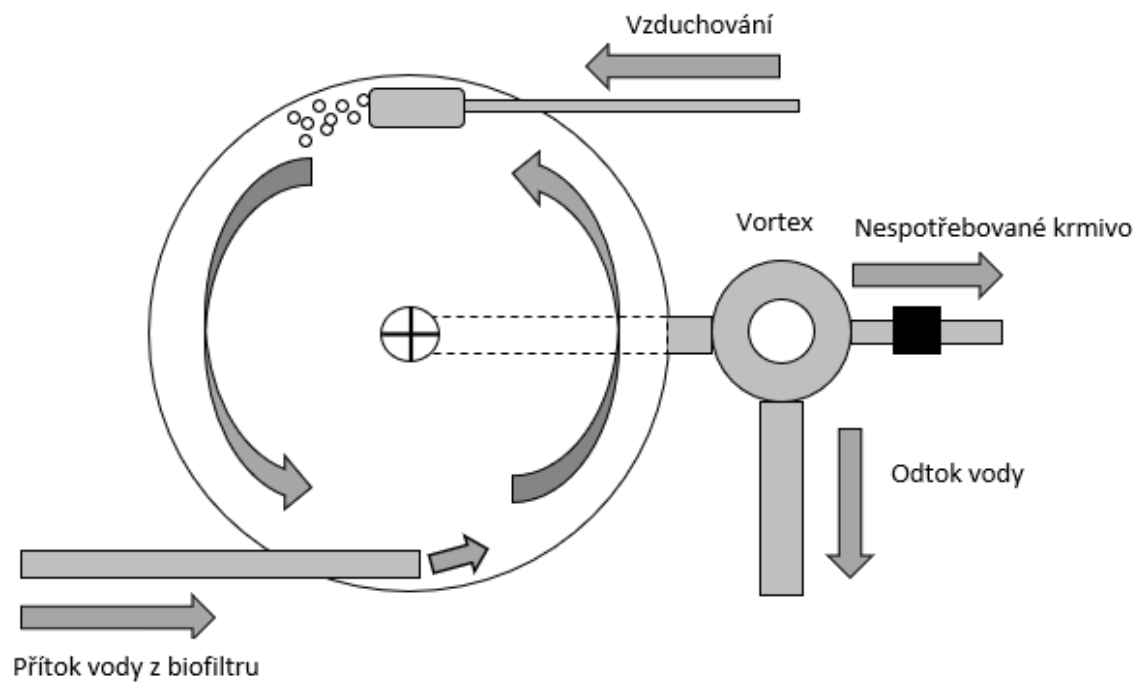
Obrázek č. 1: Schéma recirkulačního systému pro odchov candáta.



Obrázek č. 2: Schéma nádrže pro odchov candáta



Obrázek č. 3: Schéma nádrže pro odchov candáta; půdorys.



Obrázek č. 4: Systém pro odchov candáta, detail vortexu.



3.2.2 Vlastní popis experimentu na juvenilních rybách

Při experimentu byly testovány 4 skupiny ryb:

- 1) krmené ručně – označení HF, frekvence krmení 4x denně, v 8:00, 11:00, 14:00 a 17:00
- 2) krmené pasovým krmítkem – označení BF od 8:00 do 20:00
- 3) krmené podle vlastního požadavku dotykovým samokrmítkem – označení SF, od 8:00 do 20:00
- 4) krmené dopoledne automaticky v 8:00, 10:00, 12:00 a 14:00 a odpoledne dle vlastního požadavku samokrmítkem – označení CO

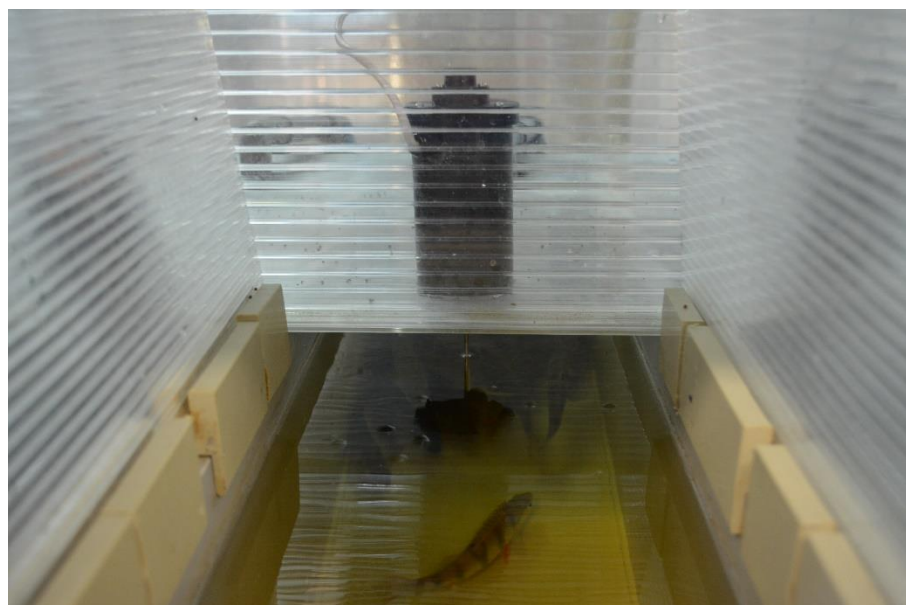
Každá skupina byla v pokusu testována ve třech opakováních. Ryby byly krmeny granulami BioMar INICIO Plus o průměru 2 mm (protein 52 %, tuk 23 %). První skupina byla krmena ručně obsluhou akvarijní místnosti dle ochoty ryb přijímat krmivo. Druhá skupina byla krmena pásovými krmítky rovněž dle krmných dávek uváděných výrobcem, u kterých obsluha akvarijní místnosti pouze kontrolovala dostatek krmiva v krmítku. Třetí skupina byla krmena dotykovými samokrmítky. U této skupiny obsluha pouze kontrolovala dostatek krmiva v zásobníku krmítka (Obr. 5.1). Čtvrtá skupina byla krmena kombinovaně; první polovinu světelné části dne bylo samokrmítkem automaticky dávkováno krmení, ve druhé polovině světelné části dne již krmítko fungovalo podle požadavku ryb prostřednictvím sensoru (Obr. 5.2). Předmětem testování bylo zjišťování, zda se ryby naučí využívat dotyková samokrmítka a zdali bude mít tento způsob krmení pozitivní vliv na růst a využití krmiva v porovnání s běžnými způsoby jako jsou ruční krmení a automatická pásová krmítka (Obr. 6). Dalším výstupem experimentu bylo porovnání krmení ryb pouze dle vlastního požadavku a kombinací automatického krmení a krmení dle vlastního požadavku. Využití krmiva vyjádřené hodnotou FCR bylo u těchto skupin kalkulováno na základě počtu distribucí a známé hodnoty jedné distribuce. Předpokladem bylo, že ryby krmené polovinu světelné části dne automaticky si rychleji vytvoří návyk na dotykové samokrmítko a budou ho lépe využívat.

Obrázek č. 5: Jednotlivé prvky samokrmítkového systému

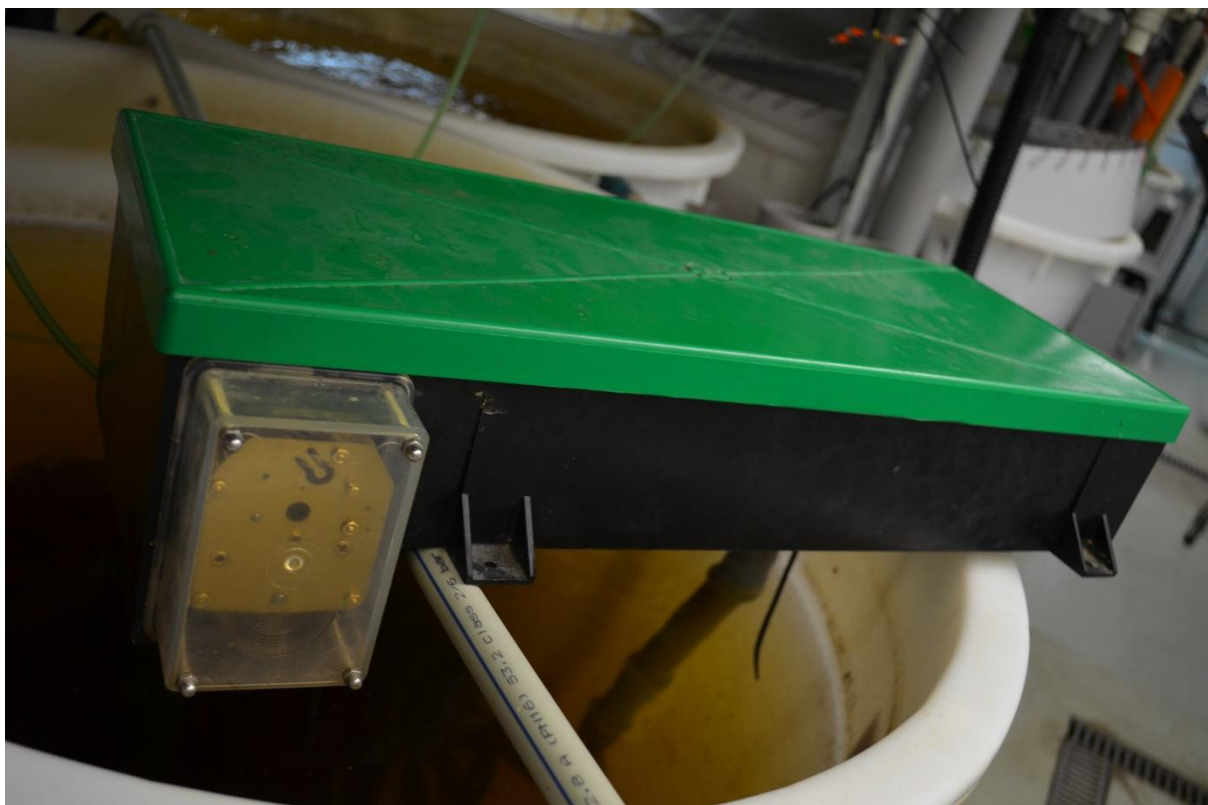
Obrázek 5.1: Zásobník krmiva s otočným válcem



Obrázek 5.2: Sensor samokrmítka umístěný nad nádrží s rybami.



Obrázek č. 6. Pásové krmítko.



3.2.3 Denní režim a harmonogram celého pokusu

Experimentu předcházelo roztřídění ryb podle váhy, pro pokus byly využity pouze tři skupiny ryb – 20 – 25 g, 25 – 30 g, 30 – 35 g. Z počtu ryb v jednotlivých skupinách byl vypočten poměr jednotlivých skupin pro každou nádrž tak, aby bylo v každé nádrži 90 kusů ryb. Průměrná hmotnost nasazovaných ryb byla $27,0 \pm 4,5$ g a průměrná celková délka byla 162 ± 8 mm. Následně byly zkompletovány obsádky pro jednotlivé nádrže a byla zaznamenána jejich celková biomasa. Průměrná biomasa v nádržích činila 24288 ± 91 g. Poté byly nádrže nasazeny a další dva týdny probíhala navykací fáze ryb na podmínky systému. Po skončení první fáze experimentu byla spuštěna pásová a dotyková krmítka. Po spuštění experimentu bylo obsluhou zajišťováno ruční krmení ryb a byla kontrolována naplněnost zásobníků automatických krmítek a dotykových samokrmítek. Denně byl měřen obsah kyslíku v nádržích a bylo odstraňováno nespoteřované krmivo pro účely následné kvantifikace. Vlastní experiment trval 42 dní, přičemž proběhla tři kontrolní přelovení ryb (den 0, den 21, den 42) při kterých byly zaznamenávány biometrické údaje - celková délka (CD), délka těla (DT), hmotnost (W) u všech ryb.

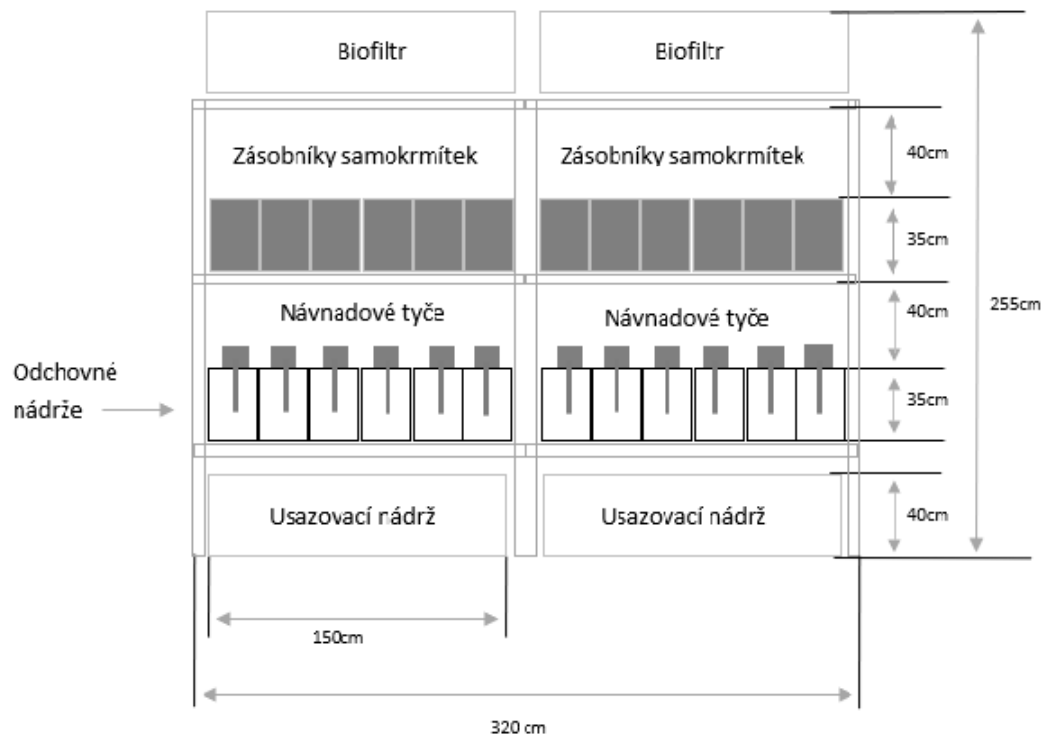
Naměřené údaje byly zaznamenávány do protokolu. Při přelovení byla nádrž nejdříve slovena, poté byly ryby postupně anestetovány roztokem hřebíčkového oleje (koncentrace $0,03 \text{ ml.l}^{-1}$) a pomocí měřicí destičky a digitálních vah byly zjištěny biometrické údaje. Poté byly ryby umístěny do nádoby s vodou ze systému a po odeznění anestezie byly ryby navraceny zpět do systému.

3.3 Experiment – Vliv hustoty obsádky na růst, růstovou heterogenitu a využití krmiva u juvenilních okounů říčních krmených samokrmítky

3.3.1 Popis experimentálního recirkulačního systému pro odchov ryb

Experiment probíhal v recirkulačním systému akvarijní místnosti na Husově třídě. Recirkulační systém (Obr. 8) se skládal z 12 plastových nádrží tvaru hranolu s průhlednou čelní stěnou, dělicího zadní stěnou, airliftem a odkalovací konusem. Každá nádrž měla užitečný objem 60 litrů. Znečištěná voda z odchovných nádrží byla samospádem svedena do dvou usazovacích nádrží o celkovém objemu 1500 litrů s naplní Bioakvacitu PP10. Z usazovacích nádrží byla voda čerpána do biofiltru umístěného nad odchovnými nádržemi, který tvořily dvě nádrže o celkovém objemu 2600 litrů, které byly naplněny filtračním médiem (RATZ, BT10) (Obr. 7). Vyčištěná voda z biofiltru byla samospádem odváděna zpět do odchovných nádrží. Do každé nádrže bylo zavedeno vzduchování pomocí válců s EPDM membránou připevněných na dělicí stěnu. Každá nádrž byla ze $\frac{3}{4}$ vybavena krytem proti vyskočení ryb, zbývající čtvrtina byla otevřená pro umožnění krmení a byla vybavena zvýšenými bočnicemi proti vyskočení ryb. Nad nádržemi byla instalována dotyková samokrmítka s návadovou tyčí ponořenou pod hladinu nádrže (Obr. 9). Celý systém byl umístěn v ocelovém stojanu. Přední strana nádrží byla zakryta netkanou textilií černé bravy proti plašení ryb osvětlením místnosti, pohybem obsluhy atd.

Obrázek č. 7: Schéma recirkulačního systému pro odchov okouna.



Obrázek č. 8: Systém pro odchov okouna.



Obrázek 9: Detail nádrží s umístěnými sensory, pohled do nádrže.



3.3.2 Vlastní popis experimentu na juvenilních rybách

Během experimentu byly sledovány 3 skupiny ryb;

1) skupina s hustotou 0,6 ks.l⁻¹

2) skupina s hustotou 1,0 ks.l⁻¹

3) skupina s hustotou 1,4 ks.l⁻¹

Každá skupina byla v pokusu testována ve čtyřech opakováních. Ryby byly krmeny krmivem BioMar INICIO o průměru 1,5 mm (protein 54 %, tuk 22 %). Všechny skupiny byly krmeny samokrmítkem se senzorem tyčí (viz Obr. 9), rozdíl byl v hustotě obsádky nádrže. Byla testována schopnost ryb naučit se používat dotykové samokrmítko a hypotéza, podle níž se zvyšující se hustotou obsádky vzrůstá počet požadavků na krmivo. Dále byla hodnocena hmotnostní a růstová vyrovnanost obsádky, konverze krmiva, denní a mezidenní fluktuace v potravním chování a rychlost růstu. Konverze krmiva vyjádřená hodnotou FCR byla u těchto skupin kalkulována na základě počtu distribucí a známé hodnoty jedné distribuce.

3.3.3 Denní režim a harmonogram celého pokusu

Vlastnímu experimentu předcházelo roztřídění ryb do skupin o váze 20 – 25 g, 25 – 30 g a 30 – 35 g. Z počtu ryb v jednotlivých skupinách byly vypočteny poměry ryb pro každou nádrž podle hustoty obsádky a byla zaznamenána počáteční biomasa ryb pro každou nádrž. Průměrná hmotnost nasazovaných ryb byla $25,4 \pm 3,9$ g a průměrná délka činila 128 ± 7 mm. Průměrná biomasa činila pro nádrže s nejnižší hustotou ryb (SD 0,6) 991 ± 20 g, pro nádrže se střední hustotou (SD 1,0) 1490 ± 25 g a pro nádrže s nejvyšší hustotou (SD 1,4) 2101 ± 29 g. Poté byly nádrže nasazeny a probíhala týdenní navykací fáze ryb na podmínky chovu. Po skončení navykací fáze proběhlo spuštění dotykových krmítek ve všech nádržích. Před začátkem experimentu také proběhlo první přelovení spojené s měřením biometrických ukazatelů. Po začátku experimentu byla obsluhou každý den kontrolována funkčnost všech součástí systému, bylo doplňováno krmení do zásobníků dotykových samokrmítek a byl měřen obsah kyslíku v nádržích. Po dobu trvání experimentu byla provedena celkem tři přelovení (den 0, den 21, den 42) při kterých byly

měřeny biometrické údaje – celková délka (CD), délka těla (DT), hmotnost (W). Naměřené údaje byly zaznamenávány do záznamových archů. Při přelovení byla nádrž nejdříve slovena, poté byly ryby postupně uspány v roztoku hřebíčkového oleje ($0,03 \text{ ml.l}^{-1}$), anestetizované ryby byly poté změřeny na měřící destičce a zváženy na digitálních vahách. Poté byly ryby umístěny do nádoby s vodou z recirkulačního systému a po odeznění účinků anestezie byly vráceny zpět do nádrží.

