EVROPSKÁ UNIE
Evropský námořní a rybářský fond
Operační program Rybářství

Fakulta rybářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice
Czech Republic

TECHNICKÁ ZPRÁVA PROJEKTU

Název projektu:

Energetický audit, vzdálené řízení a produkce kontejnerové farmy s chovem keříčkovce červenolemého.

Registrační číslo projektu: CZ.10.2.101/2.1/0.0/17_011/0000458

Příjemce (veřejnoprávní subjekt):

Obchodní firma nebo název: Poweregia s.r.o.

Adresa: Vlasty Buriana 503/10, 190 15 Praha 9

IČ: 28896050

Registrační číslo projektu: CZ.10.2.101/2.1/0.0/17_011/0000458

Název projektu: Energetický audit, vzdálené řízení a produkce kontejnerové farmy s chovem keříčkovce červenolemého.

Jméno a příjmení osoby, která je oprávněna příjemce dotace zastupovat:

prof. PhDr. Bohumil Jiroušek, Dr.

Partner projektu (podnik akvakultury spolupracující na projektu s příjemcem):

Obchodní firma nebo název: Poweregia s.r.o.

Adresa: Vlasty Buriana 503/10, 190 15 Praha 9

IČ: 28896050

Jméno a příjmení osoby, která je oprávněna partnera projektu zastupovat:

Ing. Tomáš Zatloukal

Zpracovatel technické zprávy projektu:

Název nebo obchodní jméno: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod

Adresa: Zátiší 728/II, 389 25 Vodňany

IČ: 60076658

Místo a datum zpracování technické zprávy: Vodňany, 29. 5.2020

Jména a příjmení osob, které zpracovaly technickou zprávu:

Ing. Vlastimil Stejskal, Ph.D.
Ing. Markéta Prokešová, Ph.D.
Ing. Tomáš Zatloukal
Leoš Smutný

Jméno a příjmení osoby, která je oprávněna zpracovatele technické zprávy zastupovat:

prof. PhDr. Bohumil Jiroušek, Dr.

Souhlas s publikací technické zprávy:

Souhlasím se zveřejněním této technické zprávy projektu v rámci opatření 2.1. Inovace z Operačního programu Rybářství 2014–2020 na internetových stránkách Ministerstva zemědělství a s využíváním výsledků této technické zprávy všemi subjekty z odvětví rybářství.

Podpis osoby oprávněné zastupovat:

1. Příjemce dotace (veřejnoprávní subjekt):

prof. PhDr. Bohumil Jiroušek, Dr.

2. Partnera projektu (podnik akvakultury):

Ing. Tomáš Zatloukal

3. Zpracovatele technické zprávy:

prof. PhDr. Bohumil Jiroušek, Dr.

OBSAH

OBSAH 3

1 Cíl 5

1.1 Co je cílem projektu 5

1.2 V čem spočívá inovativnost technologie 5

1.3 Proč je nutná inovace, která je předmětem projektu 5

2 Úvod 7

3 Materiál a metodika 8

3.1 Technologie kontejnerové farmy, příprava odchovných RAS systémů a ryb pro tři experimentální odchovy 8

3.1.1. Technické řešení odchovného systému v kontejneru K2 9

3.1.2. Technické řešení odchovného systému v kontejneru K1. – pro tržní chov do cílové hmotnosti ryb 15

3.1.3. Příprava odchovných RAS systémů 18

3.1.4. Příprava experimentálních ryb 19

3.2 Průběh vlastního experimentu 19

3.3 Zahájení vlastního experimentu sledující efektivitu odchovu, produkci a stav odchovávaných ryb keříčkovce červenolemého v inovativní kontejnerové farmě (průběh třech experimentálních odchovů) ..... Chyba! Záložka není definována.

3.4 Sledované parametry v průběhu testování efektivity odchovu, produkce a stavu odchovávaných ryb keříčkovce červenolemého v inovativní kontejnerové farmě 21

4 Výsledky 22

4.1 Prvotní zkušební odchov (1. krmivo Aller Aqua) 22

4.1.1 Průběh růstových a produkčních ukazatelů a somatických indexů 22

4.1.2 Veterinární vyšetření ryb 27

4.1.3 Funkce biofiltru 27

4.1.4 Ukazatele výtěžnosti a finální kvality produktu 27

4.1.5 Vyhodnocení produkce ryb, spotřeby krmiv, energií, přítokové vody a dalších nákladových položek 27

4.2 Druhý odchov (2. krmivo – kombinace krmiv Aller Aqua a Skretting) 30

4.2.1 Průběh růstových a produkčních ukazatelů a somatických indexů 30

4.2.2 Veterinární vyšetření ryb 36

4.2.3 Funkce biofiltru 36

4.2.4 Fyzikálně-chemické parametry vody 37

4.2.5 Ukazatele výtěžnosti a finální kvality produktu 39

4.2.6 Vyhodnocení produkce ryb, spotřeby krmiv, energií, přítokové vody a dalších nákladových položek 39

4.3 Třetí odchov (3. krmivo Skretting) **42**

4.3.1 Průběh růstových a produkčních ukazatelů a somatických indexů 42

4.3.2 Veterinární vyšetření ryb 48

4.3.3 Funkce biofiltru 48

4.3.4 Fyzikálně-chemické parametry vody 50

4.3.5 Výtěžnost ukazatele a finální kvalita produktu 52

4.3.6 Vyhodnocení produkce ryb, spotřeby krmiv, energií, přítokové vody a dalších nákladových položek 52

4.4 Porovnání výsledků senzorických analýz a textury masa **55**

4.4.1 Výsledky analýz textury 55

4.4.2 Výsledky senzorických analýz 56

4.4.3 Výsledky analýz spektra mastných kyselin 56

5 Závěr **58**

Přílohy: **60**

1 Cíl

1.1 Co je cílem projektu

Projekt testoval a hodnotil produkční, energetické a ekonomické ukazatele chovu keříčkovce červenolemého v investičně úsporném chovném systému modulární konstrukce (kontejnerové farmě). Výsledkem jsou znalosti a informace o fungování modulární kontejnerové farmy v klimatických podmínkách ČR. Informace o celkové spotřebě, denní fluktuaci vývoji (během produkčního cyklu) jednotlivých vstupů (krmivo, elektřina, voda, teplo) jsou obsahem zprávy a jsou volně k dispozici. Výsledkem je i znalost efektu jednotlivých dostupných krmiv (určených pro keříčkovce) na prostředí (kvalitu vody) recirkulačního systému a růst ryb. Rovněž jsou popsány informace o vlivu výše zmíněných krmiv na kvalitu finálního produktu. Dalším výsledkem jsou informace o funkčnosti a provozu nového systému pro vzdálený monitoring procesů na farmě.

1.2 V čem spočívá inovativnost technologie

Inovace spočívá v provozním otestování moderního chovu ryb (keříčkovce červenolemého) v lépe kontrolovaných intenzivních podmínkách inovativního systému s nízkými investičními náklady. Proces využívá kompletních krmných směsí a vysokých obsádek při zajištění optimálních parametrů vody. Výrazně inovativní a originální je konstrukce a uspořádání farmy v tepelně izolovaném námořním kontejneru. Originální a inovativní je systém monitoringu energetických a technologických (elektřina, teplo, vzduch, voda) vstupů a výstupů (prací voda) s možností vzdáleného monitoringu a kontroly. Jako inovativní lze považovat i vlastní koncepci farmy, která je pojatá jako modulární systém s možností flexibilní změny produkce v místě spotřeby v závislosti na poptávce. To by mělo přispět ke snížení nákladů na dopravu a zatížení prostředí (redukce uhlíkové stopy). Design a technické řešení modulu umožnuje i jednoduchou dopravu jednotky (včetně vnitřní technologie) po silničních či námořních trasách.