3.4 Zpracování získaných dat a údajů

Získané biometrické údaje byly ručně zaznamenány do záznamových archů a poté přepsány do programu MS Excel, kde byly tvořeny grafy a tabulky. Hrubá data byla automaticky zaznamenána softwarem POLY (IMETRONIC). Zpracování dat z dotykových samokrmítek proběhlo s využitím programu POLY FILES (IMETRONIC). Tento program zaznamenává počet a denní fluktuaci požadavků o krmivo pro každý den a vynáší je na časovou osu. Data z programu POLY FILES byla následně extrahována taktéž do MS Excel, kde byla provedena jejich grafická úprava. Statistické zpracování proběhlo s využitím programu STATISTICA 12.0. Data byla testována na normalitu pomocí Cochran, Hartley, Barlett testu. Testovaná data nesplnila homogenitu rozptylu, a proto byl použit neparametrický test Kruskal – Wallis. Testovaná hladina významnosti byla $p \leq 0,05$, signifikantní rozdíly byly v grafu znázorněny pomocí rozdílných indexů.

3.5 Postup nastavení software samokrmítkového systému

Nejprve byla spuštěna aplikace POLY nainstalovaná v PC v akvarijní místnosti. Poté byl v programu MS Excel vytvořen program nastavení systému krmení. V tomto programu Excel lze zadat údaje o činnosti samokrmítka, například automatické otáčení válce v krmítku v různých časových intervalech a výdeje krmiva, počet distribucí za jednotku času, počet požadavků nutných k uskutečnění jedné distribuce krmné dávky atd, které pak aplikace POLY používá pro chod samokrmítkového systému. V našem experimentu bylo konkrétní nastavení, kdy byly distribuce omezeny na jednu distribuci za minutu neohledně na počet požadavků (byly však zaznamenávány i požadavky, které nevedly k distribuci). U pokusu na juvenilních candátech bylo navíc ve skupině CO

(kombinace krmení) nastaveno samokrmítko na automatické krmení danou dávkou krmiva jednou za 2 hodiny během dopoledne, odpoledne pak bylo krmítko nastaveno na krmení dle požadavku ryb (opět maximálně jedna distribuce za minutu). Toto nastavení bylo prováděno v záložce „exercise“ v programu POLY. Po zmáčknutí tlačítka „open“ byl otevřen krmený program nastavený v MS Excel (nastavení maximálně jedné distribuce za minutu), poté bylo zadáno použití pro všechny aparáty (funkce „validate“). Systém i každá jednotlivá nádrž mohly být kdykoliv vypnuty nebo pozastaveny tlačítky „on/off“ pro každou nádrž a tlačítkem „general on/off“ pro celý systém.

V aplikaci POLY byl dále zadán počet nádrží v systému (počet samokrmítek), každá nádrž (systém) byla pojmenována a byl pro ni vytvořen soubor dat, do kterého se po spuštění systému ukládaly údaje o počtu požadavků a distribucí. Soubor s daty byl poté ukládán s unikátní příponou .sea, která je pro aplikaci POLY zadána výrobcem. Ze souboru naměřených dat v souboru POLY poté aplikace POLY FILES složí data dle časové posloupnosti do dokumentu v programu MS Excel, kde s nimi lze dále pracovat. Tato extrakce dat byla prováděna jednou týdně, kdy byla data ukládána a je zároveň byla přejmenována každá nádrž v systému –každý týden bylo měněno pořadové číslo týdne v průběhu pokusu. Tento úkon sloužil jako prevence smazání získaných dat a také k lepší orientaci v uložených excelových souborech a následnou práci se získanými daty. Vyhodnocení získaných dat a jejich grafické znázornění bylo taktéž prováděno jednou týdně.

Obrázek č. 10: Zobrazení aparátů (nádrží) v programu POLY, zobrazení jednotlivé nádrže, stahování dat z programu POLY.

POLY (EN) V5.4.4 03/10/17

File Exercise Display Settings Label Previous app. Next app. General On/Off

App. #1 à 24

Apparatus #1 to Apparatus #12. Each panel shows:

- Distrib: 0
- Demands: 0
- Buttons: ON, Pause
- HMS: 0 : 0 : 0

POLY (EN) V5.4.4 03/10/17

File Exercise Display Settings Label Previous app. Next app. General On/Off

App. #1

Apparatus #1

File Exercise Graph settings

Animal	Time before(s)
Treatment	Max time(min)
Date	PeI/Inj Max
Gene	Cage Yoked
Dose	OffsetFz(ms) 2000
Voie	Inj Time(s)

Simulation

ON Pause

HMS 0 : 0 : 0

Distrib 0

Demands 0

Session:
No exercise
(Row.CS1.CS2.CS3) ROW

Page Speed
1 1

Visits

Distributions

Distribution

dT= 1000 ms

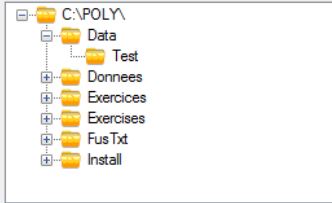
In ms	Ti	Tj	Tk	D1	TOP	RD	STR1	STR2	NEXT1	NEXT2	NEXT3	CT1	CT2
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													

Merge

Files:

5okoun1.sea
5okoun10.sea
5okoun11.sea
5okoun12.sea
5okoun2.sea
5okoun3.sea
5okoun4.sea
5okoun5.sea
5okoun6.sea
5okoun7.sea
5okoun8.sea
5okoun9.sea

Folders:



Information

Processing:

Output file: C:\POLY\Fustbt\5.tyden 4 pokus.xls

Report

5.4.2018 11:20:12
Merging completed
Problem with file 5okoun1.sea - Seance:1
Problem with file 5okoun10.sea - Seance:1
Problem with file 5okoun11.sea - Seance:1
Problem with file 5okoun12.sea - Seance:1

Files to merge

5okoun1.sea
5okoun10.sea
5okoun11.sea
5okoun12.sea
5okoun2.sea
5okoun3.sea
5okoun4.sea
5okoun5.sea
5okoun6.sea
5okoun7.sea
5okoun8.sea
5okoun9.sea

.sea

Selection

All

Number of files selected: 12

Remove selected files

Remove all files

3.6 Produkční ukazatele

- Celková délka – (CD) v mm měřená od předního okraje rypce k nejzazšímu místu ocasní ploutve
- Délka těla – (DT) v mm měřená od okraje rypce ke konci ocasního násadce
- Hmotnost – celková hmotnost ryby v g.
- Fultonův koeficient (FC) - $(Wt/TL^3)*100$
- Koeficient konverze krmiva (FCR) - $F/(Wt - W0)$ v g krmiva/g přírůstku
- Specifická rychlost růstu (SGR) - $[(\ln Wt - \ln W0).t^{-1}]*100$ v $\% \cdot \text{den}^{-1}$

Vysvětlivky:

Wt - hmotnost biomasy ryb na konci pokusu

W0 - hmotnost biomasy ryb na začátku pokusu

t - počet dnů trvání pokusu

F - spotřeba krmiva za dobu pokusu

SD - směrodatná odchylka

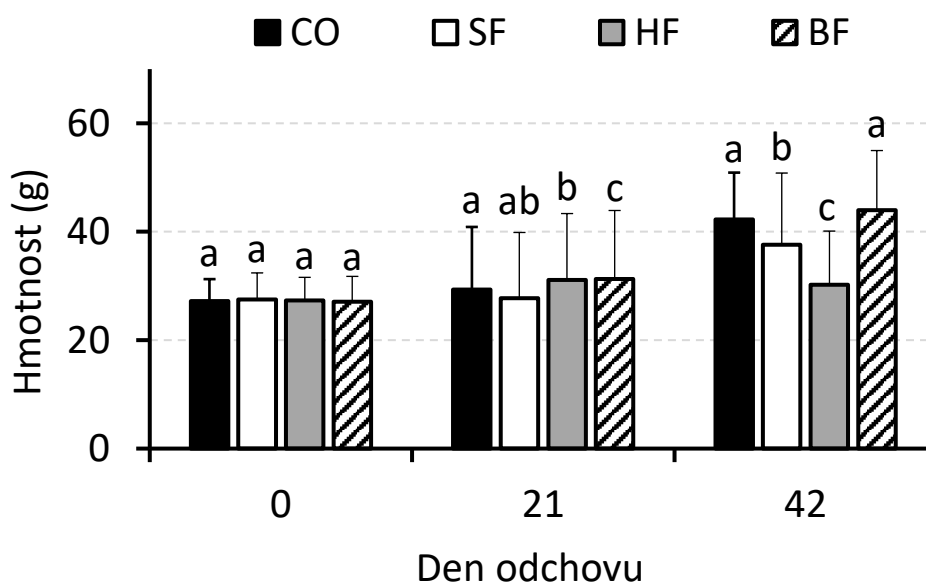
4. Výsledky

4.1 Vliv různých způsobů krmení na růst a potravní chování candáta obecného

4.1.1 Hmotnost těla

Hmotnostní přírůstek byl nejdůležitějším sledovaným parametrem. Počáteční průměrná hmotnost ryb \pm SD byla pro všechny skupiny $27.0 \pm 4,5$ g bez signifikantního rozdílu mezi skupinami (Graf č. 1). V polovině pokusu (den 21) byly pak zaznamenány signifikantně vyšší průměrné hmotnosti ryb u skupin, které byly krmeny ručně (HF) a pásovým krmítkem (BF), zatímco skupiny krmené samokrmítkem kombinovaně (CO) mírně zaostávaly, skupina krmená výhradně samokrmítkem (SF) výrazněji. Na konci pokusu zaznamenala statisticky vyšší průměrné hmotnosti skupina BF a CO, s $44,0 \pm 11,0$ g, respektive $42,3 \pm 8,6$ g. Skupina SF měla průměrnou hmotnost na konci experimentu $37,6 \pm 13,2$ g. Statisticky nejmenší hmotnost byla zaznamenána u skupiny HF, u které byla zjištěna průměrná hmotnost $30,2 \pm 9,9$ g (Graf č. 1).

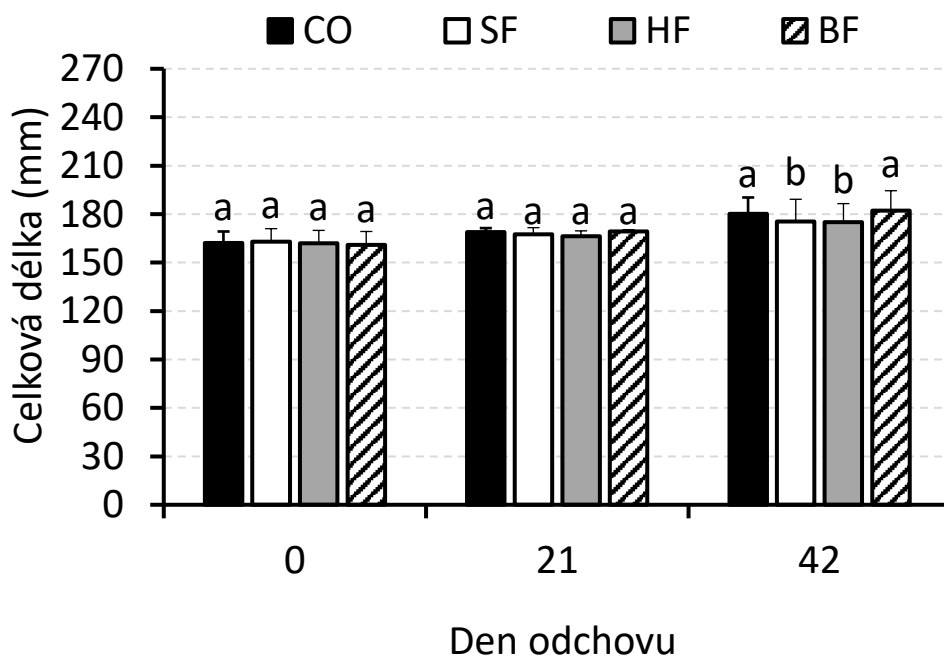
Graf č. 1: Hmotnost ryb v průběhu pokusu; CO – krmeno samokrmítkem kombinovaně, SF – krmeno samokrmítkem, HF – krmeno ručně, BF- krmeno pásovým krmítkem.



4.1.2 Celková délka

Na začátku pokusu se experimentální skupiny ryb nelišily v celkové délce ryb s průměrnou hodnotou \pm SD: 162 ± 8 mm. Na konci pokusu byl zaznamenán znatelný přírůstek, který byl statisticky vyšší u skupiny BF, konkrétně 182 ± 12 mm a CO s hodnotou 180 ± 10 mm. U dalších dvou skupin (SF a HF) byly pak průměrné celkové délky statisticky nižší ve srovnání s předešlými, SF měla 175 ± 13 mm, u HF bylo zjištěno 175 ± 11 mm. Tyto údaje pozitivně korelují s výsledky hmotnostního růstu, i když nebyly zaznamenány tak výrazné rozdíly mezi skupinami (Graf č. 2). Statisticky významný rozdíl u dat zjištěných v polovině pokusu nebyl zaznamenán, na konci pokusu však již ano, kdy byla nejvyšší hodnota zjištěna u skupiny HF a poté i na konci pokusu, a to mezi skupinami BF, CO a SF, HF.

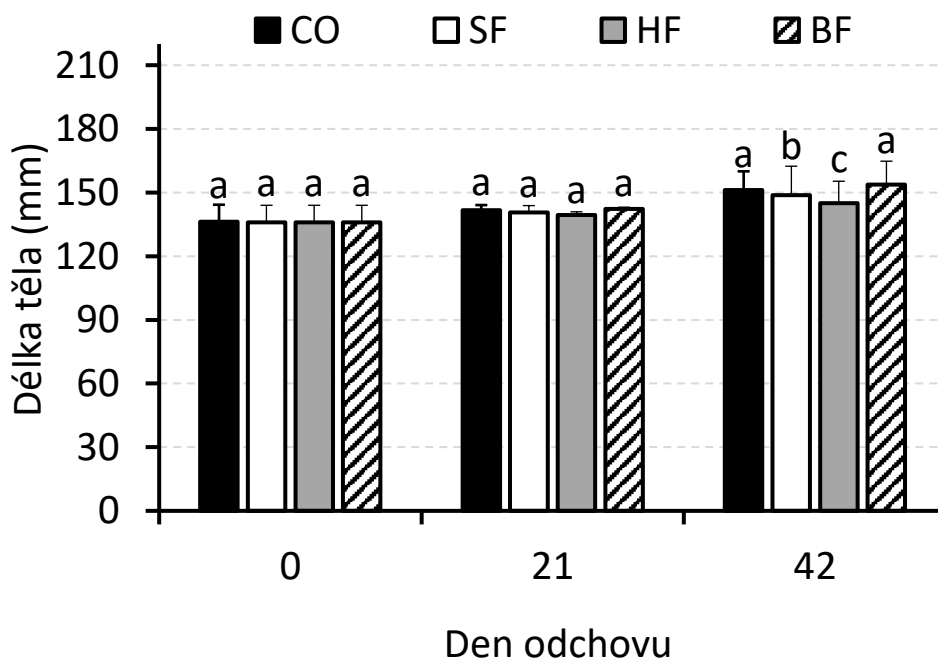
Graf č. 2: Celková délka v průběhu pokusu; CO – krmeno samokrmítkem kombinovaně, SF – krmeno samokrmítkem, HF – krmeno ručně, BF - krmeno pásovým krmítkem.



4.1.3 Délka těla

Dalším zjišťovaným parametrem růstu byla délka těla. Trend v grafu délky těla je podobný trendu celkové délky. Počáteční průměrná délka těla nasazovaných ryb \pm SD nebyla statisticky rozdílná: 136 ± 8 mm. Na konci pokusu byl zaznamenán přírůstek, který byl největší u skupiny BF s hodnotou 154 ± 11 mm. Podobné výsledky vykázala skupina CO s hodnotou 151 ± 9 mm, poté skupina SF s hodnotou 149 ± 14 mm. Nejhorší výsledky byly zjištěny u skupiny HF, která měla průměrnou délku těla 145 ± 10 mm. U dat z prvního přelovení nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl, na konci pokusu již byl statisticky významný rozdíl zaznamenán u skupin SF a HF oproti skupinám CO a BF. U skupin CO a BF nebyl statisticky významný rozdíl zjištěn (Graf č. 3).

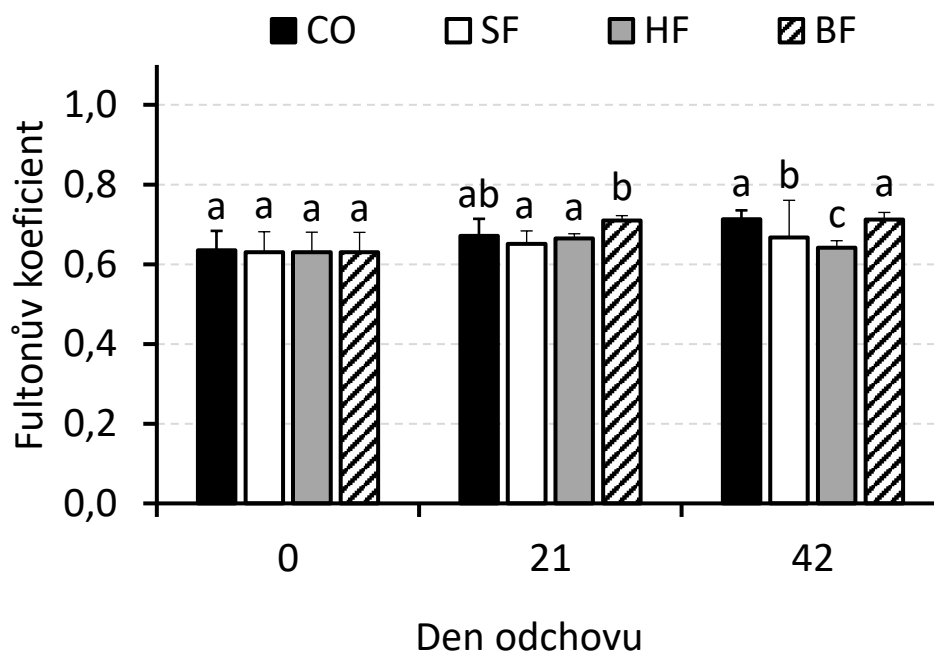
Graf č. 3: Délka těla v průběhu odchovu; CO – krmeno samokrmítkem kombinovaně, SF – krmeno samokrmítkem, HF – krmeno ručně, BF- krmeno pásovým krmítkem.



4.1.4 Fultonův koeficient

Průměrná hodnota Fultonova koeficientu na počátku pokusu byla $0,63 \pm 0,05$ bez statistického rozdílu. V průběhu odchovu se hodnota Fultonova koeficientu u všech skupin postupně zvyšovala. U skupiny CO koeficient kondice na konci odchovu vzrostl na hodnotu $0,71 \pm 0,02$. U skupiny SF byla na konci odchovu zjištěna kondice $0,67 \pm 0,09$. U skupiny HF hodnota Fultonova koeficientu na konci pokusu vzrostla nejméně z všech skupin, a to na hodnotu $0,64 \pm 0,02$. Vyšší nárůst hodnoty Fultonova koeficientu totožný se skupinou CO vykázala skupina BF, u které byla na konci odchovu zjištěna hodnota $0,71 \pm 0,02$. V průběhu odchovu i na jeho konci byl zjištěn statistický rozdíl mezi skupinami (Graf č. 4).

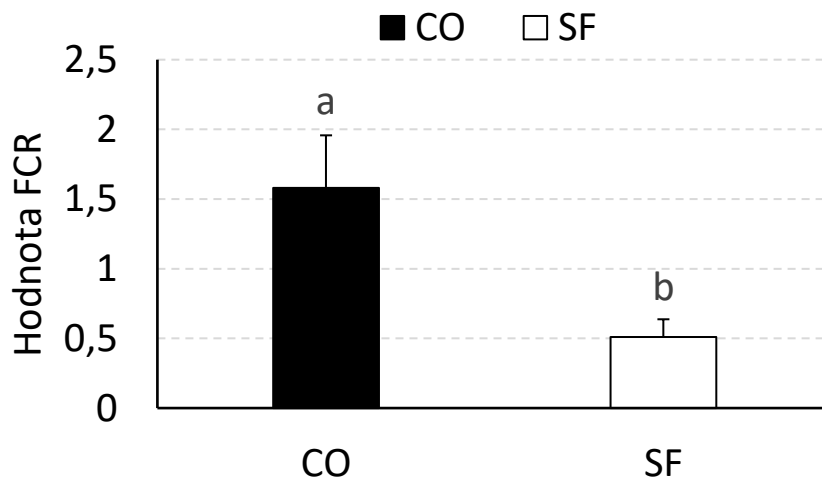
Graf č. 4. Fultonův koeficient v průběhu odchovu; CO – krmeno samokrmítkem kombinovaně, SF – krmeno samokrmítkem, HF – krmeno ručně, BF- krmeno pásovým krmítkem.



4.1.5 Koeficient konverze krmiva

Náš pokus s candátem ukázal velmi rozdílné koeficienty konverze krmiva (FCR) u sledovaných skupin krmených samokrmítky. U skupiny s kombinovaným způsobem krmení dosáhl koeficient konverze krmiva hodnoty $1,58 \pm 0,38$, u skupiny krmené samokrmítkem na základě vlastního požadavku byla zjištěna hodnota $0,51 \pm 0,13$. Mezi oběma skupinami byly zaznamenány statisticky významné rozdíly (Graf č. 5).

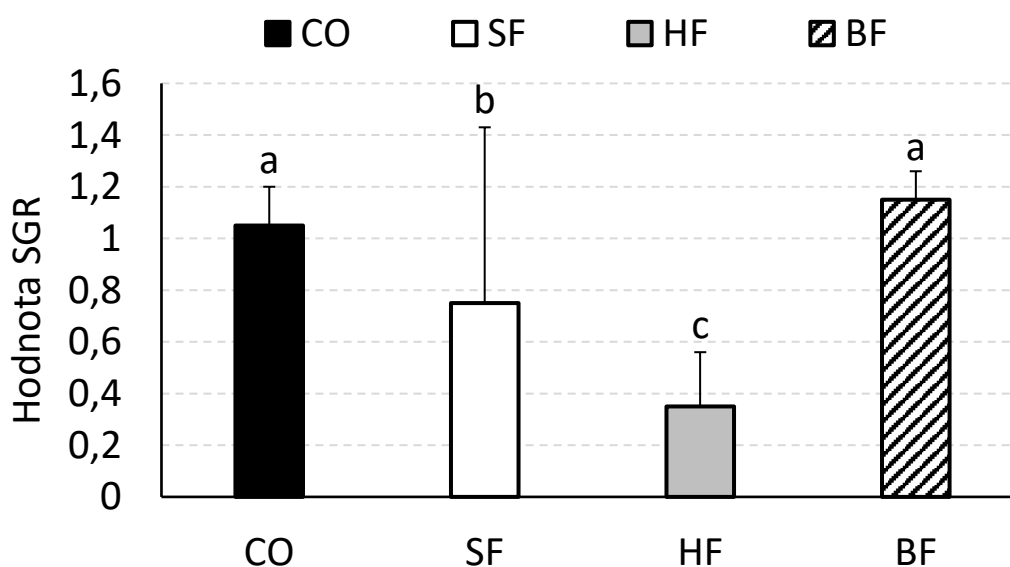
Graf č. 5: Hodnota FCR v průběhu odchovu; CO – krmeno samokrmítkem kombinovaně, SF – krmeno samokrmítkem.



4.1.6 Specifická rychlost růstu

Hodnota SGR patří k důležitým produkčním ukazatelům. Nejlepších výsledných hodnot dosáhla skupina BF, u které bylo zjištěno $1,15 \pm 0,11 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$. Druhou nejvýkonnější skupinou byla skupina CO, která dosáhla $1,05 \pm 0,15 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$. U skupiny SF byla zjištěna hodnota $0,75 \pm 0,68 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$. V této skupině byla zaznamenána nejvyšší směrodatná odchylka. Nejnižší rychlost růstu byla zaznamenána ve skupině HF, u níž bylo zjištěno $0,35 \pm 0,21 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$. U skupin SF a BF byl vůči skupinám BF a CO i navzájem zjištěn statisticky významný rozdíl (Graf č. 6).

Graf č. 6: Hodnoty SGR v průběhu odchovu; CO – krmeno samokrmítkem kombinovaně, SF – krmeno samokrmítkem, HF – krmeno ručně, BF- krmeno pásovým krmítkem.



4.2 Potravní chování candátů

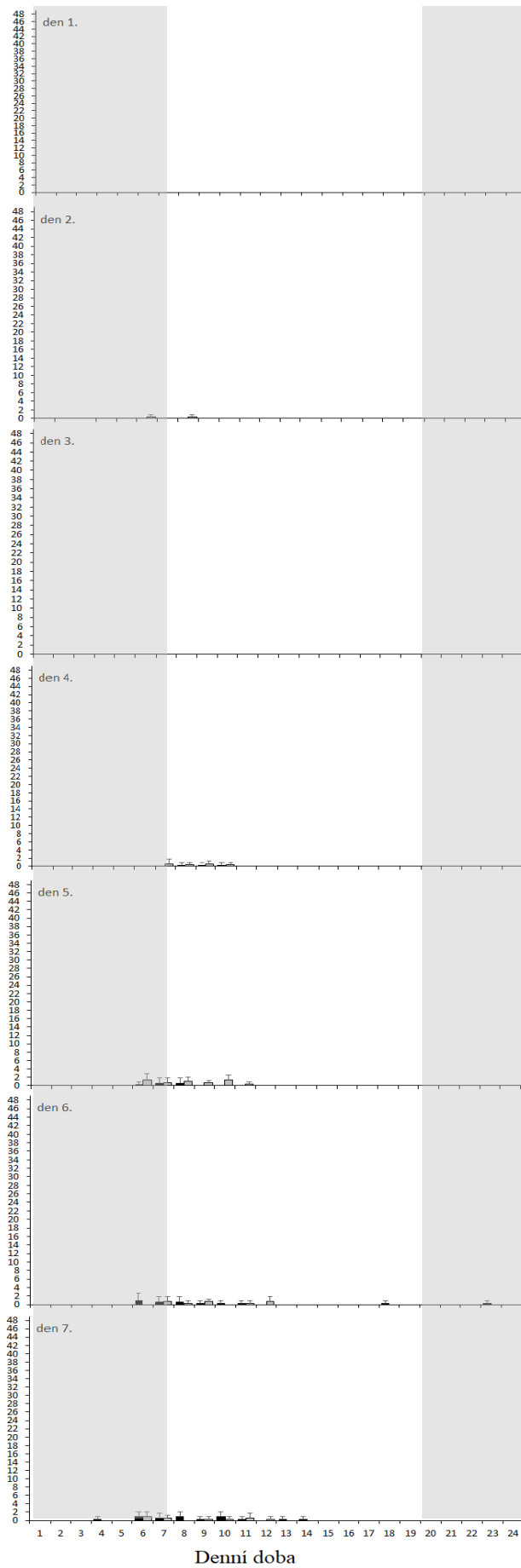
V této kapitole je popsáno potravní chování dvou skupin candátů (CO a SF) využívajících samokrmítka. Bylo sledováno rozložení požadavků ryb na krmivo v průběhu dne a v průběhu celého pokusu (za jednotlivé dny) a počet distribucí za den v průběhu celého pokusu.

4.2.1 Denní rozložení požadavků ve skupinách CO a SF

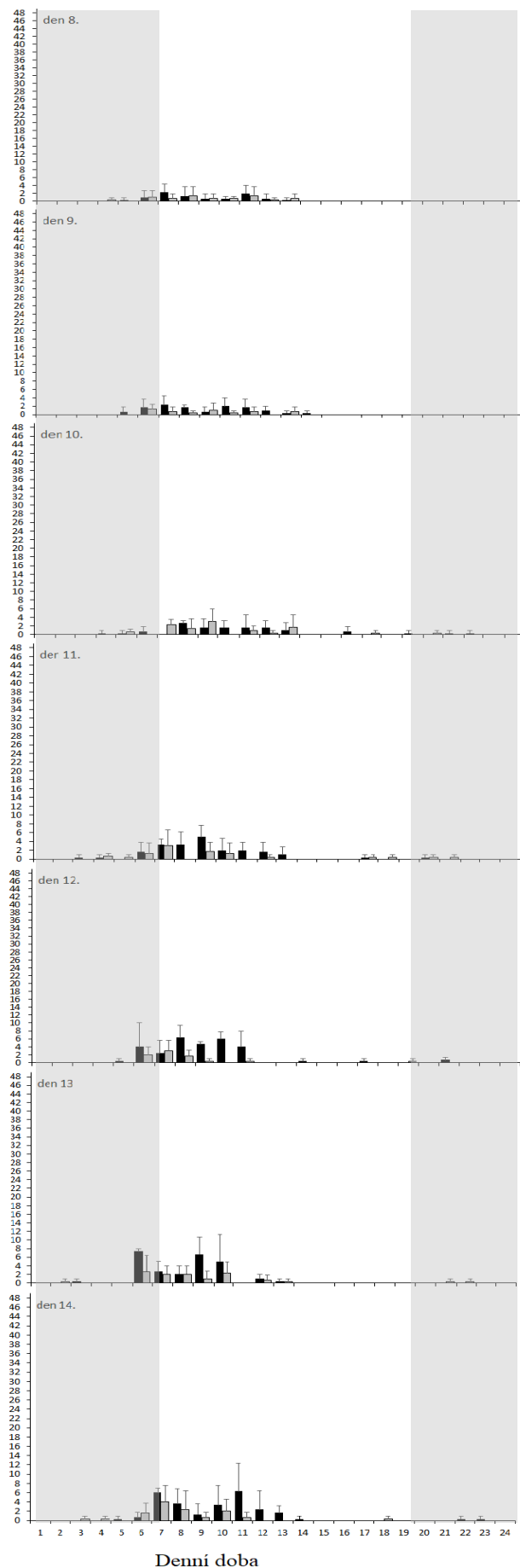
Pro účely sledování denního rozložení požadavků ryb byl pro každý den vytvořen graf. Z důvodu reálného porovnání kinetiky požadavků a jejich vzrůstající tendence v průběhu pokusu je u všech grafů osa y identická. Každý sloupec dílčích grafů reprezentuje jeden týden pokusu. Z grafů je patrné, že ryby se již v průběhu prvního týdne naučily samokrmítka používat. V průběhu dalších týdnů počet požadavků vzrůstal, přičemž nejvyšší hodnoty byly zjištěny 32. den pokusu. Z grafů je dále patrná proměnlivost počtu požadavků a jejich rozložení během dne v průběhu celého pokusu. V posledním grafu je patrná absence posledních 3 dní pokusu, což bylo zapříčiněno chybným stažením dat z posledního týdne z programu POLY. Za povšimnutí stojí, že v průběhu celého pokusu byly požadavky nejvyšší mezi 6. a 12. hodinou, tedy během dopoledne, kdy se po akvariijní místnosti pohybovala obsluha a obecně zde působilo nejvíce rušivých vlivů. V nočních hodinách byl naopak počet požadavků minimální, což je u druhu ryby s výrazně nočním typem aktivity překvapivé zjištění. Průměrný počet denních požadavků byl 103 ± 78 oproti pouhým 26 ± 19 nočních požadavků. (Graf č. 7).

Graf č. 7: Denní časové rozložení požadavků během celého pokusu.

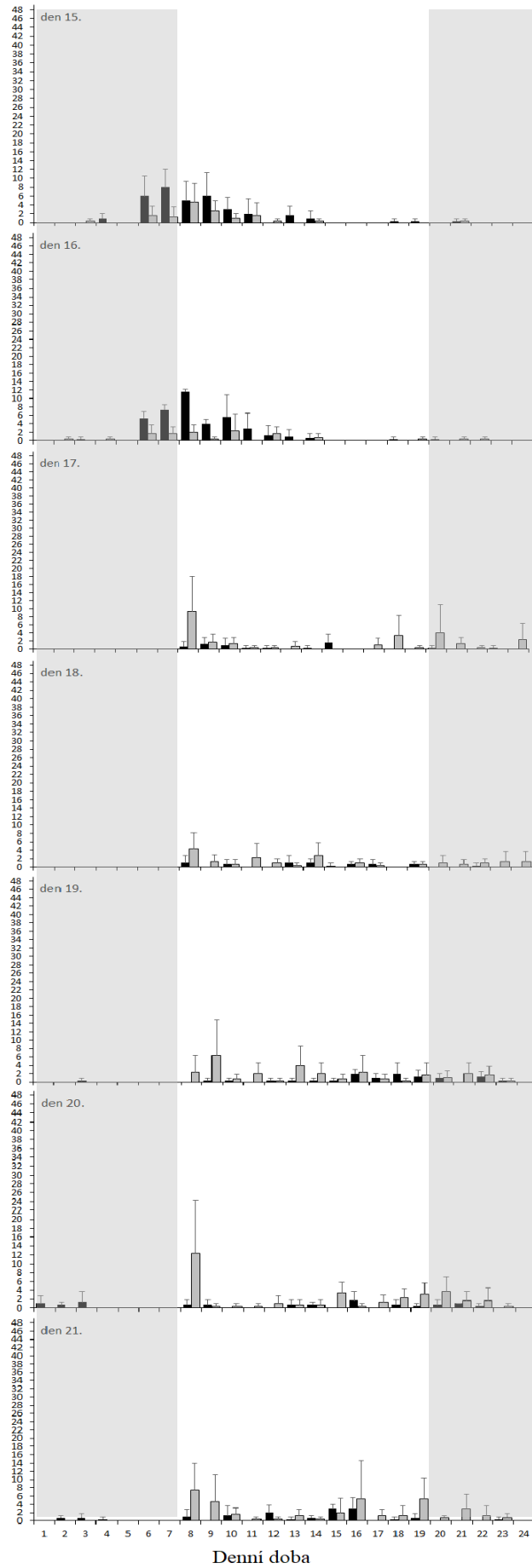
Počet požadavků



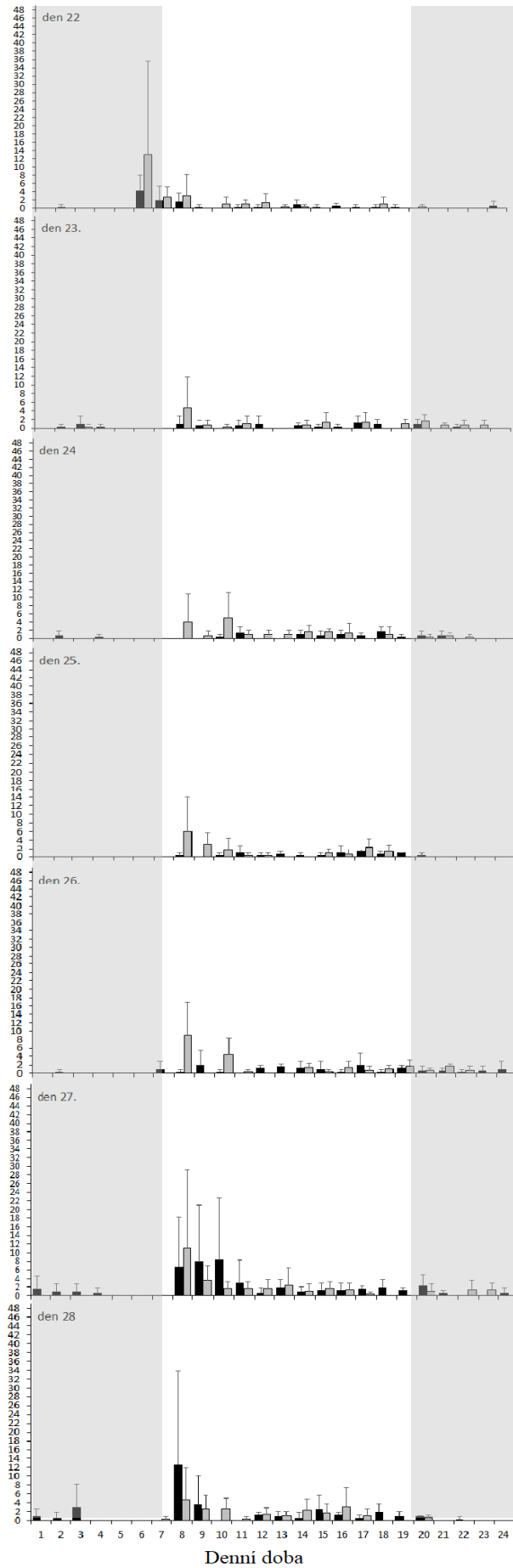
Počet požadavků



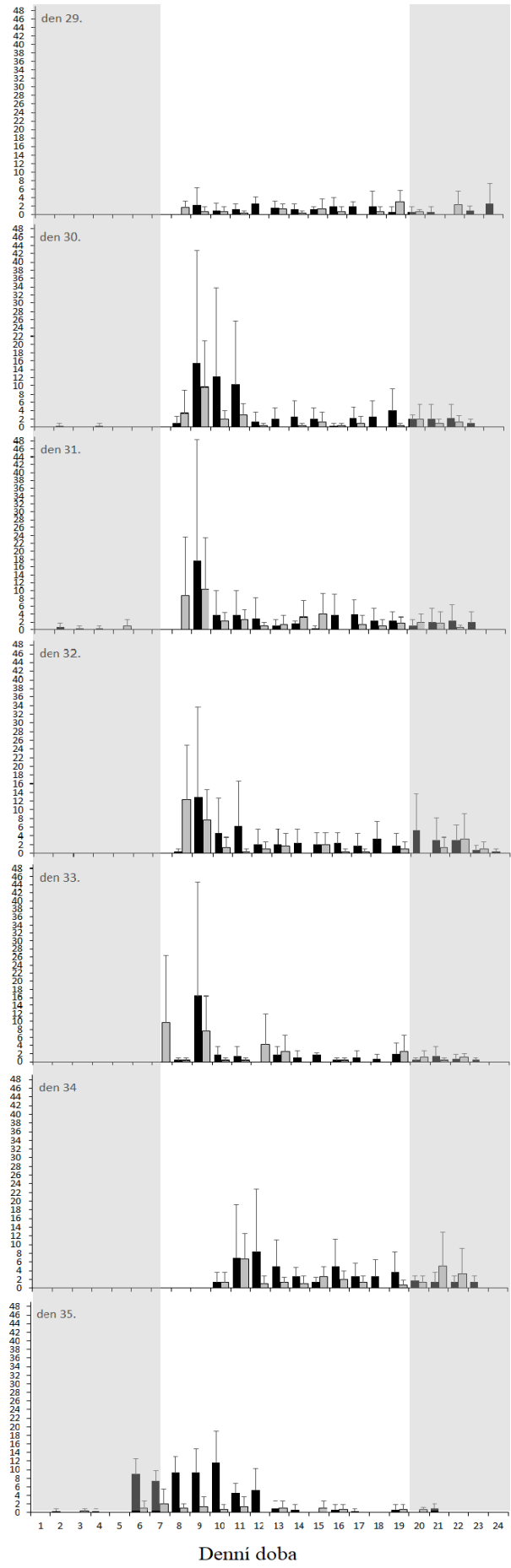
Počet požadavků



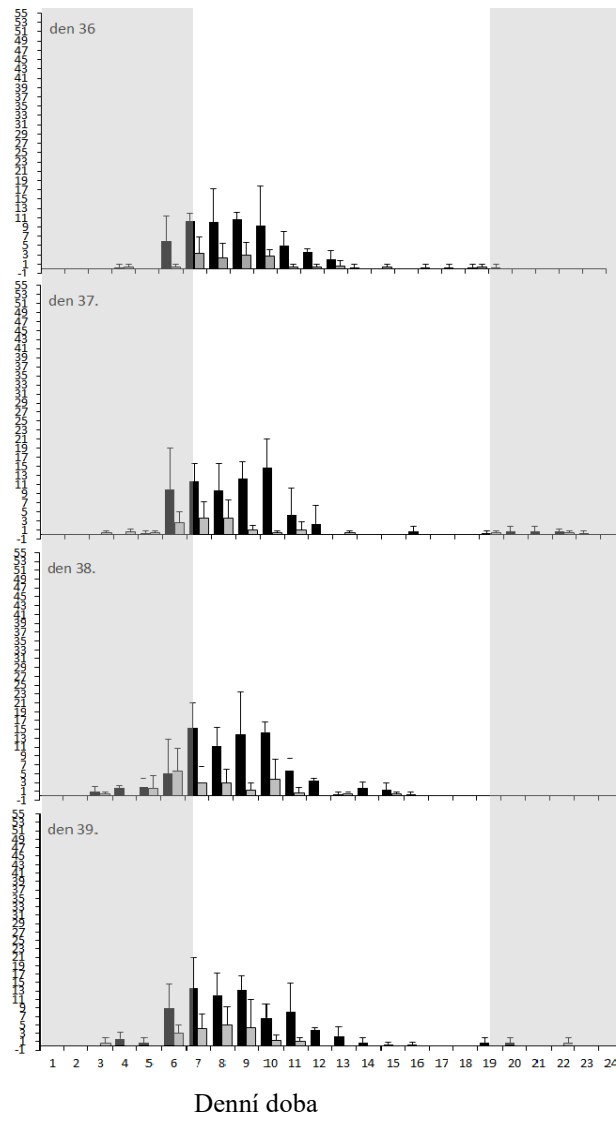
Počet požadavků



Počet požadavků



Počet požadavků



4.2.2 Mezidenní porovnání požadavků ve skupinách CO a SF

Následující grafy popisují sumu denních požadavků u skupin CO a SF. První týden je charakterizován učením ryb na používání samokrmítek.