1.3 Proč je nutná inovace, která je předmětem projektu

Díky testovanému řešení modulární farmy, které lze charakterizovat jako investičně nízko-nákladové (105 000 CZK/1000 t produkce) by mělo dojít k většímu rozšíření těchto systémů a vylepšení „image“ tohoto způsobu chovu ryb. Ke zlepšení podmínek životního prostředí by měla přispět i koncepce farmy, která cílí na produkci ryb blízko místa spotřeby (zejména u velkých měst tzv. „urban farming“), a to především omezením transportu ryb. Aspekt „udržitelných metod produkce“ naplňuje projekt především možností flexibilně reagovat na vývoj poptávky zvýšením produkce ryb (možnost škálování). Pozitivní vliv projektu bude v budoucnu i s ohledem na možné využití odpadního tepla z elektráren či bioplynových stanic. Dále by měl projekt přispět k budoucímu propojení farmy s akvaponickým pěstováním rostlin (další etapa vývoje farmy). Sekundárně by měl mít projekt dopad na spotřební chování lidí, kteří budou mít možnost kupovat lokálně produkované potraviny.

Vytvářený produkt Kontejnerová farma propojuje tři základní oblasti, a sice odchovný systém akvakultury, energetiku a dnes dostupné IT technologie. Inovativnost systému spočívá v unikátním využití lodního chladicího kontejneru jako samostatného celku spolu s odchovnou nádrží, mechanickými a biologickými filtry. Nedílnou součástí systému je i systém měření

a správy dat propojený až na mobilní zařízení uživatele, včetně historie a vyhodnocování. Vytěžování dostupných dat a schopnost učení se chování systému jsou základním kamenem úspěchu pro ekonomický efektivní chov ryb. Implementovaný systém slouží pro vzdálené sledování a automatizaci celého odchovné cyklu. Díky tomuto je možné sledovat všechny důležité funkce systému, vzdáleně je řídit, mít aktuální odezvu na chování ryb a příjem krmiva. Systém je nastaven tak, že důležité stavy jsou přímo generovány v pracovní příkazy a obsluha je ihned notifikována o stavu a nezbytné požadované akci.

Produkce znečištění z intenzivní akvakultury má vliv na okolní prostředí a význam vzrůstá s tím, jak rychle se toto odvětví produkce potravin rozvíjí (od sedmdesátých let činil meziroční nárůst produkce z akvakultury 8,9 % ročně). Znečištění produkované rybami v intenzivním chovu může degradovat vodní prostředí recipientu pod produkčním zařízením a může tak docházet ke konfliktům mezi různými uživateli. Toto platí hlavně pro průtočné a klecové systémy s intenzivním chovem ryb, méně již pro systémy recirkulační (předmět testování projektu), kde lze s využitím moderních technologií emise živin výrazně redukovat. Omezení vlivu na životní prostředí vyplývá z podstaty používání recirkulační technologie v intenzivním chovu ryb. Aspekt „udržitelných metod produkce“ naplňuje projekt především možností flexibilně reagovat na vývoj poptávky zvýšením produkce (možnost škálování – zapojení dalších modulů farmy). Ke zlepšení životních podmínek zvířat projekt nepřispívá, nicméně základním předpokladem je udržení vysokého standardu z pohledu kvality vody a prostředí, který je znám z dřívějších projektů a vědeckých publikací.

Energetická úspornost celého systému spočívá v použití chladicího kontejneru repasovaného pro odchov ryb. Vlastní izolovaný kontejner původně určený pro chlazení, byl po úpravách repasován na kontejner odchovný. Využívá tepelné setrvačnosti vody, minimalizaci tepelných ztrát a optimalizací energetických nároků celé farmy na provoz, díky měření a řízení celku. V takovém nastavení je schopen systém fungovat i za rozdílných klimatických podmínek nejen na území České republiky, ale i zemí v podobné zeměpisné poloze, a to celoročně.

Ekonomická úspornost uvedeného systému spočívá ve schopnosti systému optimalizovat a vylepšovat energetické nároky jak na vodu, tak na elektřinu jakožto jediné dva nutné zdroje pro provoz celého systému. Systém je modulární, lze ho různě přestavovat, škálovat a upravovat dle poptávky po produktu na trhu. Další neodmyslitelnou výhodou celého systému je schopnost převážet a stěhovat kontejnery (tedy celou farmu) z místa na místo s tím, že není zatěžována žádná budova a nemusí se systém přizpůsobovat na různé půdorysy a podmínky specifické k daným místům. Při převozu takové farmy dochází k likvidaci na zelenou louku, jelikož není postavená ani na základech, ale na pilonech, které se vyšroubují, a tím po odklizení farmy vzniká opět původní nedotčená plocha. Tímto způsobem lze směřovat odchov ryb a výrobu rybích produktů na místa, kde je jich právě potřeba. Snižují se tak nároky na dopravu a chlazení výrobků, jež bývá energeticky velmi náročné, a také se snižuje dopad systému na životní prostředí včetně karbonové stopy.

2 Úvod

Jednou z možností zvýšení produkce a spotřeby masa sladkovodních ryb u nás je větší diversifikace spektra chovaných ryb. Keříčkovec červenolemý (*Clarias gariepinus*) patří mezi druhy ryb se strmým nárůstem akvakulturní produkce od bazálních hodnot v roce 1994 až na více než 240 000 tun v současné době (FAO). Expanze a obliba tohoto druhu ve světě (i v evropských zemích) je zapříčiněna především možností chovu v silně zhuštěných obsádkách a poměrně jednoduchých (v porovnání s jinými druhy) odchovných systémech, v kterých lze dosáhnout tržní hmotnosti (700–1000 g) během 5–6 měsíců často s krmným koeficientem pod 1 (Kouřil a kol., 2012). Chov keříčkovce v mírném klimatickém pásmu není, vzhledem k nízkým teplotám vody po větší část roku ve venkovních nádržích s přirozenou teplotou vody možný, a proto jeho chov probíhá v zastřešených farmách fungujících na recirkulační bázi v evropských zemích (např. Maďarsko, Holandsko, Dánsko, Německo). V poslední době začínají podobně uvažovat i chovatelé ryb v České republice a v současnosti se u nás chovem keříčkovce zabývají firmy FISH Farm Bohemia, s.r.o., Tilapia s.r.o. a několik dalších menších producentů.

Recirkulační akvakulturní systémy jsou charakterizovány vysokou produkcí ryb s využitím velmi malé zastavěné plochy a nízkou potřebou přítokové vody (Kouřil a kol., 2013). Vzhledem k relativně vyšším kapitálovým (investičním) i provozním nákladům (zejména na krmivo a energie) jsou tyto systémy vhodné pro druhy, které mají vyšší realizační cenu. U klasických uspřádání se investiční náklady pohybují až 195 000 Kč / 1000 kg produkce ryb (Losordo a kol., 1998), ale v praktických podmínkách České republiky to může být 220 000 až 300 000 Kč / 1000 kg (os. sdělení). To se odráží v delší době návratnosti investice a ekonomickém zdraví subjektu.

V rámci tohoto projektu byl ověřen v provozních podmínkách technologický postup produkce keříčkovce v pilotním modulu kontejnerové farmy s využitím recirkulační technologie. Realizací projektu byly získány znalosti o možnostech chovu keříčkovce v investičně úsporném systému modulární kontejnerové farmy v klimatických a ekonomických podmínkách České republiky. Informace o produkci ryb, spotřebě vody a energie jsou zveřejněny a mohou sloužit jako zdroj pro další plánování podobných objektů. Projekt by měl v budoucnosti přispět alespoň k částečnému vyřešení současné neutěšené situace kolem produkce ryb v těchto systémech v rámci ČR.

Použitá literatura:

Losordo, T.M., Masser, M.P. Rakocy, J., 1998. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems An Overview of Critical Considerations. SRAC Publication No. 451

Kouřil, J., Hamáčková, J., Stejskal, V., 2013. Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 85 (2. vydání), 53 s.

Kouřil, J., Drozd, B., Prokešová, M., Stejskal, V., 2012. Intenzivní chov keříčkovce jihoafrického – sumečka afrického (*Clarias gariepinus*). Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 138, 60 s.