Druhý týden již ryby samokrmítka aktivně využívaly, přičemž skupina CO projevovala výrazně vyšší aktivitu s maximy na úrovni $29,0 \pm 9,6$ požadavku za den. Maximum požadavků skupiny SF bylo $12,3 \pm 10,6$ požadavku.

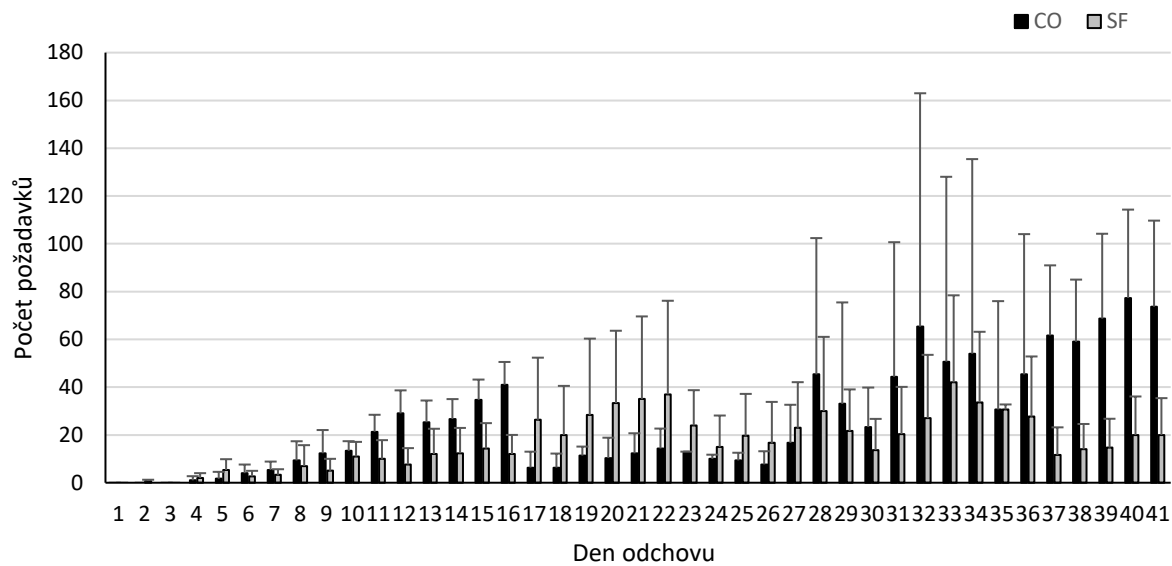
Třetí týden byl charakterizován vysokou aktivitou skupiny CO s maximem $41,0 \pm 9,5$ požadavku, a to hned 2. den týdne, přičemž od třetího dne aktivita skupiny výrazně klesla. Naproti tomu skupina SF zaznamenávala trvalý vzestup počtu požadavků s maximem v poslední den týdne, kdy počet požadavků dosáhl úrovně $35,1 \pm 34,5$. Takto vysoká směrodatná odchylka u skupiny SF byla pravděpodobně způsobena nízkým počtem požadavků v jednom z opakování, kde skupina ryb vykazovala nižší aktivitu během celého pokusu.

Čtvrtý týden odchovu byla aktivita skupiny CO nadále zřetelně nižší než aktivita skupiny SF. Maxima požadavků dosáhla skupina SF hned prvního dne týdne, a to $37,0 \pm 39,2$ požadavku. U skupiny CO se aktivita zvýšila až poslední den týdne, a to na úroveň $45,3 \pm 57,0$ požadavku, což u této skupiny znamenalo více než trojnásobek průměrné aktivity za předchozí dny tohoto týdne.

Pátý týden byl charakterizován kolísavou aktivitou obou skupin, více požadavků však vykazala skupina CO. Maximum skupiny CO dosáhlo hodnoty $35,3 \pm 97,7$ požadavku, u skupiny SF dosáhlo hodnoty $42,0 \pm 36,4$ požadavku. Na konci týdne se aktivita obou skupin vyrovnala, ovšem skupina SF vykazovala výrazně nižší směrodatnou odchylku.

Poslední, šestý týden pokusu byl ve znamení vzrůstající aktivity skupiny CO, která dosáhla maxima předposlední den odchovu s hodnotou $68,7 \pm 35,5$ požadavku, což byl současně nejvyšší počet požadavků zaznamenaný za tento pokus. Krmná aktivita skupiny SF měla během posledního týdne odchovu naopak klesající tendenci, kdy maxima bylo dosaženo hned prvního dne hodnotou $27,7 \pm 25,2$ požadavku. Další dny týdne se již počet požadavků nedostal přes dvacet; poslední den pokusu bylo zaznamenáno $20,0 \pm 15,4$ požadavku (Graf č. 8).

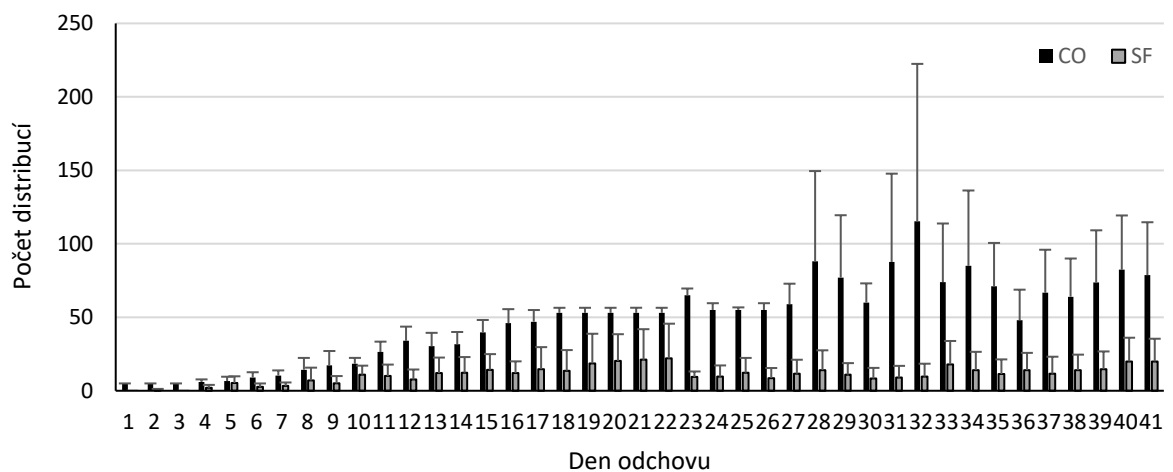
Graf č. 8: Mezidenní srovnání počtu požadavků za celou dobu testování; CO – krmeno samokrmítkem kombinovaně, SF – krmeno samokrmítkem.



4.2.3 Mezidenní srovnání počtu distribucí v průběhu pokusu

Mezidenní kinetika distribucí vypovídá o množství krmení, které bylo na základě požadavku rybám vydáno každý den pokusu. Denní počet požadavků a distribucí se liší, neboť bylo krmítko nastaveno vždy jen na jednu distribuci za minutu, bez ohledu na počet požadavků. Přesto graf počtu distribucí téměř přesně kopíruje graf počtu požadavků. Jedinou výjimku tvoří 16. – 27. den pokusu u skupiny CO. Zde je znatelný viditelně nižší počet požadavků, a to i přesto, že počet distribucí oproti předešlým dnům neklesal, ale naopak mírně stoupal. Nejvyšší počet distribucí byl u skupiny CO zaznamenán 32. den odchovu s hodnotou 115 ± 107 distribucí. U skupiny SF bylo maxima distribucí dosaženo 22. den odchovu. Hodnota maxima dosahovala 22 ± 24 distribuce (Graf č. 9).

Graf č. 9.: Mezidenní srovnání počtu distribucí CO – krmeno samokrmítkem kombinovaně, SF – krmeno samokrmítkem.



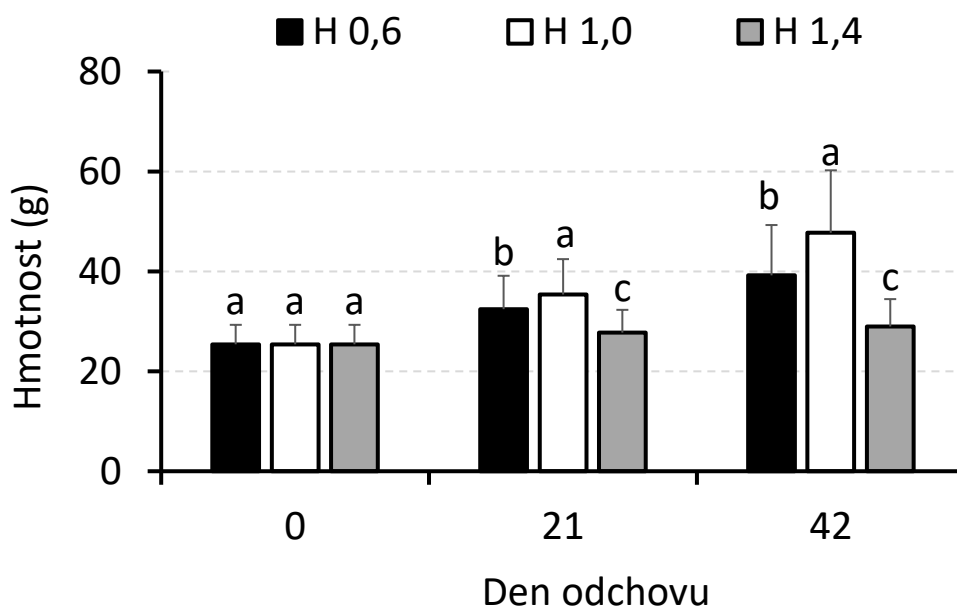
4.3 Vliv hustoty obsádky na růst a potravní chování okouna říčního

4.3.1 Hmotnost

Hmotnost a délka testovaných ryb byly zaznamenávány na začátku pokusu (den 0), v polovině pokusu (21. den) a na konci pokusu (42. den). Měření bylo provedeno pro 35 ryb z každé skupiny, poté byly vypočítány průměrné hodnoty pro každou skupinu. Počáteční hmotnost ryb je udávána jako průměrná hodnota $25,0 \pm 3,9$ g.

Hmotnost ryb je nejdůležitější ukazatel přírůstku. U hmotnosti byla také zaznamenána nejvyšší progresa ze všech sledovaných parametrů. Z následujícího grafu je patrné, že průměrná kusová hmotnost se v průběhu pokusu zvýšila nejvíce u skupiny s hustotou obsádky $H 1,0 \text{ ks.l}^{-1}$, u které byla zaznamenána průměrná konečná hmotnost $47,7 \pm 2,8$ g. Druhou nejrychleji rostoucí skupinou byla skupina s hustotou $H 0,6 \text{ ks.l}^{-1}$, jejíž průměrná konečná hmotnost činila $39,2 \pm 3,7$ g. Nejmenší přírůstek byl patrný u skupiny s hustotou obsádky $H 1,4 \text{ ks.l}^{-1}$ s průměrnou konečnou hmotností $29,0 \pm 3,4$ g. Hmotnost nejrychleji rostoucí skupiny se téměř zdvojnásobila, naproti tomu nejhůře rostoucí skupina zaznamenala přírůstek pouze na úrovni 14 % původní hmotnosti. Statisticky významný rozdíl hmotnostního přírůstku mezi skupinami byl patrný již při přelovení v polovině pokusu (den 21), na konci se pak ještě více prohloubil (Graf č. 10).

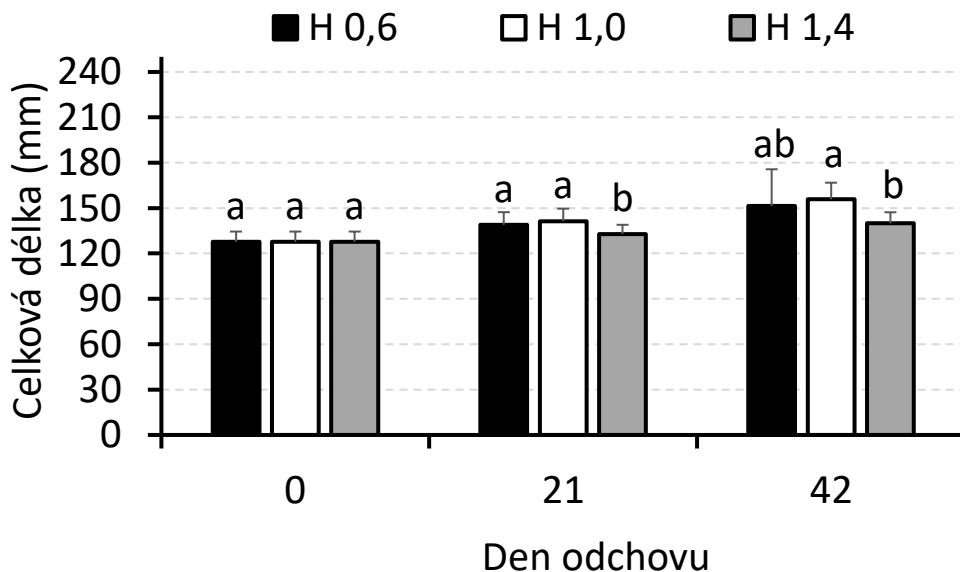
Graf č. 10: Hmotnost ryb v průběhu pokusu; $H 0,6$ – hustota obsádky $0,6 \text{ ks.l}^{-1}$, $H 1,0$ – hustota obsádky $1,0 \text{ ks.l}^{-1}$, $H 1,4$ – hustota obsádky $1,4 \text{ ks.l}^{-1}$.



4.3.2 Celková délka

Počáteční průměrná celková délka byla 127 ± 7 mm. Graf celkové délky ryb koreluje s grafem hmotnosti, ovšem jsou zde mnohem méně patrné rozdíly mezi skupinami. I zde byl sledován podobný průběh jako u předchozího ukazatele; nejlépe si vedly ryby ze skupiny s hustotou H 1,0, které na konci pokusu dosáhly průměrné celkové délky 156 ± 1 mm. Druhou nejvýkonnější skupinou byla skupina s hustotou H 0,6, v níž ryby dosáhly průměrné celkové délky 151 ± 5 mm. Nejnižší průměrná délka byla zaznamenána ve skupině s hustotou H 1,4, kde bylo naměřeno 140 ± 3 mm. Statistický rozdíl byl zaznamenán opět již při prvním přelovení, skupina s nejvyšší hustotou již v té době zaostávala. Na konci pokusu se statistický rozdíl mezi skupinami ještě více prohloubil (Graf č. 11).

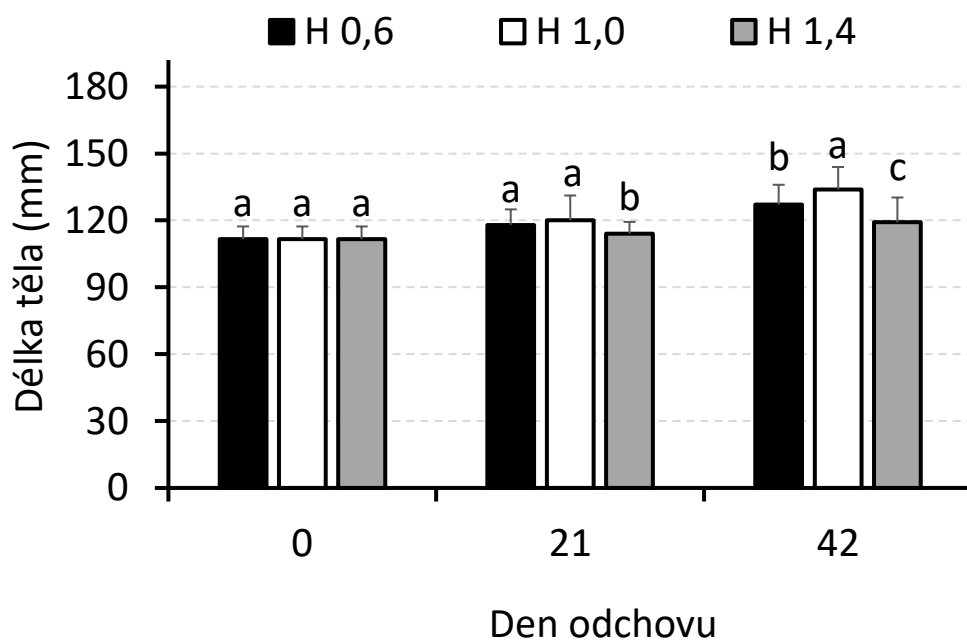
Graf č. 11: Celková délka v průběhu pokusu; H 0,6 – hustota obsádky 0,6 ks.l⁻¹, H 1,0 – hustota obsádky 1,0 ks.l⁻¹, H 1,4 – hustota obsádky 1,4 ks.l⁻¹.



4.3.3 Délka těla

Počáteční průměrná délka těla byla 112 ± 6 mm. I u tohoto ukazatele vykazala nejvyšší růstové schopnosti skupina s hustotou H 1,0, konkrétně 134 ± 2 mm, druhou nejvýkonnější skupinou byla skupina s hustotou H 0,6, u které byla zjištěna hodnota 127 ± 3 mm. Nejhorší výsledky zaznamenala skupina s hustotou H 1,4, u níž byla zjištěna průměrná hodnota 119 ± 4 mm. Opět byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly již v polovině pokusu, které se dále zvyšovaly až do doby ukončení pokusu (Graf č. 12).

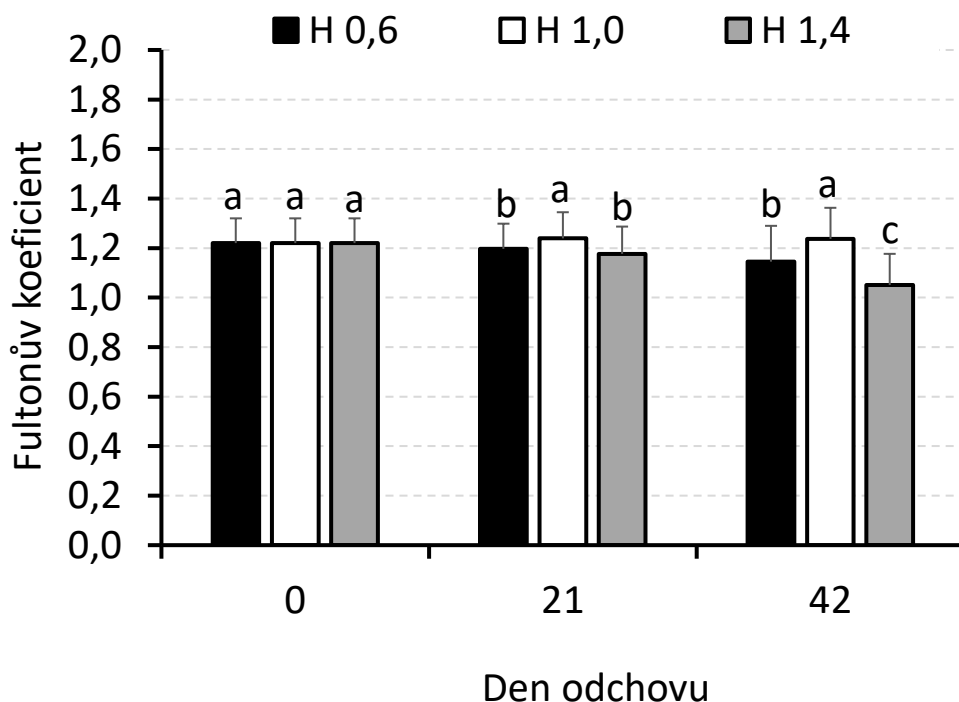
Graf č. 12: Délka těla v průběhu pokusu; H 0,6 – hustota obsádky 0,6 ks.l⁻¹, H 1,0 – hustota obsádky 1,0 ks.l⁻¹, H 1,4 – hustota obsádky 1,4 ks.l⁻¹.



4.3.4 Fultonův koeficient

V průběhu pokusu se hodnota tohoto parametru nepatrně navýšila jen u skupiny s hustotou H 1,0, u které dosáhla hodnoty $1,24 \pm 0,09$. U skupiny s hustotou H 0,6 byla na konci pokusu zjištěna hodnota $1,15 \pm 0,04$ a u skupiny s hustotou H 1,4 tato hodnota činila $1,05 \pm 0,10$, přičemž průměrná hodnota na počátku pokusu činila $1,22 \pm 0,11$. U skupin s hustotou H 0,6 a 1,4 tedy u tohoto ukazatele došlo ke zhoršení, u skupiny s hustotou H 1,4 k poměrně značnému. Jak ukazuje graf, statisticky průkazný rozdíl byl zjištěn v polovině pokusu jen u nejlépeší skupiny, na konci pokusu byly pak statisticky průkazné rozdíly zjištěny mezi všemi skupinami (Graf č. 13).

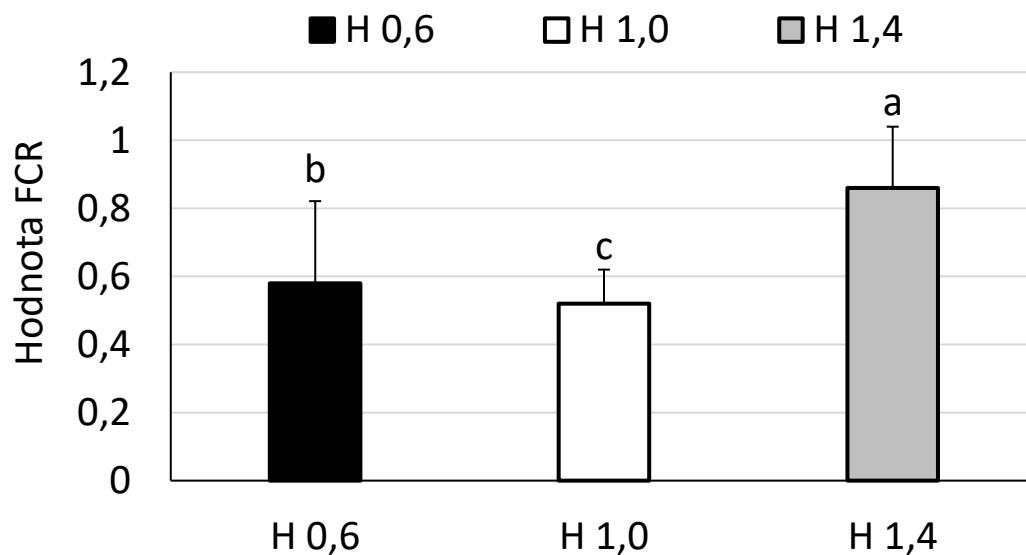
Graf č. 13: Fultonův koeficient v průběhu odchovu; H 0,6 – hustota obsádky 0,6 ks.l⁻¹, H 1,0 – hustota obsádky 1,0 ks.l⁻¹, H 1,4 – hustota obsádky 1,4 ks.l⁻¹.



4.3.5 Koeficient konverze krmiva

Koeficient konverze krmiva (FCR) udává, kolik jednotek přijatého krmiva bylo nutných k vytvoření jednotky přírůstku ryb. Při našem pokusu byly zaznamenány velmi dobré výsledky konverze krmiva. Nejlepší výsledky vykazala skupina H 1,0, u níž bylo zjištěno FCR na úrovni $0,52 \pm 0,10$ g krmiva na g přírůstku. Druhou nejlepší skupinou byla skupina H 0,6 s hodnotou $0,58 \pm 0,24$ g krmiva na g přírůstku ryb. Nejhorší výsledky zaznamenala skupina H 1,4 s hodnotou $0,86 \pm 0,18$ g krmiva na g přírůstku. Mezi všemi skupinami byly zaznamenány statisticky významné rozdíly (Graf č. 14).

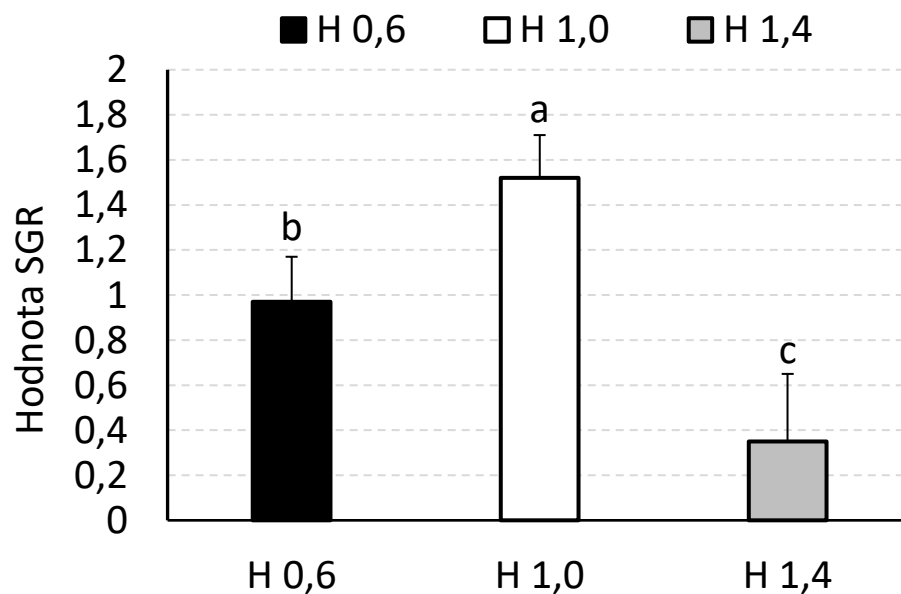
Graf č. 14: Hodnota FCR v průběhu odchovu; H 0,6 – hustota obsádky 0,6 ks.l⁻¹, H 1,0 – hustota obsádky 1,0 ks.l⁻¹, H 1,4 – hustota obsádky 1,4 ks.l⁻¹.



4.3.6 Specifická rychlost růstu

Hodnota SGR, vyjadřující procentuálně přírůstek ryb za den, dosáhla nejvyšší hodnoty u skupiny H 1,0, u níž byla zjištěna hodnota $1,52 \pm 0,19$ $\% \cdot \text{den}^{-1}$ odchovu. Na druhém místě se s poměrně velkým odstupem umístila skupina H 0,6 s hodnotou SGR na úrovni $0,97 \pm 0,20$ $\% \cdot \text{den}^{-1}$ odchovu. Nejméně výkonná byla skupina H 1,4, u níž byla zjištěna hodnota $0,35 \pm 0,30$ $\% \cdot \text{den}^{-1}$ odchovu. I u tohoto ukazatele byly mezi všemi skupinami zjištěny statisticky významné rozdíly (Graf č. 15).

Graf č. 15: Hodnota SGR v průběhu pokusu; H 0,6 – hustota obsádky 0,6 ks.l⁻¹, H 1,0 – hustota obsádky 1,0 ks.l⁻¹, H 1,4 – hustota obsádky 1,4 ks.l⁻¹.



4.4 Potravní chování okounů

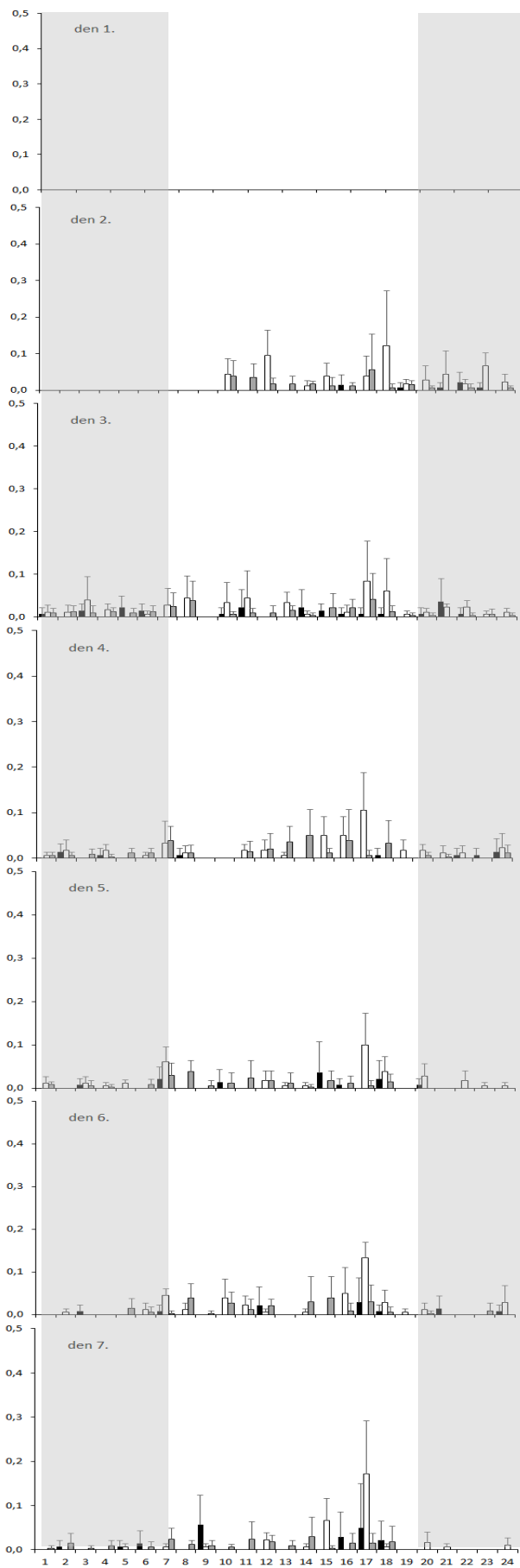
Tato kapitola popisuje potravní chování okounů chovaných v samokrmítkovém systému. Byl sledován počet požadavků za den, jejich denní rozložení v čase a počet distribucí za den. Získaná data byla kvůli různé hustotě obsádky v testovaných skupinách přepočtena na jednotlivé ryby.

4.4.1 Denní kinetika požadavků

Následující grafy popisují denní časové rozložení požadavků. Kvůli dobré porovnatelnosti je u všech grafů maximální hodnota na ose y totožná. Každý týden pokusu, tj. 7 grafů, je složen do jednoho sloupce. Pořadové číslo dne v pokusu je uvedeno u každého grafu zvlášť. Z grafů je patrné, že již druhý den pokusu byly zaznamenány první požadavky. Během pokusu se rozložení požadavků mírně měnilo, ale denní maxima připadala na ranní (6:00 – 8:00) a odpolední (16:00 – 18:00) hodiny, nebo bylo denní rozložení požadavků rovnoměrné s nižšími denními maximy. Celkově však byla zjištěna vysoká mezidenní a meziskupinová variabilita v počtu požadavků a jejich denním rozložení. Maximální počet požadavků byl zaznamenán 10. den pokusu a dosáhlo hodnoty $0,16 \pm 0,29$ požadavku na rybu. Překvapivé bylo zaznamenání poměrně velkého a častého počtu požadavků během nočních hodin, neboť okoun je požadován za rybu s denní aktivitou. Průměrný počet denních požadavků za celou dobu pokusu byl 139 ± 41 oproti 67 ± 32 nočních požadavků. První požadavky byly zaznamenány již druhý den pokusu. V průběhu některých dní se objevilo období, kdy nebyly zaznamenány žádné požadavky, což je u dní, na které připadalo kontrolní přelovení způsobeno dočasným odstavením systému pro monitoring potravního chování. (Graf č. 16).

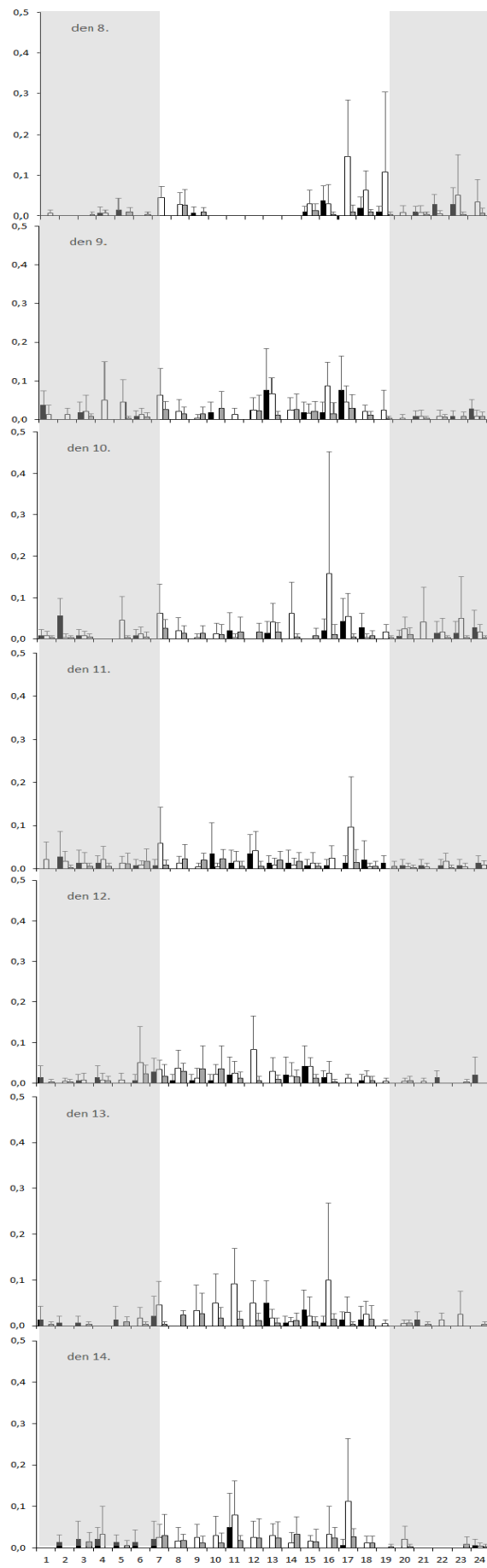
Graf č. 16: Denní rozložení požadavků v průběhu pokusu.