3 Materiál a metodika

V rámci projektu bylo realizováno celoroční sledování (celkem třech produkčních cyklů) produkce pilotního modulu kontejnerové farmy. V každém turnusu bylo zkrmováno jiné krmivo určené pro keříčkovce červenolemého. Jmenovitě to byly produkty firem Aller Aqua (Aller Bona Float 3 mm, Aller Bona Float 4,5 mm, Aller Bona Float 6 mm) a Skretting (Skretting 1.0 Mp Presta, Skretting ME-2 Meerval TOP, Skretting ME-3 Meerval TOP, Skretting ME-4.5 Meerval 44-14).

Během experimentálních odchovů byly sledovány růstové (hmotnost těla, celková délka těla, specifická rychlost růstu, přírůstek biomasy) a produkční (konverze krmiva, retence proteinu, spotřeba krmiva) ukazatele a somatické indexy (gonadosomatický, hepatosomatický, splenosomatický, viscerosomatický a periviscerální index). Byla realizována analýza fyzikálně-chemických parametrů odchovné vody a vypouštěné vody. Systém pro vzdálené řízení farmy byl zprovozněn a otestován a naměřená data (včetně denních fluktuací a závislostí na použitém krmivu) byla shrnuta do technické zprávy. Během jednotlivých odchovů byla hodnocena také spotřeba energie, přítokové vody a produkce prací (znečištěné) vody. Na závěr každého turnusu (při dosažení tržní velikosti ryb) došlo k vyhodnocení kvality finálního produktu včetně výtěžnosti masa, textury, chemického složení a profilu mastných kyselin.

Tento projekt testoval přínosy technologie chovu keříčkovce červenolemého v modulární kontejnerové farmě. Pozitivní, popř. negativní efekty ověřované technologie pro rozvoj a zefektivnění akvakultury v ČR byly sumarizovány a data poskytnuta pro další potenciální realizace. Hlavními činnostmi byly:

- Pravidelná kontrola zdravotního stavu ryb
- Vzdálená kontrola a monitoring fyzikálně-chemických parametrů v systému (teplota, pH, koncentrace kyslíku, obsah amoniakálního, dusitanového a dusičnanového dusíku ve vodě)
- Kontrola a dohled nad technologickými procesy (funkce mechanické filtrace, četnost pracích cyklů, aktivita biofiltru, dávkování pufru, úprava pH)
- Evidence a hodnocení produkčních ukazatelů chovu (nárůst biomasy, průměrná hmotnost ryb, hmotností heterogenity, konverze živin, odhad mortality)
- Pořízení, zaškolení a kalibrace přístrojů pro monitoring kvality vody
- Pravidelná kontrola funkčních prvků systému
- Vzdálená kontrola procesů na farmě pomocí mobilní aplikace
- Průběžná editace, zpracování a vyhodnocování získaných dat
- Sumarizace výsledků, vyhodnocení a kompletní statistická analýza získaných dat, zpracování a interpretace dosažených výsledků

3.1 Technologie kontejnerové farmy, příprava odchovných RAS systémů a ryb pro tři experimentální odchovy

Systém je nový z pohledu originální konstrukce a uspořádání farmy v tepelně izolovaném námořním kontejneru, vybaveném systémem pro monitoring energetických a technologických vstupů a výstupů s možností vzdáleného monitoringu a kontroly. Jako

inovativní lze považovat vlastní koncepci farmy, která je pojatá jako flexibilní modulární systém (popis technologie včetně nákresů kontejneru 1 a 2 – viz níže).

Pro účely experimentu byly vyčleněny dva RAS systémy každý zvlášť umístěný v upraveném repasovaném námořním mrazírenském kontejneru 40 stop High Cube s instalovanou technologií recirkulačního systému pro intenzivní chov ryb. Kontejner označovaný K1 je universální odchovný kontejner, který je v experimentu použitý pro odchov starší věkové kategorie od cca 250 g/kus do konečného odlovu. Kontejner K2 je určený pro odchov násady do velikosti cca 250 g/kus.

3.1.1. Technické řešení odchovného systému v kontejneru K2

Účelem kontejneru K2 je odchovat násadové ryby velikosti 5–15 g do velikosti cca 250 g/kus. Cílem navrženého a testovaného chovného systému je udržet kvalitu chovné vody, a tím životního prostředí ryb, v požadované kvalitě s přihlédnutím k postupnému zvyšování nároků na odbourávání škodlivin způsobené nárůstem biomasy ryb a stupňujícími se nároky na krmné dávky. Chovný cyklus v tomto systému končí kolem 60tého dne odchovu (při nasazení ryb 5–15 g). Během chovného cyklu se zvyšuje aplikované krmení podle vypočtené denní krmné dávky s přihlédnutím k chemickým vlastnostem chovné vody a apetitu ryb.

Popis systému v kontejneru K2

Kontejner K2 je upravený repasovaný námořní mrazírenský kontejner 40 stop High Cube. Nespornou výhodou instalace recirkulačního systému pro chov ryb do mrazírenského kontejneru jsou jeho izolační vlastnosti, které minimalizují vliv vnějšího prostředí na vnitřní prostředí kontejneru. Především jde o zajištění stability vnitřní teploty, minimalizaci zanesení škodlivin či patogenů biologického původu.

Stavební úpravy kontejneru K2

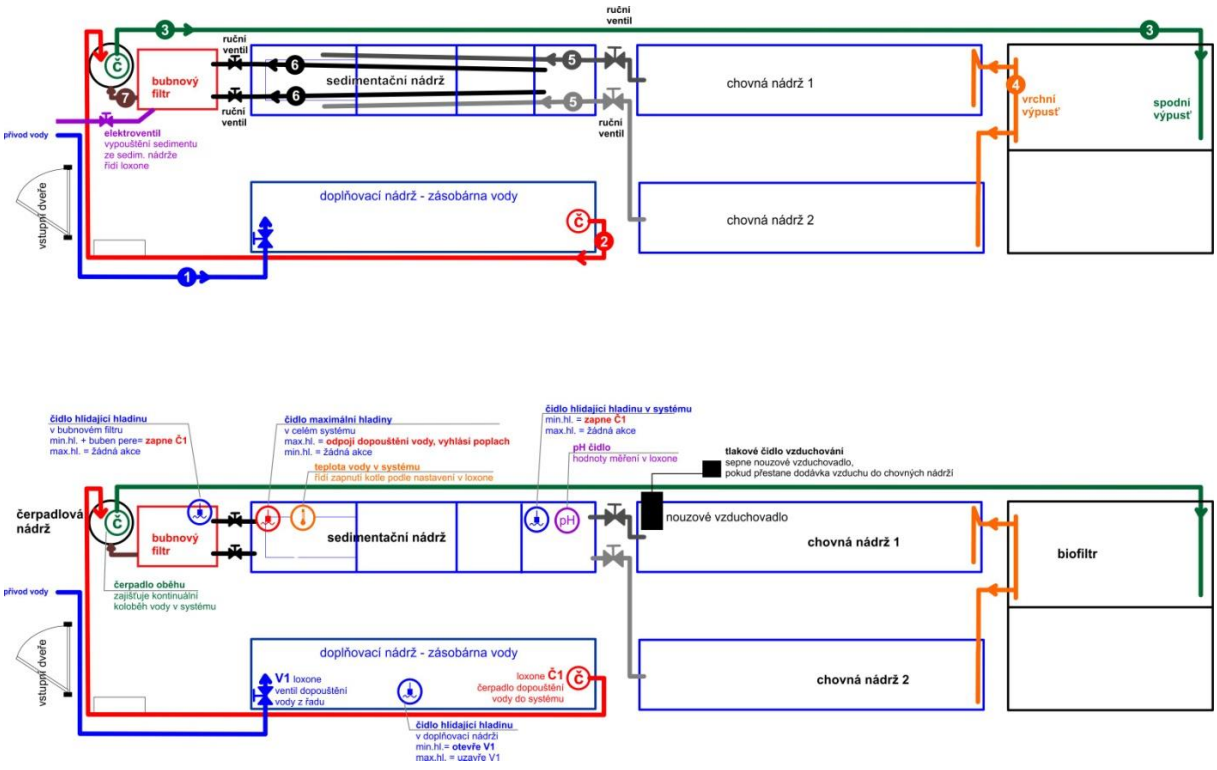
Kontejner je usazen na závrtné ocelové patky, které jsou v nivelaci. Pro rozložení hmotnosti kontejneru jsou patky spojené ocelovým U profilem. Z kontejneru je odstraněna čelní klimatizační jednotka a namísto této jednotky je instalovaná stěna z 10 mm silného PUR panelu. V této PUR stěně jsou instalovány vstupní dveře a dále je na vnější stěně zavěšená zastřešená konstrukce s vodotěsným elektrickým rozvaděčem. Nad rozvaděčem se nachází uzavřený prostor pro umístění vzduchovacích kompresorů.