Počet požadavků



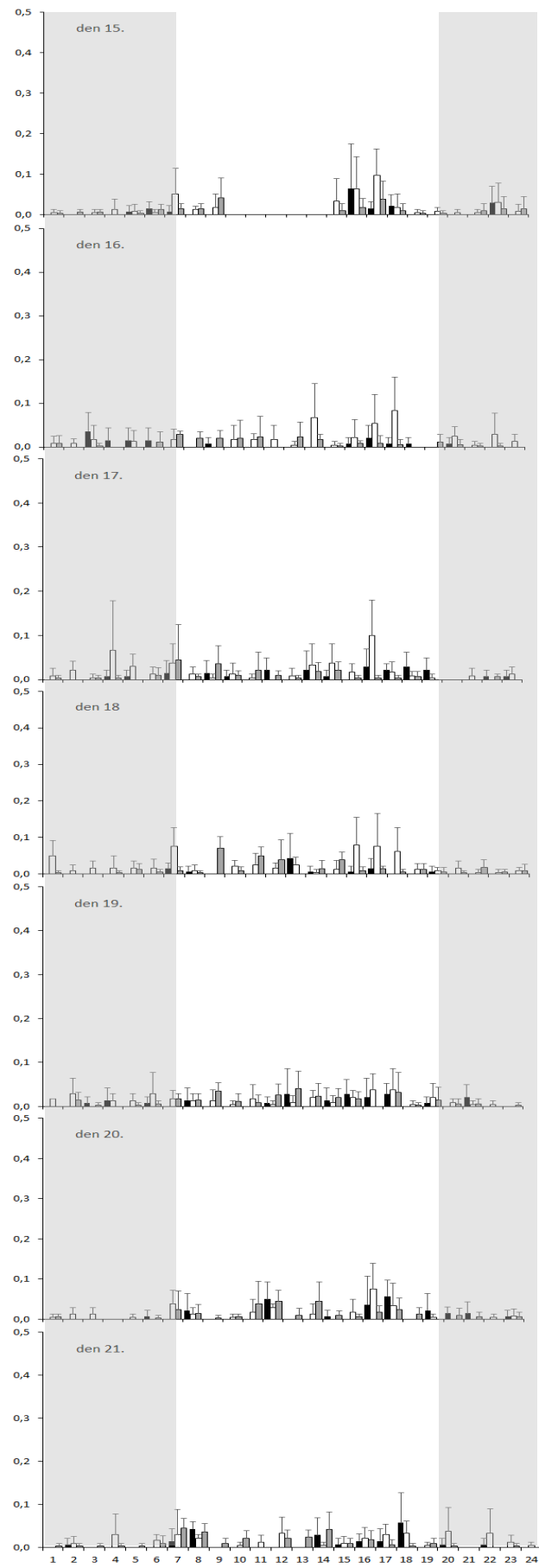
Denní doba

Počet požadavků



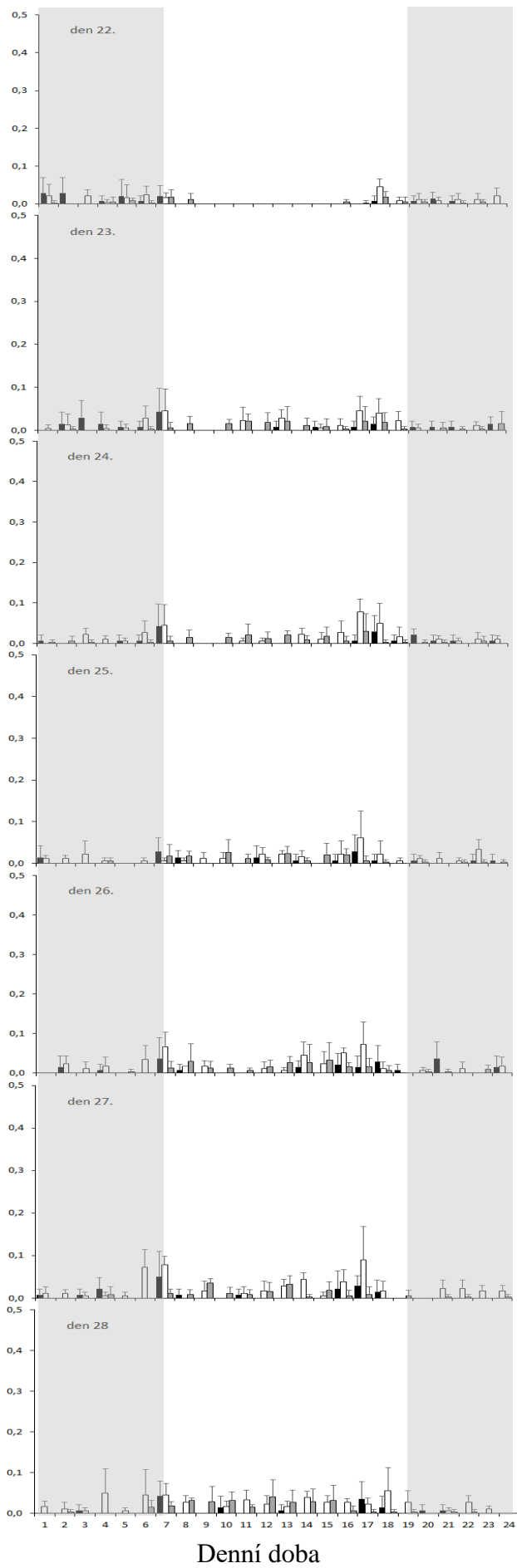
Denní doba

Počet požadavků



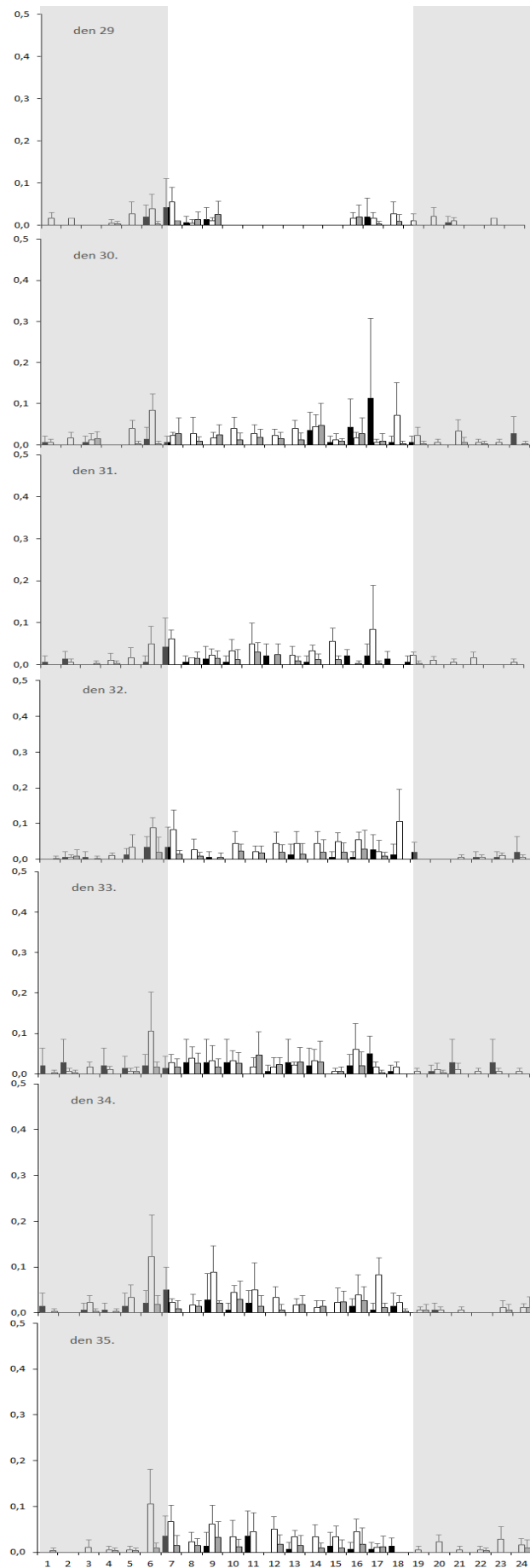
Denní doba

Počet požadavků



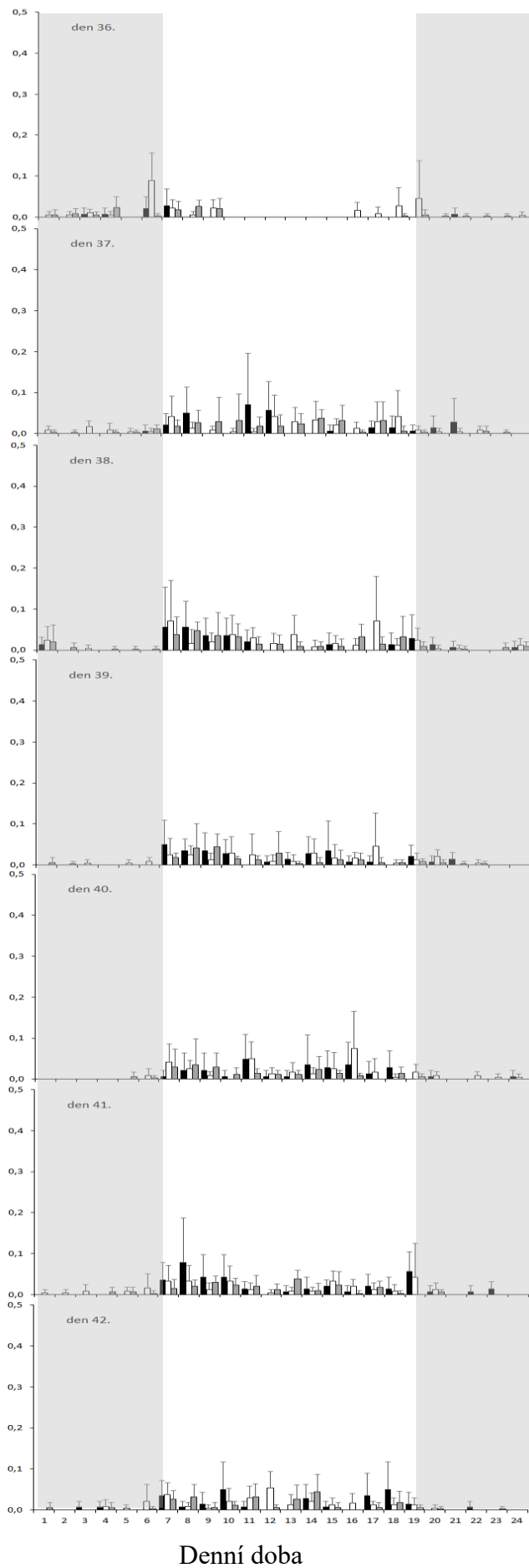
Denní doba

Počet požadavků



Denní doba

Počet požadavků



Denní doba

4.4.2 Mezidenní porovnání počtu požadavků

V této kapitole je popsáno porovnání skupin z hlediska sumy požadavků za den v průběhu pokusu. Množství požadavků je přepočteno na jednu rybu kvůli různým hustotám obsádek ve sledovaných skupinách.

Z grafů je patrné, že již 2. den odchovu byly zaznamenány požadavky na krmivo, zejména ve skupině H 1,0. V tento den bylo také zaznamenáno týdenní maximum této skupiny s hodnotou $0,54 \pm 0,31$ požadavku. Poté bylo možné sledovat sestupnou tendenci v počtu požadavků u této skupiny. U skupiny H 0,6 bylo během prvního týdne pozorováno kolísání počtu požadavků, přičemž maximum bylo zaznamenáno během třetího dne týdne a nabylo hodnoty $0,19 \pm 0,22$ požadavku. Poslední skupina H 1,4 vykazovala také rozkolísanost požadavků s maximem během čtvrtého dne týdne, které dosáhlo hodnoty $0,33 \pm 0,16$ požadavku.

Druhý týden odchovu byl charakterizován kolísavou tendencí počtu požadavků u nejlépe vyvíjející skupiny H 1,0, přičemž maximálních hodnot bylo dosaženo třetího dne týdne s hodnotou $0,67 \pm 0,39$ požadavku. Skupina H 0,6 vykazovala zprvu vzrůstající, ovšem od druhého dne sestupnou tendenci. Druhého dne bylo dosaženo hodnoty $0,32 \pm 0,24$ požadavky, což bylo týdenní maximum pro tuto skupinu. Skupina H 1,4 vykazovala krom prvního dne poměrně vyrovnané výsledky, maxima bylo dosaženo druhého dne odchovu, a to hodnotou $0,27 \pm 0,19$ požadavku.

Třetí týden pokusu byl ve znamení rozkolísaného počtu požadavků u všech skupin. Skupina H 1,0 byla nadále nejlépe vyvíjející s maximem na úrovni $0,58 \pm 0,22$ požadavku. Skupina H 1,4 s maximem $0,34 \pm 0,12$ požadavku v tomto týdnu průměrným počtem požadavků jasně předčila skupinu H 0,6 s maximem $0,24 \pm 0,27$ požadavku.

Čtvrtý týden zaznamenaly skupiny H 1,0 a H 1,4 postupný vzestup počtu požadavků na krmivo, který byl u skupiny H 1,0 progresivnější. Tato skupina byla nadále nejlépe vyvíjející co do počtu požadavků a její maximum dosáhlo na konci tohoto týdne hodnoty $0,54 \pm 0,24$ požadavku. Skupina H 1,4 dosáhla maxima již před koncem týdne hodnotou $0,22 \pm 0,12$. Rozkolísaným počtem požadavků a jejich nízkým počtem byla charakteristická skupina H 0,6, která dosáhla maxima před koncem týdne hodnotou $0,20 \pm 0,20$ požadavku.

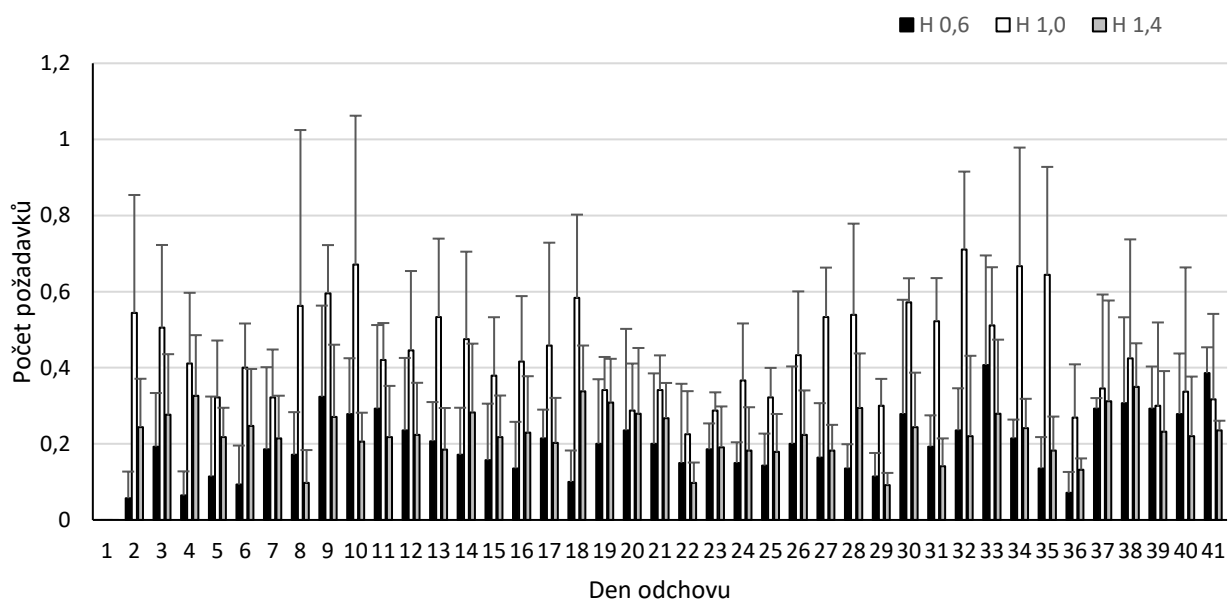
Předposlední týden pokusu byl opět ve znamení rozkolísaného počtu požadavků v průběhu jednotlivých dní. Skupina H 1,0 zůstávala na nejlepších hodnotách a celkově zaznamenala vzestup proti průměrům z předešlých týdnů. Její maximum bylo

zaznamenáno v polovině týdne hodnotou $0,71 \pm 0,20$ požadavku. Druhou neaktivnější skupinou byla v tomto týdnu skupina H 0,6 s maximální hodnotou $0,41 \pm 0,29$. Poslední a nejméně aktivní byla skupina H 1,4 s maximem $0,28 \pm 0,19$ požadavku.

Během posledního týdne pokusu byla opět zjištěna mezidenní rozkolísanost u všech skupin. Nejvýkonnější skupinou zůstala skupina H 1,0. Její průměrné hodnoty však nebyly výrazně lepší než u ostatních skupin, jak tomu bylo zvykem v předchozích týdnech. Maximum této skupiny bylo zjištěno třetí den tohoto týdne a jeho hodnota byla $0,43 \pm 0,31$ požadavku. Druhou neaktivnější skupinou byla stejně jako předchozí týden skupina H 0,6 s maximem $0,39 \pm 0,07$. V tento den tato skupina dokonce převýšila počtem požadavků skupinu H 1,0. Skupinou s nejmenším zjištěným počtem požadavků byla skupina H 1,4 s maximem $0,35 \pm 0,11$ požadavku (Graf č. 13). Průměrná hodnota požadavku na jednu rybu za den byla u skupiny H 0,6 rovna hodnotě $0,19$ požadavku, u skupiny H 1,0 byla $0,43$ požadavku a u skupiny H 1,4 byla rovna $0,22$ požadavku.

Celkově je z grafu patrná variabilita denních požadavků, kdy po dnech s vysokým počtem požadavků následují dny s nízkým počtem požadavků, které v dalších dnech vzrůstají a celý cyklus se opakuje. To dokazuje značnou variabilitu v apetitu ryb. (Graf č. 17).

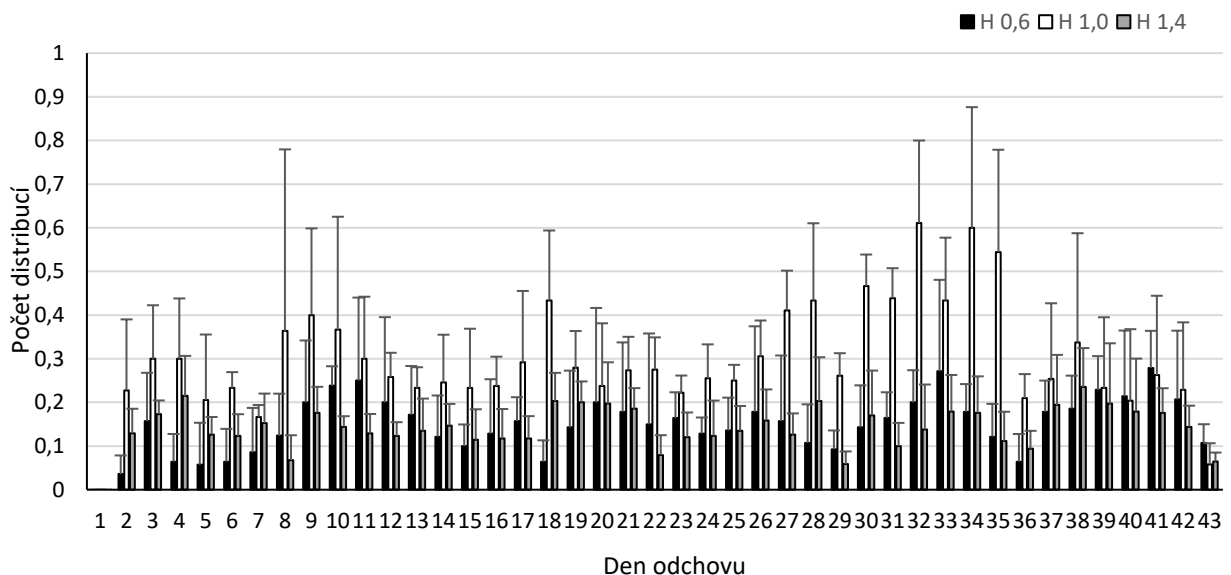
Graf č. 17: Mezidenní porovnání počtu požadavků v průběhu odchovu; H 0,6 – hustota obsádky $0,6 \text{ ks.l}^{-1}$, H 1,0 – hustota obsádky $1,0 \text{ ks.l}^{-1}$, H 1,4 – hustota obsádky $1,4 \text{ ks.l}^{-1}$.



4.4.3 Mezidenní porovnání počtu distribucí

Graf (č. 18) popisuje rozložení distribucí krmiva v průběhu pokusu. Graf rozložení distribucí koreluje s grafem rozložení požadavků. Případné drobné odchylky jsou způsobeny požadavky, které nevedly k distribuci, neboť samokrmítka byla nastavena pouze na jednu distribuci za minutu bez ohledu na počet požadavků za minutu, tak aby bylo zamezeno plýtvání krmivem. Z grafu je patrné, že nejvíce distribucí bylo zaznamenáno u skupiny H 1,0 s maximem 32. dne odchovu, kdy byla zjištěna hodnota $0,61 \pm 0,19$ distribuce na jednu rybu. U skupiny H 0,6 bylo maximum zaznamenáno 33. den odchovu s hodnotou $0,27 \pm 0,21$ distribuce na jednu rybu a u skupiny H 1,4 byla maximální hodnota zjištěna 38. dne odchovu, a to $0,24 \pm 0,09$ distribuce na jednu rybu. Průměrně bylo za celou dobu odchovu nejvíce distribucí zaznamenáno u skupiny H 1,0, u níž bylo zjištěno $0,31 \pm 0,08$ distribuce na jednu rybu. Skupina H 0,6 dosáhla průměrně $0,15 \pm 0,05$ distribuce na jednu rybu a skupina H 1,4 měla průměrně $0,15 \pm 0,03$ distribuce na jednu rybu (Graf č. 18).

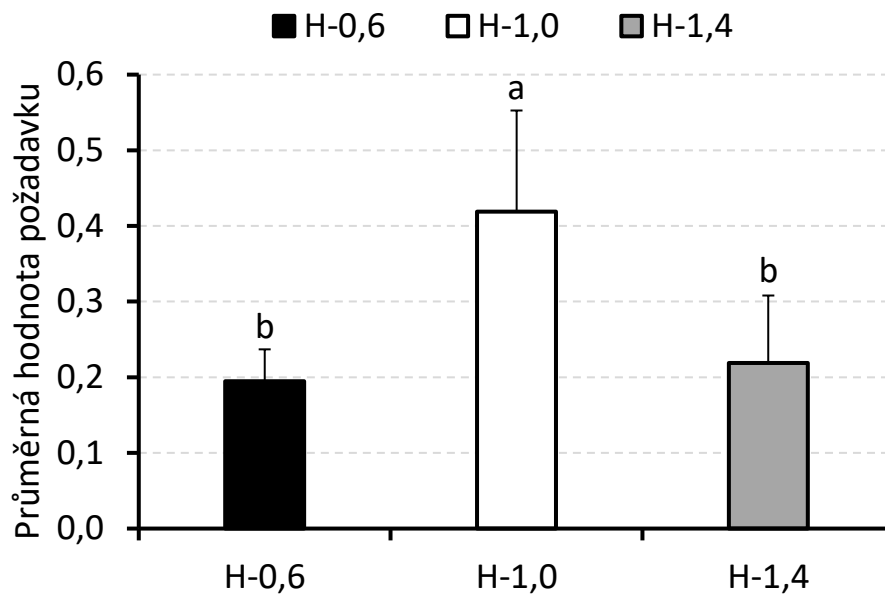
Graf č. 18: Mezidenní porovnání počtu distribucí v průběhu odchovu; H 0,6 – hustota obsádky $0,6 \text{ ks.l}^{-1}$, H 1,0 – hustota obsádky $1,0 \text{ ks.l}^{-1}$, H 1,4 – hustota obsádky $1,4 \text{ ks.l}^{-1}$.



4.4.4 Průměrný denní počet požadavků

Tento graf (Graf č. 19) popisuje srovnání průměrného počtu požadavků (přepočtených na 1 rybu) u všech námi sledovaných skupin. U skupiny H 1,0 dosahoval tento ukazatel nejvyšší hodnoty, a to $0,42 \pm 0,13$. Skupiny h 0,6 a H 1,4 se prezentovaly navzájem podobnými výsledky; skupina H 0,6 hodnotou $0,19 \pm 0,04$ a skupina H 1,4 hodnotou $0,22 \pm 0,09$.

Graf č. 19: Srovnání průměrných počtů požadavků na krmivo; H 0,6 – hustota obsádky $0,6 \text{ ks.l}^{-1}$, H 1,0 – hustota obsádky $1,0 \text{ ks.l}^{-1}$, H 1,4 – hustota obsádky $1,4 \text{ ks.l}^{-1}$.