Vytápění vnitřních prostor kontejneru K2

Do existujících odvodňovacích žlábků kontejneru je umístěná soustava trubek pex-al-pex pro vodní výhřev prostoru kontejneru. Pochozí podlaha je tvořená loženými hliníkovými plechy. V místech pohybu obsluhy je použitý hliníkový plech s reliéfními bezpečnostními slzičkovými výstupky. V prostorech umístění technologie je použit hladký plech. Topná soustava je zapojená na elektrokotel výkonu 7,5 kW vybaveným cirkulačním čerpadlem, tlakovou nádobou a bezpečnostními prvky hlídajícími činnost topné soustavy.

Recirkulační systém kontejneru K2

Kontejner K2 (Obr. 1) je vybaven dvěma odchovnými nádržemi a systémem čištění chovné vody od mechanických nečistot (zbytky nezkrmeného krmiva a rybí exkrementy). Dále biologickým filtrem zajišťujícím odbourání škodlivých ve vodě rozpuštěných látek (amoniaku a dusitanů), systémem přečerpávání vody a přívodu tlakového vzduchu pro provzdušnění biologického filtru a chovných nádrží. Při zadní stěně kontejneru je umístěna dvojitá nádrž biologického filtru s využitelným objemem 2,86 m^3 v každé komoře. Pro RAS systém je použitá jedna komora, tedy 2,86 m^3, která je naplněná RK bioelementy o specifické ploše 750 m^2/m^3 pro kolonizaci bakteriemi. Vlevo od biologického filtru se nachází dvě odchovné nádrže, každá o objemu 1 m^3, mezi nimiž je obslužný prostor (ulička). Sedimentační nádrž o objemu 1 m^3 umístěná vlevo nahoře slouží k usazování hrubých nečistot. Na sedimentační nádrž navazuje bubnový filtr AEM Easy Drum (AEM-Products, Holandsko) s průtočnou kapacitou 35 m^3/hod a sítem 60 µm, který odstraňuje jemné mechanické nečistoty. Na bubnový filtr navazuje čerpadlová nádrž o objemu 80 l, ve které je umístěno oběhové čerpadlo s regulovatelným průtokem do 9000 l/hodinu. Komplet uzavírá doplňovací nádrž umístěná v levém dolním rohu, která slouží k předehřevu vody potřebné pro kontinuální doplňování systému vodou.



Obr. 1. Půdorys řešení kontejneru K2 s vymezením hlavních technologických prvků (nahoře) a procesních prvků (dole).

Vstupy a výstupy z/do kontejneru K2

Kontejner je na straně vstupních dveří vybaven rozebíratelnou přípojkou ¾ palců tlakové vody z řádu, případně jiného tlakového zdroje vody. Hlavní rozvaděč umístěný na vnější straně kontejneru na stěně vedle vstupních dveří je připojen přes mobilní přípojku

k síťovému napájení 3 × 230 V, 25 A. Výstupem z kontejneru je trubkový vývod 50 mm k odvádění znečištěné vody z objektu kontejneru do lokální kanalizační přípojky.

Popis chovného systému

Přívod čerstvé vody a hospodaření s vodou

Voda potřebná k chovu je řešená dodávkou pitné tlakové vody z řádu. Voda je přes elektricky řízený ventil dopouštěná do doplňovací nádrže o objemu 1 m^3. Hladinu v této nádrži hlídá plovákové čidlo, které podává informace o výši hladiny řídicímu systému kontejneru, jenž řídí elektrický ventil. Hladina se tímto udržuje v přednastavené výšce. Při spuštění bubnového filtru, který je jediným spotřebičem vody (na ostřik bubnu), doplňovací čerpadlo dodá do čerpadlové nádrže přednastavené množství vody. Zároveň systém hlídá hladinu přes plovákové čidlo umístěné přímo v chovné nádrži a pokrývá spotřebu vody mírně nad míru pracího cyklu bubnového filtru.

Vzduchovací okruhy

Na vnější stěně kontejneru je umístěna dvojice vzduchovacích kompresorů o výkonu 200 l/min. První okruh vzduchování přisává venkovní vzduch přes mikroporézní membránu do spodní části biologického filtru. Dochází tak k okysličování biomédií v biologickém filtru a zároveň dochází k promíchávání biomédií stoupajícími bublinkami vzduchu. Tento proces zároveň zajišťuje samočištění médií od nadbytečné bakteriální biomasy. Druhý okruh dodává vzduch do mikroporézních membrán v chovných nádržích. Každá nádrž po jedné membráně. Opět dochází k prokysličování chovné vody a zároveň k cirkulaci vodní masy v chovné nádrži, což napomáhá k sedimentaci mechanických usazenin na dně odvodu znečištěné vody z chovné nádrže. Jelikož dochází k čerpání tlakového vzduchu do uzavřené místnosti, vzniká v kontejneru mírný přetlak, který je odpouštěn přes uzavíratelnou přepážku mimo vnitřek kontejneru. Třetím okruhem je nouzové vzduchování nezávislé na vnějším zdroji energie. Pokud dojde k přerušení dodávky vzduchu, ať z příčiny přerušení dodávky elektrické energie, nebo mechanické poruše na hlavním vzduchovacím okruhu, tlakové čidlo při absenci tlakového vzduchu v chovných nádržích přepne na nouzové vzduchování. Automaticky se zprovozní vzduchový kompresor napájený přes akumulátory. Akumulátory jsou neustále připravené v pohotovosti, jelikož v době nečinnosti jsou elektronicky dobíjené na provozní napětí.

Recirkulační okruh

Recirkulační čerpadlo umístěné v čerpadlové nádrži nasává mechanicky přečištěnou vodu přes soustavu trubek do zadní části biologického filtru. V biologickém filtru dochází díky bakteriím kolonizujícím bioelementy k chemickému vyčištění cirkulační vody. Tato voda je dále přepadem přiváděna do chovných nádrží. V chovných nádržích dochází k cirkulaci vody vzduchováním. Zároveň přitékající voda na vstupní straně nádrže zvyšuje hladinu v nádrži, která tak na odvrácené straně nádrže odchází přepadem dále do sedimentační nádrže. V sedimentační nádrži se usazují hrubé nečistoty u dna a horní nátoky posouvají čistší vodu do první komory bubnového filtru. Systém přes elektricky ovládaný ventil, v určený okamžik, odpustí část sedimentu do odpadní trubky, čímž je zajištěné odkalení této nádrže.

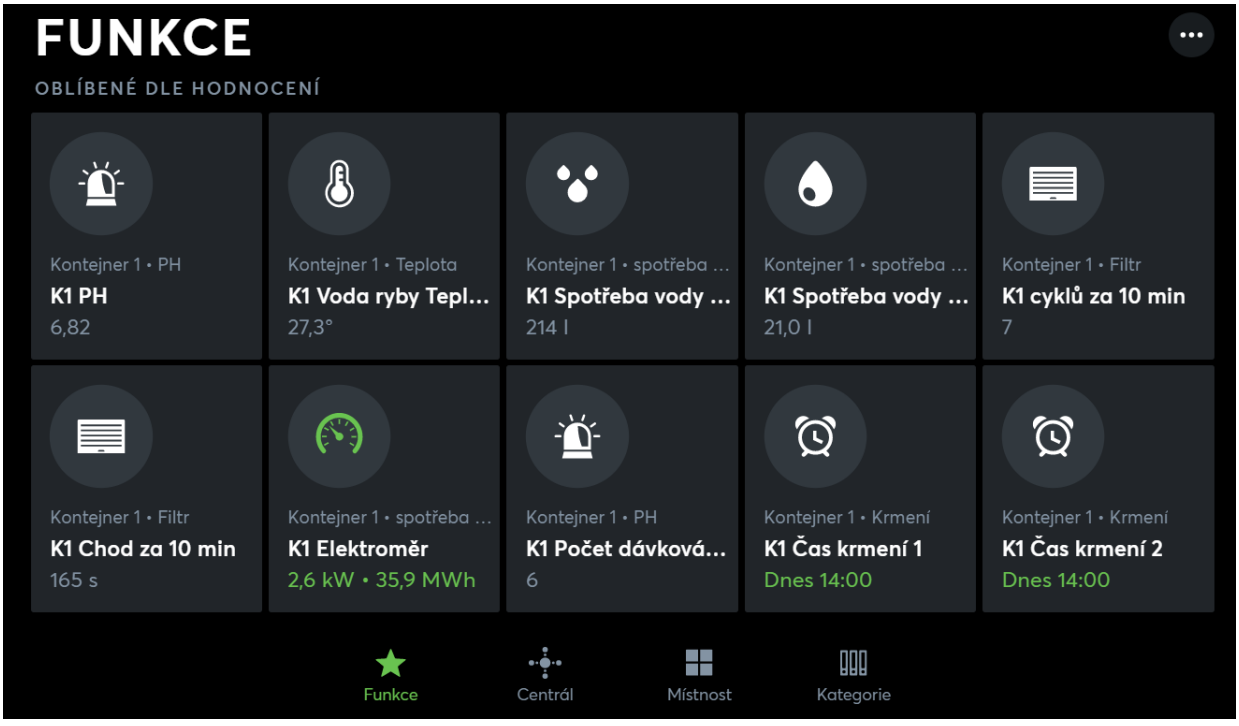
V bubnovém filtru se voda zbaví jemných mechanických nečistot oplachem rotujícího bubnu s mikrosítem 60 µm. Mechanicky přečištěná voda pokračuje do čerpadlové komory, odkud je opět čerpána do biologického filtru, a tím se okruh uzavře.

Krmení

Krmení je realizováno dvojicí elektrických vibračních krmítek, na každou nádrž jedno. Krmítka jsou řízena systémem a v přednastavenou dobu je předem určené množství granulovaného krmiva postupně vsypáno do prostoru chovné nádrže. Obsluha každý den mezi 8–12tou hodinou vždy doplní krmivo do požadované denní krmné dávky.

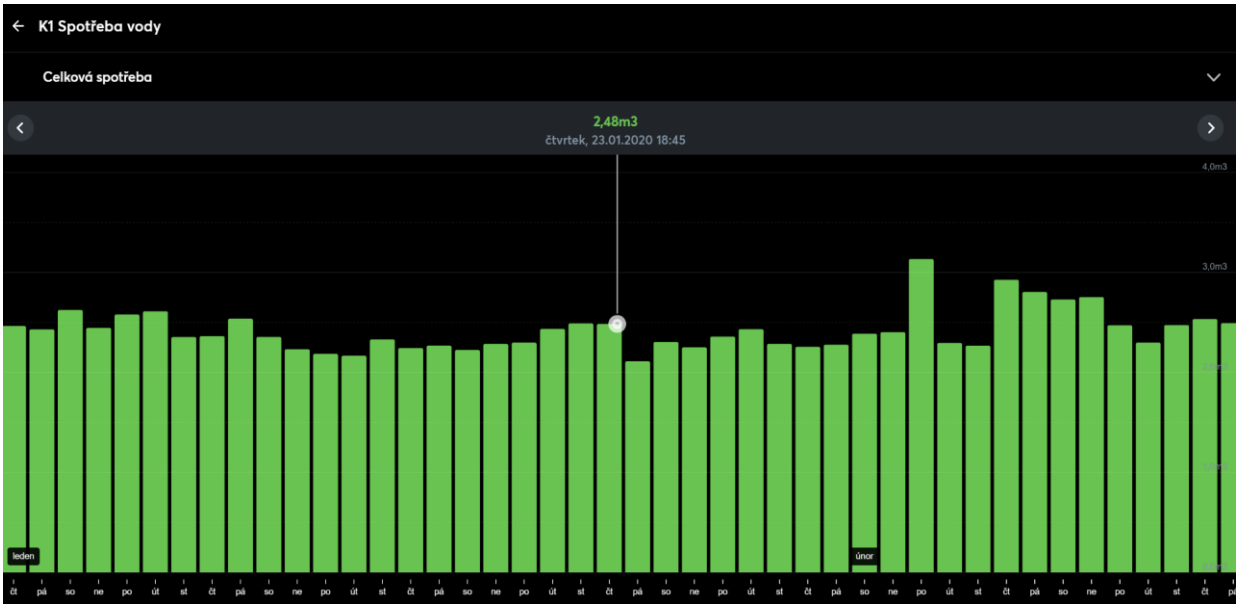
Řízení systému a kontrola kvality vody

Řídicí systém typu PLC (programovatelný řídící automat) shromažďuje kontinuálně informace o teplotě chovné vody, informace o vodních hladinách v systému, hodnoty pH vody a pohyb osob v zařízení (Obr. 2). Tyto hodnoty ukládá pro pozdější statistiky. PLC dále přímo řídí přepouštění vody, vytápění, odpouštění sedimentovaného kalu a spouštění krmítek pro krmnou dávku. Kromě automatizace procesů je hlavním účelem PLC poskytování kontinuálních dat o provozuschopnosti systému, online sledování měřených veličin kvality vody a vyhlášení varování při poruše, nebo zhoršení některého z parametrů vody.

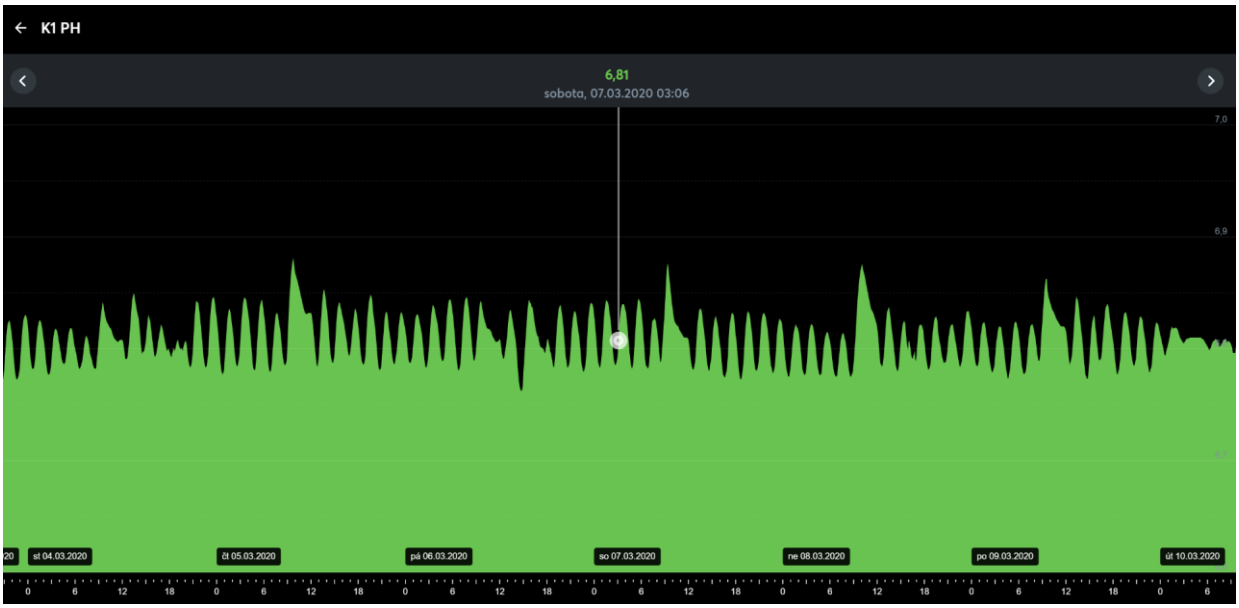


Obr. 2. Obrázek rozhraní aplikace řídícího systému.