5. Diskuze

Předkládaná práce byla zaměřena na využití samokrmítek v chovu okounovitých ryb, konkrétně candáta obecného a okouna říčního. U candáta obecného byly sledovány 4 experimentální skupiny ryb; krmené ručně, pásovým krmítkem, samokrmítkem kombinovaně a krmené samokrmítkem na základě vlastního požadavku. Byl sledován růst ryb, příjem krmiva, kondice, počet požadavků a počet distribucí samokrmítka. U okouna říčního byl navíc zkoumán vliv hustoty obsádky, neboť byly sledovány 3 skupiny o různé hustotě nasazení; hustota 0,6 ks.l⁻¹, hustota 1,0 ks.l⁻¹ a hustota 1,4 ks.l⁻¹. Opět byl zkoumán příjem krmiva, rychlost růstu, počet požadavků a počet distribucí samokrmítka. U těchto druhů ryb šlo o jedny z prvních uskutečněných pokusů zaměřených na využití systémů pro automatické krmení na základě požadavků ryb. Podobné pokusy byly prováděny u jiných druhů chovaných v intenzivní akvakultuře, jako jsou pstruh duhový, mořčák evropský, treska obecná atd. (Noble a kol. (2007), Ferrari a kol. (2014), Benhaïm a kol. (2011), Millot a kol. (2012)).

Vliv způsobu krmení na příjem krmiva, růst a potravní chování candáta obecného

V experimentu s candátem byla u skupiny krmené samokrmítky kombinovaně (CO) na konci pokusu zjištěna průměrná hmotnost $42,3 \pm 8,6$ g, u skupiny krmené pouze na základě vlastního požadavku (SF) pak pouze $37,6 \pm 13,2$ g. Na základě těchto výsledků lze usuzovat, že automatický režim krmení po část dne (skupina CO) vede u samokrmítek k lepšímu návyku příjmu potravy, neboť u skupiny CO byl zaznamenán větší počet požadavků za den i rychlejší návyk na používání samokrmítka. Průměrný přírůstek byl u skupiny CO po 21 dnech 2,1 g a po 42 dnech 15,1 g a u skupiny SF po 21 dnech 0,2 g a po 42 dnech 10,1 g. Benhaïm a kol. (2011) zjistil u pokusu s mořčákem evropským průměrný přírůstek 16 g po 41 dnech pokusu se samokrmítky. Wang a kol. (2009) zjistil u candáta krmeného automatickými krmítky přírůstek 14,4 g za 56 dní, do pokusu byly ovšem nasazeny ryby s výrazně nižší kusovou hmotností (6,4 g) než v našem experimentu. Z hlediska přírůstku bylo v našem experimentu nejúčinnější krmení pásovým krmítkem, na druhou stranu jako nejméně účinné se projevilo krmení ručně obsluhou akvarijní místnosti. To mohlo být způsobeno stresem ryb z přítomnosti obsluhy.

Ryby ve skupině krmené ručně dosáhly průměrného přírůstku pouze 8 g. Matoušek (2012) zjistil u ručně krmených ryb za období 36 dní přírůstek 12 g. Tato skutečnost se zdá být způsobena vyšší mírou stresu při vyrušení u candáta v našem pokusu a tím sníženým příjmem krmiva u této skupiny.

Jedním z dalších sledovaných ukazatelů byla hodnota koeficientu konverze krmiva (FCR). U našeho pokusu s candátem dosáhla skupina krmená samokrmítkem kombinovaně hodnoty $1,58 \pm 0,38$. U skupiny krmené samokrmítkem na základě vlastního požadavku byla zjištěna hodnota $0,51 \pm 0,13$. Tato hodnota mohla být podhodnocena na základě způsobu, jakým byla vypočtena. Wang a kol. (2009) zjistil u pokusu s candáty hodnoty FCR na úrovni $0,95 - 0,97 \pm 0,03$.

Dalším z produkčních ukazatelů byla hodnota SGR. U našeho pokusu s candátem dosáhly skupiny těchto hodnot: skupina krmená pásovým krmítkem $1,15 \pm 0,11 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$, skupina krmená kombinovaně samokrmítkem $1,05 \pm 0,15 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$, skupina krmená samokrmítkem $0,75 \pm 0,68 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$ a skupina krmená ručně $0,35 \pm 0,21 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$. Ferrari a kol. (2014) zjistil u mořčáka evropského krmeného za použití samokrmítek s návnadovou tyčí hodnotu SGR v rozmezí $0,79 \pm 0,23$ až $0,81 \pm 0,26$, Benhaïm a kol. (2011) pak u téhož druhu zaznamenal hodnoty v rozmezí $0,80 \pm 0,00 - 1,10 \pm 0,00$ u ryb plně naučených na krmení pomocí samokrmítek. Tyto výsledky mohou poukazovat na lepší schopnost využití samokrmítek mořčákem, nežli je tomu u candáta. V našem pokusu ovšem v jednom opakování skupiny SF došlo k nízké aktivitě požadavků ryb a celkově špatnému naučení ryb na krmení samokrmítkem. U candátů krmených automaticky 3x denně udává Wang a kol. (2009) hodnoty SGR na úrovni $1,70 - 2,00 \pm 0,04 \text{ \%} \cdot \text{den}^{-1}$, což je oproti našim výsledkům značný rozdíl. Příčinou mohla být vyšší chovná teplota ($28 \text{ }^\circ\text{C}$) nebo i jiné faktory vstupující do pokusu (například jiný genetický základ ryb).

Vliv hustoty obsádky na příjem krmiva, růst a potravní chování okouna říčního

V experimentu s okounem, kde byl sledován vliv hustoty na rychlost růstu při použití samokrmítek byly zkoumány tři hustoty obsádky. Na konci pokusu, jež trval 42 dní byla nejvyšší kusová hmotnost zaznamenána u skupiny s hustotou $1,0 \text{ ks} \cdot \text{l}^{-1}$, a to $47,7 \pm 2,8 \text{ g}$. Matoušek (2010) zjistil u skupiny s hustotou $1,0 \text{ ks} \cdot \text{l}^{-1}$ po 28 dnech odchovu hmotnost $29,4 \text{ g}$ a po 56 dnech hmotnost $32,4 \text{ g}$. Při přepočtení na 42 dní odchovu dosáhla tato skupina $30,9 \text{ g}$. Průměrná kusová hmotnost ryb na počátku obou experimentů byla

téměř stejná (rozdíl 0,5 g). Rozdíl však lze zaznamenat v rychlosti růstu ostatních skupin. Zatímco v našem experimentu rostla skupina s hustotou 0,6 ks.l⁻¹ výrazně pomaleji než skupina s hustotou 1,0 ks.l⁻¹ a dosáhla průměrné konečné hmotnosti 39,2 ± 10,1 g, Matoušek (2010) uvádí skupinu s hustotou 0,5 ks.l⁻¹ jako nejrychleji rostoucí. Uvádí však i vyšší počáteční hmotnost než v našem experimentu, a to 33,7 g. Během dalšího pokračování experimentu dosáhla tato skupina 39,6 g po 28 dnech odchovu a 43,4 g po 56 dnech odchovu. Když byly data přepočteny na 42 dní odchovu, byla zjištěna hmotnost 41,5 g. Tato diskrepance může být dána právě různým managementem krmení. U obou pokusů měla z těchto tří sledovaných hustot shodně nejmenší průměrnou hmotnost skupina s hustotou 1,4 (1,5) ks.l⁻¹. V našem experimentu dosáhla tato skupina po 42 dnech odchovu hmotnosti 29,0 ± 3,4 g, Matoušek pak uvádí 23,9 g na začátku pokusu (rozdíl 1,1 g oproti našemu pokusu), po 28 dnech pokusu pak uvádí hmotnost 27,1 g a po 56 dnech 29,8 g. Při přepočtení dat na 42 dní odchovu byla zjištěna hodnota 28,5 g. U této skupiny bylo v našem pokusu navíc při přeloveních pozorováno tmavé zbarvení a zkrácená délka ploutví, což lze přisuzovat zvýšené hustotě obsádky a s tím spojené vyšší míře stresu, která mohla mít vliv i na rychlost růstu. Rozdíl v růstu zaznamenaný v těchto dvou experimentech u skupin s hustotou nasazení 0,6 (0,5) ks.l⁻¹ a 1,0 ks.l⁻¹ je možná způsoben právě rozdílnou strategií podávání krmiva. Pokud by se tato domněnka potvrdila, znamenalo by to možnost chovu okouna ve vyšší hustotě se stejným nebo vyšším přírůstkem právě díky použití samokrmítkového systému. Na základě designu experimentu předkládané práce to však nelze potvrdit. Pro srovnání, Fiogbé a Kestemont (2003) uvádí při pokusu trvajícím 28 dní s průměrnou hmotností nasazených ryb 18,9 g a hustotou nasazení 7,2 kg.m³ finální hmotnost ryb 19,4 až 24,6 g. Tento rozptyl výsledků byl způsoben různou denní krmnou dávkou vypočtenou procentuálně z biomasy obsádky. Při srovnání těchto dat s daty získanými v prezentované práci byla průměrná hmotnost nejvýkonnější z našich skupin (hustota 1,0 ks.l⁻¹) vyšší. To mohlo být způsobeno nižší hustotou obsádky, kterou daní autoři použili.

U prezentovaného experimentu s hustotou obsádky u okouna byly zjištěny tyto hodnoty FCR; skupina H 1,0 dosáhla hodnoty 0,52 ± 0,10, u skupiny H 0,6 byl zjištěn koeficient konverze na úrovni 0,58 ± 0,24 a u skupiny s hustotou H 1,4 byla u tohoto ukazatele zjištěna hodnota 0,86 ± 0,18. U těchto hodnot mohlo dojít k podhodnocení na základě toho, jakým způsobem byly vypočítávány. Matoušek (2010) zjistil po 56 dnech odchovu u skupiny H 0,5 hodnotu 1,29 ± 0,29, u skupiny H 1,0 hodnotu 1,43 ± 0,05 a u skupiny s hustotou H 1,5 hodnoty 7,40 ± 5,10. Tyto hodnoty jsou oproti našim výsledkům

vyšší, což může poukazovat na lepší využití krmiva při krmení samokrmítky, kdy přísun krmiva lépe kopíruje aktivitu trávicích enzymů testovaných ryb. Různou aktivitu trávicích enzymů v čase u několika skupin okounů zaznamenal i Langeland a kol. (2013). Oproti tomu však Noble a kol. (2007) nezjistil u pstruha duhového žádný rozdíl v hodnotě FCR u skupin krmených samokrmítky neomezeně a v omezenou denní dobu.

Při našem pokusu s okounem byla rovněž vypočtena hodnota SGR, která byla nejvyšší u skupiny s hustotou 1,0 ks.l⁻¹, a to 1,52 ± 0,19 %.den⁻¹. Skupina s hustotou 0,6 ks.l⁻¹ měla hodnotu SGR na úrovni 0,97 ± 0,2 %.den⁻¹. Velmi nízkou hodnotu tohoto ukazatele vykazala skupina s hustotou 1,4 ks.l⁻¹, kde bylo zjištěno 0,35 ± 0,3 %.den⁻¹. Tyto hodnoty jsou několikanásobně vyšší než zjistil Matoušek (2010); ten zaznamenal hodnotu 0,34 ± 0,023 %.den⁻¹ pro nejnižší hustotu, 0,29 ± 0,037 %.den⁻¹ pro střední hustotu a 0,23 ± 0,047 %.den⁻¹ pro nejvyšší hustotu nasazení. Vyšší hodnoty zaznamenal Xu a kol. (2001), který uvádí 0,43 ± 0,01 %.den⁻¹, 0,53 ± 0,02 %.den⁻¹ a 0,57 ± 0,03 %.den⁻¹, tyto výsledky však stále nedosahují hodnoty námi zjištěných výsledků. Příčinou může být vyšší kusová hmotnost nasazovaných ryb (33,1 - 35,9 g) nebo odlišná strategie krmení, kdy při použití samokrmítek dochází k lepšímu využití potravy a optimalizaci jejího denního rozložení, samozřejmě v součinnosti s optimální hustotou nasazení. Dále se na rozdílné rychlosti růstu mohl podepsat rozdílný geografický původ ryb (Mandiki a kol., 2004).

Potravní chování okouna říčního a candáta obecného v systému využívajícím systém pro krmení na základě požadavků ryb

Zajímavé výsledky ukázalo sledování denního rozložení požadavků a následných distribucí samokrmítek. Ryby se dokázaly velmi dobře adaptovat na nastavení samokrmítek, které umožňovalo pouze 1 distribuci za minutu bez ohledu na počet požadavků. Kinetika distribucí byla proto téměř totožná s kinetikou požadavků. U pokusu s candátem byly v tomto směru sledovány pouze dvě skupiny; skupina krmená samokrmítkem část dne automaticky a skupina krmená pouze na základě vlastního požadavku. U okouna byly sledovány všechny testované skupiny. Denní i mezidenní počet požadavku byl značně rozkolísaný u všech sledovaných skupin candátů i okounů. U candátů i okounů připadala denní maxima na 6. – 12. hodinu dne, tedy na dopoledne. Ke stejným závěrům došel i Benhaïm a kol. (2011), který u mořčáka evropského uvádí denní maxima v 6 hod. ráno, kdy bylo zapínáno osvětlení a v 11 hodin dopoledne. Tento

fenomén může poukazovat na nejvyšší aktivitu trávicích enzymů těchto druhů ryb po rozednění a během prvních hodin dne. V této době je příjem krmiva nejintenzivnější a krmivo je nejlépe využito. U candáta však takovéto denní rozložení požadavků nebylo předpokládáno, neboť jde o rybu, jejíž aktivita v přírodě stoupá ve večerních hodinách, kdy se vydává za potravou (Spurný, 1998). Taktéž experiment s okounem přinesl zajímavé výsledky, kdy navzdory očekávání okoun vykázal poměrně vysoký počet požadavků v nočních hodinách. Naproti tomu, Strand a kol. (2007) uvádí u okouna denní typ aktivity. I když se časové rozložení požadavků v našem pokusu mezidenně lišilo, nebylo u ryb během noci nikdy zaznamenáno více požadavků než během dopoledních hodin.

Mezidenní rozložení počtu požadavků bylo taktéž velmi proměnlivé, a to jak v čase, tak mezi nádržemi. Obecně však lze říci, že příjem krmiva probíhal v jakýchsi vlnách, kdy po několika málo dnech zvýšené potravní aktivity následovaly dny s nízkým počtem požadavků. To naznačuje jistou fluktuaci v apetitu ryb a dává prostor pro optimalizaci stávajících postupů pro krmení ryb v intenzivních systémech. Millot a kol. (2012) taktéž zjistil u tresky obecné rozdílnou krmnou aktivitu mezi nádržemi v průběhu 28 – denního pokusu; v nádrži č. 1 byl zaznamenán vyrovnaný počet požadavků po celou dobu pokusu, v nádrži č. 2 byl vyrovnaný počet požadavků během pokusu narušen dvěma výraznými vrcholy v polovině pokusu, v nádrži č. 3 byla zaznamenána velká rozkolísanost zjištěných dat, kdy se střídaly dny velmi výrazné a téměř nulové aktivity. V polední nádrži č. 4 autor zjistil poměrně vyrovnaný počet požadavků s jedním výrazným vrcholem ve 2. polovině pokusu. Tato značná nerovnoměrnost požadavků může poukazovat na odlišnou personalitu ryb a různý vývoj hierarchie v nádržích, což jsou fenomény, které využití samokrmítek ovlivňují a do značné míry znesnadňují interpretaci zjištěných dat. Řešením tohoto problému by mohla být selekce takzvané pro aktivních ryb. Tyto ryby lze při přeloveních rozpoznat podle zvýšené hmotnosti, případně lze k identifikaci nejaktivnějších ryb využít RFID antény.

6. Závěr

Testování účinnosti samokrmítkových systémů je prováděno za účelem optimalizace i automatizace chovu ryb v intenzivní akvakultuře. Prezentovaná práce se zabývala srovnáním účinnosti samokrmítek s ručním krmením a krmením pásovým krmítkem v chovu candáta obecného (*Sander lucioperca*) a sledováním vlivu hustoty obsádky na růst ryb při použití samokrmítek v chovu okouna říčního (*Perca fluviatilis*).

Při pokusu s candátem obecným byly porovnávány různé strategie předkládání krmiva. První skupina ryb byla krmena ručně obsluhou akvarijní místnosti. Na konci pokusu tato skupina výrazně hmotnostně zaostávala za ostatními skupinami, ruční krmení se tedy jeví z testovaných režimů jako nejméně účinné a celkově nejméně vhodné. Skupina krmená samokrmítkem pouze na základě vlastního požadavku dosáhla lepších výsledků než skupina krmená ručně, ovšem i tato skupina výrazně zaostávala za skupinami krměnými kombinovaně a za použití pásového krmítka. U této skupiny se jako nejproblematictější jeví samotné učení ryb na použití samokrmítka. Práce ukázala, že candát má z nějakého důvodu problematičtější a celkově delší zvykací fázi na používání samokrmítek než okoun. Kombinovaný způsob krmení, kdy byly ryby dopoledne krmeny automaticky a odpoledne dle vlastního požadavku se jeví jako účinnější metoda oproti výdeji krmiva jen na základě vlastního požadavku. Tato metoda by v budoucnu mohla být využita v intenzivních chovech okounovitých ryb.

U dvou skupin chovaných candátů (skupiny SF a CO) bylo pomocí napojení samokrmítek na software v počítači sledováno rozložení požadavků na krmení během dne, jejich mezidenní kinetika a také počet distribucí a jejich mezidenní kinetika. Dle nastavení systému byla možná pouze jedna distribuce za minutu bez ohledu na počet požadavků, ale zdá se, že ryby se na tuto skutečnost dokázaly adaptovat, protože počet požadavků a distribucí byl téměř totožný. Na grafickém znázornění denních a mezidenních výkyvů požadavků lze pozorovat výkyvy v počtu požadavků, ale během pokusu byl celkově zaznamenán nárůst počtu požadavků. Mezidenní výkyvy požadavků vykazaly sinusoidální průběh. Stejný fenomén byl posléze zaznamenán i u pokusu s okounem. Zajímavé jsou rovněž denní výkyvy počtu požadavků, kdy byly většina požadavků soustředěna do ranního a dopoledního období, což je překvapivé vzhledem k výrazné noční aktivitě candáta.

Při pokusu s okounem říčním byly sledovány celkem tři skupiny ryb s různou hustotou obsádky, přičemž všechny skupiny byly krmeny za použití samokrmítka

s výdejem pouze na základě vlastního požadavku. Jako optimální pro chov se ukázala hustota 1,0 ks.l⁻¹. Tato skupina dosáhla ve všech opakováních nejlepších růstových výsledků, kdy byl prokázán statisticky významný rozdíl hmotnosti již v polovině pokusu. Tento rozdíl dále narůstal až do konce pokusu. Druhou nejvýkonnější skupinou z hlediska průměrné konečné hmotnosti byla skupina s hustotou 0,6 ks.l⁻¹. Tato skupina vykázala celkově nejmenší počet požadavků a distribucí za všech skupin, což mohlo být dáno jak menším počtem jedinců, tak větší mírou stresu. Skupinou s nejhorsími výsledky byla skupina s hustotou 1,4 ks.l⁻¹. Tato skupina dosáhla nejmenší průměrné konečné hmotnosti.

U všech skupin bylo pozorováno denní rozložení a mezidenní změny počtu požadavků a počet distribucí za jednotlivé dny. Jak je patrné z výsledků, okouni se naučili používat samokrmítka téměř okamžitě, neboť již druhý den byly zaznamenány počty požadavků, které byly u skupin s hustotou 1,0 ks.l⁻¹ a 1,4 ks.l⁻¹ srovnatelné s počty požadavků v dalších dnech pokusu. Stejně jako u candáta bylo sledováno mezidenní kolísání počtu požadavků, ovšem rozdíl byl v jejich denním rozložení, kdy okoun vykazoval širší rozložení požadavků během celého dne. Překvapivé bylo zjištění podstatného počtu požadavků během nočních hodin, neboť je okoun považován za rybu s denní aktivitou. Počet distribucí stejně jako u candáta kopíroval počet požadavků, takže i zde lze říci, že se ryby na systém jedné distribuce za minutu dobře adaptovaly.