Provozně důležité informace jsou kontinuálně ukládané a obsluha může kdykoli vyvolat historii těchto dat zaznamenanou ve spojnicových, případně sloupcových grafech (Obr. 3 a 4). Tyto údaje pomáhají k predikci reakce systému na budoucí události a zároveň poskytují neocenitelný nástroj pro minimalizaci provozních problémů.



Obr. 3. Grafický výstup mobilní aplikace pro měření spotřeby vody na farmě.



Obr. 4. Grafický výstup mobilní aplikace pro kontinuální měření pH v systému.

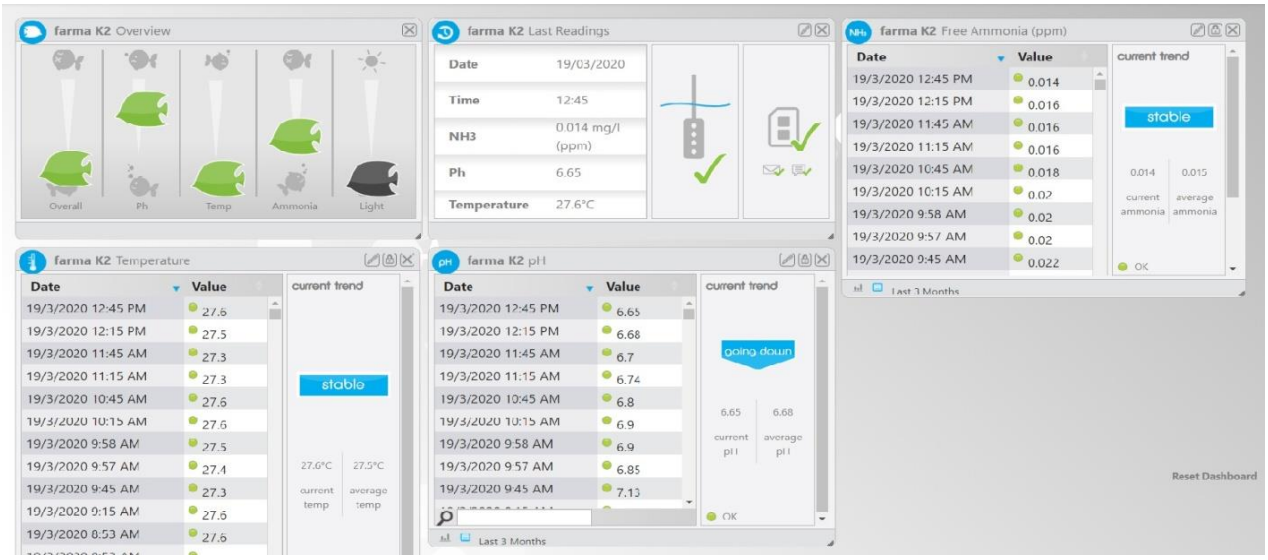
Řídicí systém je napojený přes kabelovou přípojku a modem do internetové sítě zajišťující nepřetržité sledování online. Přístup k webovému rozhraní řídicího systému je ošetřen firewall bránou modemu, přesměrováním portů a dále omezením přístupu k datům pomocí uživatelských hesel.

Řešení přístupu do systému

Přístup do řídicího systému je pro obsluhu realizovaný přes webové rozhraní v internetovém prohlížeči, nebo za použití mobilní aplikace v chytrých telefonech. Administrátorský přístup je možný pouze přes specializovanou aplikaci za použití přístupových kódů. Obsluha zajišťující doplnění krmení, ruční měření parametrů vody a běžné údržbové práce v chovném kontejneru, má omezená práva pro vstup do webového rozhraní PLC a může sledovat online provozní parametry, odečítat naměřené hodnoty a zároveň je příjemcem varování systému. Obsluha nemá přístup k ovládacím prvkům systému. Servisní obsluha má silnější oprávnění. Může měnit některé parametry systému, a to především krmné dávky, kalibraci měřících čidel, rozsahově omezené nastavení teploty a počty cyklů, časové nastavení reakcí systému na události. Administrátor má oprávnění upravovat souvztažnosti mezi jednotlivými komponenty systému a zasahovat do nastavení reakcí na události.

Nezávislé sledování parametrů vody pomocí systému Seneye pond

Doplňkovým zařízením je komerční monitorovací systém Seneye pond. Slouží ke sledování základních parametrů chovné vody (pH, teploty a NH_3) a je nezávislé na řídicím systému RAS. Zařízení obsahuje sondu napojenou na mini-server. Mini-server komunikuje přes internetové rozhraní s cloudovým úložištěm výrobce zařízení a kontinuálně zasílá na cloud naměřené údaje. Obsluha farmy přistupuje pod přihlašovacími údaji do grafického prostředí aplikace, kde získává doplňující informace (Obr. 5).



Obr. 5. Grafický výstup mobilní aplikace Seneye pro kontinuální měření pH, volného amoniaku a teploty vody v systému.

3.1.2. Technické řešení odchovného systému v kontejneru K1 – pro tržní chov do cílové hmotnosti ryb

Účelem kontejneru K1 je odchovat ryby od hmotnosti cca 250 g/kus do cílové hmotnosti pro výlov a zpracování. Cílem chovného systému je udržet kvalitu chovné vody, a tím životního prostředí ryb, v požadované kvalitě s přihlédnutím k postupnému zvyšování nároků na odbourávání metabolitů způsobené nárůstem biomasy ryb a stupňujícími se nároky na krmné dávky. Během chovného cyklu se zvyšuje aplikované krmení podle vypočtené denní krmné dávky s přihlédnutím k chemickým vlastnostem chovné vody a apetitu ryb.

Popis systému

Kontejner K1 (Obr. 6) je upravený repasovaný námořní mrazírenský kontejner 40 stop High Cube. Nespornou výhodou instalace recirkulačního systému pro chov ryb do mrazírenského kontejneru jsou jeho izolační vlastnosti, které minimalizují vliv vnějšího prostředí na vnitřní prostředí kontejneru. Především jde o zajištění stability vnitřní teploty, minimalizaci zanesení škodlivin biologického původu a eliminaci vlivu dravců na počty ryb.