Obecně lze říci, že samokrmítkový systém se více osvědčil v chovu okouna, neboť okoun se samokrmítka naučí využívat rychleji než candát a je schopen je využívat lépe. Tento pokus však byl prvním případem snahy využívat samokrmítkové systémy k produkci okounovitých ryb v intenzivních podmínkách je třeba provést další upřesňující pokusy, aby byla tato problematika lépe prostudována a byly odhaleny a eliminovány případné nedostatky.

7. Použitá literatura

- Alanärä, A., (1992). The effect of time-restricted demand-feeding on feeding activity, growth and feed conversion in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 108, 357–368.
- Attia J., Millot S., Di-Poï C., Bégout M.L., Noble C., SanchezVazquez F.J., Terova G., Saroglia M., Damsgard B., (2012). Demand feeding and welfare in farmed fish. *Fish Physiology and Biochemistry*
- Azzaydi M, Madrid J A, Zamora S, Sánchez-Vázquez F J, Martínez F J. 1998 a. Effect of three feeding strategies (automatic, ad libitum demand-feeding and time-restricted demand-feeding) on feeding rhythms and growth in European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture*, 163 (3-4): 285-296.
- Baruš, V., & Oliva, O. (1995). *Mihulovci a ryby* (Vol. 1). Academia.
- Benhaïm, D., Péan, S., Brisset, B., Leguay, D., Bégout, M. L., & Chatain, B. (2011). Effect of size grading on sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juvenile self-feeding behaviour, social structure and culture performance. *Aquatic Living Resources*, 24(4), 391-402.
- Boujard, T. 1999. The circadian rhythms of feeding activity in teleosts species. *Cybium*, 23: 89–112.
- Boujard T, Médale F. 1994. Regulation of voluntary feed intake in juvenile rainbow trout fed by hand or by selffeeders with diets containing two different protein/energy ratios. *Aquatic Living Resources*, 7 (3): 211-215.
- Boujard, T., Gelineau, A. & Corraze, G. 1995. Time of a single daily meal influences growth performance in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research*, 26: 341–349.
- Braithwaite, V. A., Armstrong, J. D., McAdam, H. M., & Huntingford, F. A. (1996). Can juvenile Atlantic salmon use multiple cue systems in spatial learning? *Animal Behavior* 51, 1409-1415.
- Brännäs, E. and Alanärä, A., 1993. Monitoring the feeding activity of individual fish with a demand feeding system. *Journal of Fish Biology*, 42: 209-215.

- Brown, C., Laland, K.N., Krause, J. (2006). *Fish Cognition and Behavior*. Blackwell Publishing, UK.
- Carvalho R. A.P.L.F.; Lemos D.E.L.; Tacon, A.G.J., (2013). Performance of single-drain and dual-drain tanks in terms of water velocity profile and solids flushing for in vivo digestibility studies in juvenile shrimp, *Aquacultural Engineering*, ISSN: 0144-8609, Vol: 57, Page: 9-17.
- Coves, D., Gasset, E., Lemarié, G., Dutto, G., 1998. A simple way of avoiding feed wastage in European seabass, *Dicentrarchus labrax*, under self-feeding conditions, *Aquatic Living Resources*, ISSN: 0990-7440, Vol: 11, Issue: 6, Page: 395-401.
- Ellis, T., North, B., Scott, A. P., Bromage, N., Porter, M. and Gadd, D. (2002), The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *Journal of Fish Biology*, 61: 493-531.
- Ferrari, S., Benhaïm, D., Colchen, T., Chatain, B., & Bégout, M. L. (2014). First links between self-feeding behaviour and personality traits in European seabass, *Dicentrarchus labrax*. *Applied Animal Behaviour Science*, 161, 131-141.
- Fiogbé, E. D., & Kestemont, P. (2003). Optimum daily ration for Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. reared at its optimum growing temperature. *Aquaculture*, 216 (1-4), 243-252.
- Gerstmeier, R., Romig, T., 2003. *Sladkovodní ryby Evropy*, z něm. originálu (rok vydání 1998) přeložil Peňáz, M., vydal Černý, J., 366 s.
- Gill AB, Hart PJB, 1996. Unequal competition between threespined stickleback, *Gasterosteus aculeatus*, L. encountering sequential prey. *Anim Behav* 51:689–698.
- Helland, S.J., Grisdale-Helland, B., Nerland, S., (1996). A simple method for the measurement of daily feed intake of groups of fish in tanks. *Aquaculture*, 139 (1-2), pp. 157-163.
- Jankowska, B., Zakęś, Z., Żmijewski, T. et al. (2003). A comparison of selected quality features of the tissue and slaughter yield of wild and cultivated pikeperch *Sander lucioperca* (L.), *European Food Research and Technology*, Vol. 217, pp 401–405
- Jirásek, J., Mareš, J., Zeman, L., (2005). *Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro ryby*. MZLU v Brně 2005, 70 s.
- Kahrs, J., & Osborn, P. (1973). *U.S. Patent No. 3,730,142*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

- Kaushik, S.J. 2013. Feed management and on-farm feeding practices of temperate fish with special reference to salmonids. In M.R. Hasan and M.B. New, eds. On-farm feeding and feed management in aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 583. Rome, FAO. pp. 519–551
- Kestemont, P., Dabrowski, K., & Summerfelt, R. C. (Eds.). (2015). Biology and culture of percid fishes: principles and practices. Springer, 901 s.
- Kieffer, J. D. & Colgan, P. W. (1992). The role of learning in fish behaviour. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 2, 125-143.
- Król, J., Flisiak, W., Urbanowicz, P., & Ulikowski, D. (2014). Growth, cannibalism, and survival relations in larvae of European catfish, *Silurus glanis* (Actinopterygii: Siluriformes: Siluridae) - attempts to mitigate sibling cannibalism. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 44(3), 191.
- Langeland, M., Lindberg, J. E., & Lundh, T. (2013). Digestive enzyme activity in Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) and Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *J Aquac Res Development*, 5(208), 2.
- Lusk, S., Heteša, J., Hochman, L., Král, K. (1983). Účelové rybí obsádky v údolních nádržích. Hydroprojekt Brno, Vývoj č. 6, 110 pp.
- Madrid, J.A., Boujard, T. & Sanchez-Vazquez, F.J. 2001. Feeding rhythms. In D. Houlihan, T. Boujard & M. Jobling, eds. Food intake in fish, pp. 189–215. Oxford, Blackwell Science. 259 pp.
- Mairesse, G., Thomas, M., Gardeur, J. N., & Brun-Bellut, J. (2006). Effects of geographic source, rearing system, and season on the nutritional quality of wild and farmed *Perca fluviatilis*. *Lipids*, 41(3), 221-229.
- Mandiki, S.N.M., Blanchard, G., Mélard, Ch., Koskela, J., Kucharczyk, D., Fontaine, P., Kestemont, P., 2004. Effect of geographic origin on growth and food intake in Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) juveniles under intensive culture conditions. *Aquaculture*, 229: 117–128.
- Mareš, J., Novotný, L., Palíková, M., (2015). Akvakultura – základy výživy a krmení ryb. Mendelova univerzita v Brně, 108 s.
- Matoušek, J. (2010). Intenzivní chov juvenilních okounů (*Perca fluviatilis*) v kontrolních podmínkách se speciálním zaměřením na hustotu odchovaných okounů, Bakalářská práce, FROV JU, 67 s.

- Matoušek, J. (2012). Vliv různého nasycení vody kyslíkem na příjem krmiva a růst candáta obecného (*Sander lucioperca*) v intenzivním chovu, FROV JU, 65 s.
- Metcalf, N. B., Thorpe, J. B., 1992. Early predictors of life history events: the link between first feeding date, dominance and seaward migration in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. J. Fish Biol. 41(Suppl. B), 93-99
- Millot, S., Nilsson, J., Fosseidengen, J., Bégout, M., & Kristiansen, T. (2012). Evaluation of self-feeders as a tool to study diet preferences in groups of Atlantic cod (*Gadus morhua*). Aquatic Living Resources, 25(3), 251-258.
- Mohanta K N, Mohanty S N, Jena J K, Sahu N P. 2008. Optimal dietary lipid level of silver barb, *Puntius gonionotus* fingerlings in relation to growth, nutrient retention and digestibility, muscle nucleic acid content and digestive enzyme activity. Aquaculture Nutrition, 14 (4): 350-359.
- Montoya A., Alves Martins D., Yufera M., Sánchez-Vázquez F.J., (2011). Self-selection of diets with different oil oxidation levels in gilthead seabream (*Sparus aurata*). Aquaculture 314, 282–284
- Nilsson, J., Torgersen, T. (2010). Exploration and learning of demand-feeding in Atlantic cod (*Gadus morhua*), Institute of Marine Research, Norway.
- Nyina-wamwiza, L., Xu, X. L., Blanchard, G., & Kestemont, P. (2005). Effect of dietary protein, lipid and carbohydrate ratio on growth, feed efficiency and body composition of pikeperch *Sander lucioperca* fingerlings. Aquaculture Research, 36(5), 486-492.
- Noble C, Mizusawa K, Suzuki K, Tabata M. 2007a. The effect of different self-feeding regimes on the growth, behaviour and fin damage of rainbow trout held in groups. Aquaculture, 264 (1-4): 214-222.
- Noble, C., Kadri, S., Mitchell, D.F. & Huntingford, F.A. 2007b. Influence of feeding regime on intraspecific competition, fin damage and growth in 1+Atlantic salmon parr (*Salmo salar* L.) held in freshwater production cages. Aquaculture Research, 38: 1137–1143.
- Noble, C., Kadri, S., Mitchell, D.F. & Huntingford, F.A. 2007c. The effect of feed regime on the growth and behaviour of 1 plus Atlantic salmon post-smolts (*Salmo salar* L.) in semi-commercial sea cages. Aquaculture Research, 38: 1686–1691.

- Noble, C., Mizusawa, K., Suzuki, K. & Tabata, M. 2007d. The effect of differing selffeeding regimes on the growth, behaviour and fin damage of rainbow trout held in groups. *Aquaculture*, 264: 214–222
- Papandroulakis, N., Dimitris, P., Pascal, D., (2002). *Aquacultural Engineering*, ISSN: 0144-8609, Vol: 26, Issue: 1, Page: 13-26
- Paspatis M, Maragoudaki D, Kentouri M. 2000. Self-feeding activity patterns in gilthead sea bream (*Sparus aurata*), red porgy (*Pagrus pagrus*) and their reciprocal hybrids. *Aquaculture*, 190 (3-4): 389-401.
- Pokorný, J., Lucký, J., Lusk, S., Pohunek, M., Jurák, M., Štědranský, E., Prášil, O., 2004. *Velký encyklopedický rybářský slovník*, 649 s.
- Polakof S, Ceinos R M, Fernández-Durán B, Míguez J M, Soengas J L. 2007. Daily changes in parameters of energy metabolism in brain of rainbow trout: dependence on feeding. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 146 (2): 265-273.
- Policar, T., Stejskal, V., Kristan, J., Podhorec, P., Svinger, V., & Blaha, M. (2013). The effect of fish size and stocking density on the weaning success of pond-cultured pikeperch *Sander lucioperca* L. juveniles. *Aquaculture international*, 21(4), 869-882.
- Rupia, E. J., Binning, S. A., Roche, D. G. and Lu, W. (2016). Fight-flight or freeze-hide? Personality and metabolic phenotype mediate physiological defence responses in flatfish. *J. Anim. Ecol.*
- Rougeot, C., Mélard, C., 2008. Genetic Improvement of Growth. In: Rougeot, C., Torner, D. (eds): *Farming of Euroasian Perch*, Special publication BIM, 24. 42–51.
- Sakakura Y, Tagawa M, Tsukamoto K, 1998. Whole-body cortisol concentrations and ontogeny of aggressive behaviour in yellowtail (*Seriola quinqueradiata* Temminck and Schlegel: Carangidae). *Gen Comp Endocr* 109:286–292
- Sanchez-Vázquez, F.J., Madrid, J.A., Zamora, S., (1995). Circadian Rhythms of Feeding Activity in Sea Bass, *Dicentrarchus labrax* L.: Dual Phasing Capacity of Diel Demand-Feeding Pattern *Journal of Biological Rhythms*, Vol 10, Issue 3, pp. 256–266.

- Skov, P. V., Lund, I., & Pargana, A. M., (2015). No evidence for a bioenergetic advantage from forced swimming in rainbow trout under a restrictive feeding regime. *Frontiers in Physiology*, 6, 31.
- Spurný, P. (1998). *Ichtyologie (systematická část)*. MZLU Brno, 138 s.
- Strand, Å., Alanärä, A., Staffan, F., & Magnhagen, C. (2007). Effects of tank colour and light intensity on feed intake, growth rate and energy expenditure of juvenile Eurasian perch, *Perca fluviatilis* L. *Aquaculture*, 272(1-4), 312-318.
- Szczepkowski, M., Zakeś, Z. (2002) Selekcja wielkosciowa a wyniki podchowu sandacza *Sander lucioperca* (L.) w obiegach recyrkulacyjnych – *Komun. Ryb.* 6: 8–11.
- Toner D. (2015) The Market for Eurasian Perch. In: Kestemont P., Dabrowski K., Summerfelt R. (eds) *Biology and Culture of Percid Fishes*. Springer, Dordrecht
- Vargas, J. P., Lopez, J. C., Salas, C. & Thinus-Blanc, C. (2004). Encoding of geometric and featural spatial information by goldfish (*Carassius auratus*). *Journal of Comparative Psychology* 118, 206-216.
- Wang, N., Xu, X., & Kestemont, P. (2009). Effect of temperature and feeding frequency on growth performances, feed efficiency and body composition of pikeperch juveniles (*Sander lucioperca*). *Aquaculture*, 289(1-2), 70-73.
- Warburton, K. (1990). The use of local landmarks by foraging goldfish. *Animal Behavior* 40, 500-505.
- Ward, AJW., Thomas, P., Hart, PJB. et al. *Behav Ecol Sociobiol* (2004) Correlates of boldness in three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*). Springer-Verlag, ISSN: 0340-5443, 55: 561.
- Xu, X. L., Fontaine, P., Mélard, C., & Kestemont, P. (2001). Effects of dietary fat levels on growth, feed efficiency and biochemical compositions of Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Aquaculture International*, 9(5), 437-449.
- Zakeś, Z. (1999): The effect of body size and water temperature on the results of intensive rearing of pike-perch, *Stizosteredon lucioperca* (L.) fry under controlled conditions. *Archives of Polish Fisheries* 7: 187-199.
- Zakeś, Z. (2009): *Sandacz. Chów i hodowla*, Poradnik hodowcy. Wid. IRS. Olsztyn 2009. 203 s.

Zakęs, Z. & Demska-Zakęs, K. (2010). Controlled reproduction of pikeperch *Sander lucioperca* (L.): a review. Archives of Polish Fisheries, 17(4), pp. 153-170.

<http://www.imetronic.com/devices/self-feeder-for-fish/>

https://www.innovaqua.com/products/productos_alimentacion.html

<http://www.fao.org>

8. Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá chovem candáta obecného (*Sander lucioperca*) a okouna říčního (*Perca fluviatilis*) v podmínkách intenzivní akvakultury a možností využití samokrmítkových systémů řízených softwarem k optimalizaci produkce těchto druhů ryb. Cílem práce bylo porovnání různých technik krmení se zaměřením na použití samokrmítek v chovu candáta obecného a porovnání vlivu hustoty obsádky při použití samokrmítkového systému krmení v chovu okouna říčního.

Při prvním pokusu byli do recirkulačního systému nasazeni juvenilní candáti o průměrné hmotnosti $27,0 \pm 4,5$ g. Ryby byly rozděleny do čtyř skupin; krmené ručně (HF), krmené pásovým krmítkem (BF), krmené samokrmítkem kombinovaně - během dopoledních hodin automatický výdej krmiva, po zbytek dne výdej na základě vlastního požadavku (CO) a krmené samokrmítkem pouze na základě vlastního požadavku (SF). Pokus trval 42 dní, přičemž byla provedena tři biometrická měření (den 0, den 21 a den 42). U ryby byla stanovována hmotnost, celková délka, délka těla a byl vypočítán Fultonův koeficient.

Výsledky pokusu prokázaly nejvyšší hmotnostní růst u skupiny BF, u níž byla zjištěna hmotnost $44,0 \pm 11,0$ g. Skupina CO dosáhla průměrné hmotnosti $42,3 \pm 8,6$ g. Skupina SF byla třetí v pořadí s průměrnou hmotností $37,6 \pm 13,2$ g. Nejhorší výsledek byl zaznamenán u skupiny HF, u které byla zjištěna průměrná hmotnost $30,2 \pm 9,9$ g.

U druhého pokusu byli do recirkulačního systému nasazeni okouni s průměrnou hmotností $25,4 \pm 3,9$ g. Ryby byly rozděleny do tří skupin; skupina s hustotou obsádky $0,6 \text{ ks.l}^{-1}$ (H 0,6), skupina s hustotou $1,0 \text{ ks.l}^{-1}$ (H 1,0) a skupina s hustotou $1,4 \text{ ks.l}^{-1}$ (H 1,4). Všechny ryby byly krmeny s použitím samokrmítka s výdejem na základě vlastního požadavku. Pokus trval 42 dní, během nichž byly třikrát zaznamenávány biometrické údaje (den 0, den 21, den 42). U ryb byla zjišťována hmotnost, celková délka, délka těla a byl vypočítáván Fultonův koeficient.

Výsledky prokázaly nejvyšší hmotnostní přírůstek ve skupině H 1,0, kdy konečná hmotnost dosáhla $47,7 \pm 2,8$ g. Druhou nejrychleji rostoucí skupinou byla skupina s hustotou H 0,6, jejíž průměrná konečná hmotnost činila $39,2 \pm 3,7$ g. Nejmenší přírůstek byl zaznamenán u skupiny s hustotou obsádky H 1,4 s průměrnou konečnou hmotností $29 \pm 3,4$ g.

Klíčová slova: okounovité, samokrmítkové systémy, krmení, hustota obsádky, recirkulační systémy

9. Abstract

This diploma thesis deals with the culture of pike-perch (*Sander lucioperca*) and European perch (*Perca fluviatilis*) in conditions of intensive aquaculture and the possibility of using software-controlled self-feeding systems to optimize the production of these fish species. The aim of this thesis was to compare different feeding techniques focusing on the use of self-feeders in the rearing of pike-perch and to compare the effect of stocking density with the use of a self-feeding system in the rearing of European perch.

In the first experiment, juvenile pike-perch with an average weight of $27,0 \pm 4.5$ g were stocked into the recirculating system. Fish were divided into four groups; fed manually (HF), fed by an automatic feeder (BF), fed by a self-feeder combined - during the morning hours automatically and for the rest of the day on own request (CO) and fed by self-feeder only on own request (SF). The experiment lasted for 42 days, with three biometric measurements (day 0, day 21 and day 42). Weight, total length, standard length, and the Fulton coefficient were observed within all sampling dates.

The results of the experiment showed the highest weight gain in the BF group, with weight of 44.0 ± 11.0 g. The CO group had an average weight of 42.3 ± 8.6 g. The SF group was the third with a mean weight of 37.6 ± 13.2 g. The worst result was found in the HF group, which had an average weight of 30.2 ± 9.9 g.

In the second experiment, the recirculating system was stocked with European perch with an average weight of 25.4 ± 3.9 g. Fish were divided into three groups; a group with a density of $0.6 \text{ ind.}\cdot\text{l}^{-1}$ (H 0.6), a group with a density of $1.0 \text{ ind.}\cdot\text{l}^{-1}$ (H 1.0) and a group with density of $1.4 \text{ ind.}\cdot\text{l}^{-1}$ (H 1.4). All fish were fed using a self-feeding system with distribution based only on own request. The experiment lasted for 42 days, while the biometric data (weight, total length, standard length, and Fulton coefficient) were recorded three times (day 0, day 21, and day 42).

The results showed the highest weight gain in group H 1.0 where the final weight was 47.7 ± 2.8 g. The second fastest growing group was the H 0.6, where the final weight was 39.2 ± 3.7 g. The smallest growth was found in the group with a density of H 1.4 with an average final weight of 29 ± 3.4 g.

Key words: percids, self – feeding systems, feeding, stocking density, recirculation systems