Stavební úpravy kontejneru

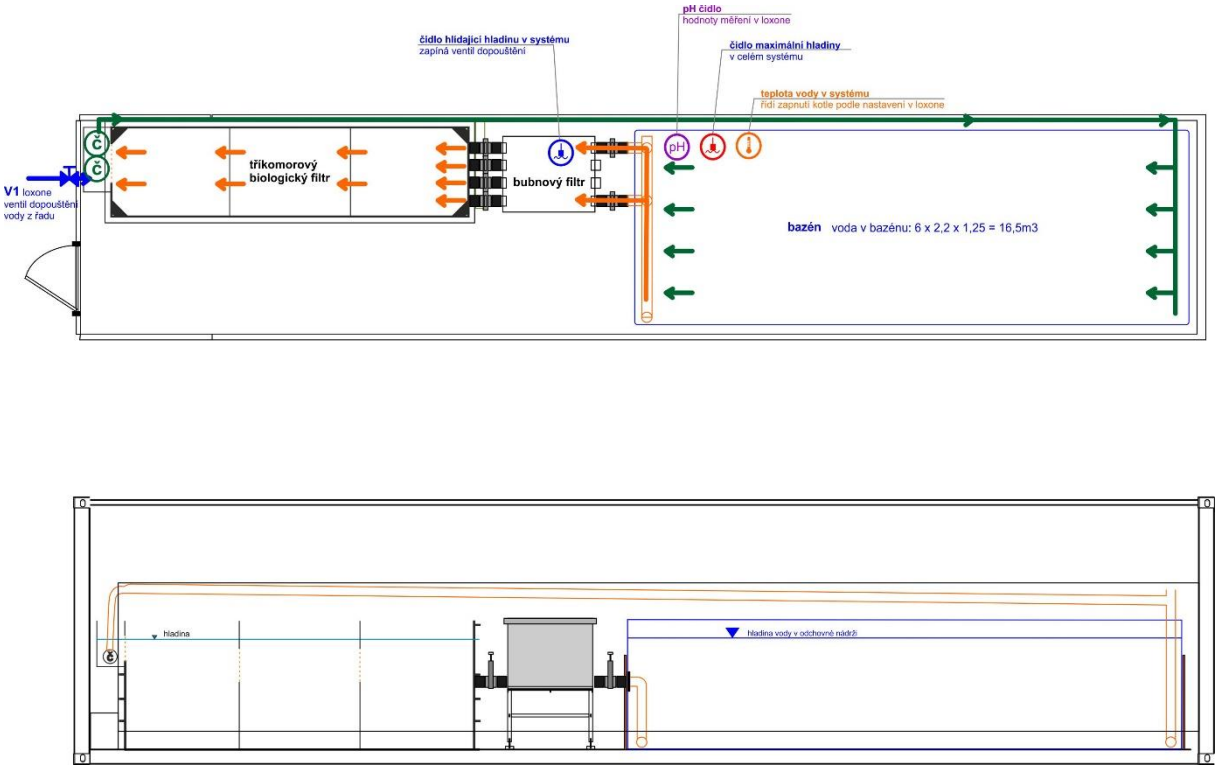
Kontejner je usazen na závrtné ocelové patky, které jsou v nivelaci. Pro rozložení hmotnosti kontejneru jsou patky spojené ocelovým U-profilem. Z kontejneru je odstraněna čelní klimatizační jednotka a namísto této jednotky je instalovaná stěna z 10 mm silného PUR panelu. V této PUR stěně jsou instalovány vstupní dveře a dále je na vnější stěně zavěšená zastřešená konstrukce s vodotěsným elektrickým rozvaděčem. Nad rozvaděčem se nachází uzavřený prostor pro umístění vzduchovacích kompresorů.

Vytápění vnitřních prostor kontejneru

Do existujících odvodňovacích žlábků kontejneru je umístěná soustava trubek pex-al-pex pro vodní výhřev prostoru kontejneru. Pochozí podlaha je tvořená loženými hliníkovými plechy. V místech pohybu obsluhy je použitý hliníkový plech s reliéfními bezpečnostními slzičkovými výstupky. V prostorech umístění technologie je použit hladký plech. Topná soustava je zapojená na elektrokotel výkonu 7,5 kW vybaveným cirkulačním čerpadlem, tlakovou nádobou a bezpečnostními prvky hlídajícími činnost topné soustavy.

Recirkulační systému kontejneru

Kontejner je vybaven odchovnou nádrží o rozměru 6 × 2,2 × 1,4 m s hladinou 1,2 m výšky. Materiálem pro nádrž je plastelová gumotextilie na vlastní samonosné konstrukci. Čištění odchovné vody od mechanických nečistot je realizované dimenzovaným bubnovým filtrem FIltreco drum filter 55 (Filtreco, Holandsko). Na bubnový filtr navazuje tříkomorový biologický filtr osazený RK biolementy o ploše 750 m^2/m^3 zajišťující odbourání škodlivých, ve vodě rozpuštěných, látek. Systém přečerpávání vody se stará o cirkulaci vody v uzavřeném systému a přívod tlakového vzduchu provzdušňuje a dává do pohybu biologický filtr a masu vody v chovné nádrži.



Obr. 6. Půdorys řešení kontejneru K1 s vymezením hlavních technologických prvků (nahoře) a procesních prvků (dole).

Vnější vstupy a výstupy do kontejneru

Kontejner je na straně vstupních dveří vybaven rozebíratelnou přípojkou tlakové vody z řadu, případně jiného tlakového zdroje vody. Hlavní elektrický rozvaděč umístěný na vnější straně kontejneru na stěně vedle vstupních dveří je připojen přes pohyblivou přípojku k síťovému napájení 3 × 230 V, 25 A. Výstupem z kontejneru je trubkový vývod k odvádění technologické vody z objektu kontejneru.

Přívod čerstvé vody a hospodaření s vodou

Voda potřebná k chovu je řešená dodávkou pitné tlakové vody z řádu. Voda je přes elektricky řízený ventil dopouštěná do čerpadlové nádržky. Hladinu v této nádrži hlídá plovákové čidlo, které podává informace řídicímu systému kontejneru. Hladina se tímto udržuje v přednastavené výšce. Při spuštění bubnového filtru, který je jediným spotřebičem vody (na ostřik plochy bubnu), elektricky řízený ventil dodá do čerpadlové nádržky přednastavené množství vody. Množství dotočené vody je vždy větší, než je reálné množství odpuštěné oplachové vody. Logika systému hlídá výšku hladiny v chovné nádrži a zároveň z informací z vodního průtokoměru vyhodnocuje, zda je nutné pokaždé dopustit vodu při oplachu. Pokud je vody dostatek, nedopouští se do dalšího vyhodnocení výšky hladiny.

Vzduchovací okruhy

Na venkovní stěně kontejneru je umístěna trojice vzduchovacích kompresorů o výkonu 200 l/min. První okruh vzduchování přivádí venkovní vzduch přes mikroporézní membránu do spodní části všech tří komor biologického filtru. Dochází tak k okysličování biomédií v biologickém filtru a zároveň dochází k cirkulačnímu promíchávání biomédií stoupajícími bublinkami vzduchu. Druhý okruh dodává vzduch přes mikroporézní membrány do chovné nádrže. Dochází k prokysličování chovné vody a zároveň k cirkulaci vodní masy v chovné nádrži, což napomáhá k sedimentaci mechanických usazenin na dně u odvodu znečištěné vody z chovné nádrže. Třetí okruh dodává tlakový vzduch do spodní části všech tří částí biofiltru přímo pod výtoky z jednotlivých komor biofiltru. To napomáhá k okysličení bioelemetrů a bakterií na nich žijících a zároveň zabraňuje usazování bioelementů na odtocích jednotlivých komor. Zabraňuje se tak zneprůchodnění odtokových prostor komor biofiltru. Zbylý tlakový vzduch je dále odbočkou veden na dno chovné nádrže. Je tak zajištěno okysličování dvěma zdroji vzduchu, což minimalizuje riziko přerušení dodávky vzduchu při výpadku jednoho z okruhů vzduchování. Jelikož dochází k čerpání tlakového vzduchu do uzavřené místnosti, vzniká v kontejneru mírný přetlak, který je odpouštěn přes uzavíratelnou přepážku mimo vnitřek kontejneru. Třetím okruhem je nouzové vzduchování nezávislé na vnějším zdroji energie. Pokud dojde k přerušení dodávky vzduchu, ať z příčiny přerušení dodávky elektrické energie, nebo mechanické poruše na hlavním vzduchovacím okruhu, tlakové čidlo při absenci tlakového vzduchu v chovné nádrži přepne na nouzové vzduchování. Automaticky se zprovozní vzduchový kompresor napájený přes akumulátory 12 V. Akumulátory jsou neustále připravené v pohotovosti, jelikož v době nečinnosti jsou elektronicky dobíjené na provozní napětí.

Cirkulační okruh

Dvojice cirkulačních čerpadel umístěná v čerpadlové části biologického filtru nasává vodu a přes potrubí vede do zadní části chovné nádrže, kde je redistribuovaná po celé šíři nádrže. V chovné nádrži dochází k cirkulaci vody vzduchovací membránou umístěnou u dna nádrže přímo nad potrubím odvodu vody z nádrže. Přitékající voda zvyšuje hladinu v nádrži a vyšší hladina nutí vodu přelévat se do bubnového filtru o průtoku 55 m^3/hod a sítem 70 µm. V bubnovém filtru dochází k mechanickému očistění chovné vody od zbytků krmiva a exkrementů, které oplachem bubnového filtru putují potrubím mimo vnitřní prostory kontejneru. Voda zbavená většiny mechanických nečistot putuje do tříkomorového biologického filtru o objemu 3,8 m^3. Biofiltr je vybavený dvěma okruhy vzduchování. Každá komora je tak zásobena ze dvou zdrojů tlakovým vzduchem. Mikroporézní membrány umístěné na dně okysličují bioelementy a zároveň cirkulují s bioelementy v každé z komor. Na konci biologického filtru je nádržka s dvěma cirkulačními čerpadly, okruh je tak uzavřen.

Krmení

Krmení je realizováno dvojicí elektrických vibračních krmítek. Krmítka jsou řízena systémem a v přednastavenou dobu je předem určené množství granulovaného krmiva postupně aplikováno do prostoru chovné nádrže. Obsluha každý den mezi 8–12tou hodinou vždy doplní krmivo do požadované denní krmné dávky.

Řízení systému a kontrola kvality vody

Řídicí systém typu PLC (programovatelný řídící automat) shromažďuje kontinuálně informace o teplotě chovné vody, informace o vodních hladinách v systému, hodnoty pH vody a pohyb osob v zařízení. Tyto hodnoty ukládá pro pozdější statistiky. PLC dále přímo řídí přepouštění vody, vytápění, odpouštění sedimentovaného kalu a spouštění krmítek pro krmnou dávku. Kromě automatizace procesů je hlavním účelem PLC poskytování kontinuálních dat o provozuschopnosti systému, online sledování měřených veličin kvality vody, ale především vyhlášení varování při poruše nebo zhoršení některého z parametrů vody. Řídící systém je napojený přes kabelovou přípojku a modem do internetové sítě zajišťující nepřetržité sledování online. Vstup do webového rozhraní řídícího systému je ošetřen firewall bránou modemu, přesměrováním portů a dále omezením přístupu k datům pomocí uživatelských hesel. Přístup do řídícího systému je pro obsluhu realizovaný přes webové rozhraní v internetovém prohlížeči, nebo za použití mobilní aplikace v chytrých telefonech. Administrátorský přístup je možný pouze přes specializovanou aplikaci za použití přístupových kódů. Obsluha zajišťující doplnění krmení, ruční měření parametrů vody a běžné údržbové práce v chovném kontejneru má omezená práva pro vstup do webového rozhraní PLC a může sledovat online provozní parametry, odečítat naměřené hodnoty a zároveň je příjemcem varování systému. Obsluha nemá přístup k ovládacím prvkům systému. Servisní obsluha má silnější oprávnění. Může měnit některé parametry systému, a to především krmné dávky, kalibraci měřících čidel, rozsahově omezené nastavení teploty a počty cyklů, časové nastavení reakcí systému na události. Administrátor má oprávnění upravovat souvztažnosti mezi jednotlivými komponenty systému a zasahovat do nastavení reakcí na události.

Nezávislé sledování parametrů vody systému Seneye pond

Doplňkovým zařízením je komerční monitorovací systém Seneye pond. Slouží ke sledování základních parametrů chovné vody (pH, teploty a NH_3) a je nezávislé na řídicím systému RAS. Zařízení obsahuje sondu napojenou na mini-server. Mini-server komunikuje přes internetové rozhraní s cloudovým úložištěm výrobce zařízení a kontinuálně zasílá na cloud naměřené údaje. Obsluha farmy přistupuje pod přihlašovacími údaji do grafického prostředí aplikace, kde získává doplňující informace.

3.1.3. Příprava odchovných RAS systémů

Po ukončení předchozího chovného turnusu je vypuštěná chovná nádrž a vybavení recirkulačního systému mechanicky očištěné. Zkontrolují se a případně opraví mechanické závady. Následně je na veškeré povrchy aplikován dezinfekční roztok Persteril 5 (4% acidum peracetikum) po dobu 2–3 hodin. Následuje opětovný oplach tlakovou pitnou vodou. Po dvoudenní přestávce je systém napuštěn vodou a rozeběhne se cirkulace systému. Teplota je nastavená na provozní teplotu 27 °C, přičemž při zahřátí vody v systému nad 20 °C se poprvé aplikuje do prostoru biologické filtrace chlorid amonný (salmiak) v koncentraci 3 g/1 m^3/den sloužící jako zdroj energie pro nitrifikační bakterie. Denně je měřena teplota vody, pH a NH_4^+ a obsah rozpuštěného kyslíku, přičemž denní dávka salmiaku se upravuje tak, aby koncentrace NH_4^+ byla v rozmezí 3–5 mg/l. Po 21 dnech je systém připravený k nasazení ryb.

3.1.4. Příprava experimentálních ryb

Násada ryb pro experiment pocházela z certifikované chovné farmy Fleuren & Nooijen (Holandsko). Po dovozu ryb na produkční farmu byly ryby ponechány v přepravních nádobách a postupně aklimatizovány na teplotu chovné vody. Chovný systém byl průběžně kontrolován na pH a teplotu. Následovalo vypuštění ryb do chovných nádrží. Po 12ti hodinách se ryby již dostatečně přizpůsobily novému prostředí a obsluha ručně aplikuje první dávku krmiva, přičemž sleduje reakci ryb na krmení. Ruční aplikace krmiva byla několikrát denně zopakovaná až do dosažení tabulkové denní krmné dávky. Obsluha krmení aplikuje do prostoru nádrže, kde bude do budoucna probíhat krmení automatem. Ryby si tak utvoří návyk na vyhledávání potravy v tomto konkrétním prostoru. Jelikož je sumeček africký přizpůsobivý, nebyl zaznamenán žádný problém s přijímáním granulovaného krmiva. Další den se poprvé aplikuje krmení z automatického krmítka a sleduje se reakce ryb.

3.2 Průběh vlastního experimentu

První fáze odchovu byla provedena vždy v chovném kontejneru K2. Po cca 60ti dnech odchovu byly ryby přesunuty do chovného kontejneru K1, kde byly ponechány do konce produkce. Záznamy o kvalitě prostředí byly vedeny na denní bázi a průběžně byl na základě zjištěných měření kalibrován automatický systém. Především šlo o kalibraci pH sondy systému, teplotní sondy, úpravu chodu bubnového filtru, množství dávkování uhličitanu sodného za účelem udržení pH ve stabilních hodnotách. Dále byla upravována rychlost cirkulačních čerpadel a nastavení automatických krmítek granulovaného krmiva.

Denní režim na farmě

Pro oba typy kontejneru K1 a K2 jsou uplatněny stejné provozní režimy. Rozdíl je pouze v odlišném přístupu k péči o technologická zařízení.

- Mezi 8:00 a 12:00 je zastaveno automatické krmení, a obsluze tak vzniká časové okno pro veškeré nutné úkony.
- Prvním ranním úkonem obsluhy je změření vlastností prostředí (vody), a to teploty, pH, vodivosti a obsahu kyslíku pomocí multimetru Hach HQ40d se sondami PHC101 pro měření pH a teploty, CDC401 pro měření vodivosti a LDO101 pro měření rozpuštěného kyslíku ve vodě.
- Každé pondělí, středu a pátek je provedená analýza chemických vlastností vody na fotometru Hanna HI83303 s reagenciemi na HN_4^+ medium range, HN_4^+ high range, NO_2^- high range a NO_3^-. Podle naměřených údajů se stanovuje množství krmiva, které bude aplikováno v rozmezí mezi 12:00 až 8:00 následujícího dne, a to vždy v každou sudou hodinu. Probíhá tak celkem 11 krmení automatem. Pokud jsou měřením zjištěny vyšší hodnoty, jsou měření prováděna i mimo tři vyjmenované dny dle uvážení obsluhy.
- Každý den obsluha provádí čištění systému, které pro kontejner K2 spočívá v odpuštění sedimentu ze sedimentační nádrže, průplachu bubnového filtru tlakovou vodou a vyčištění usazenin na stěnách chovných nádrží a biofiltru. V kontejneru K1 není sedimentační nádrž, proto tento úkon odpadá. V K1 je naopak nutné tlakovou vodou proplachovat prostupy mezi jednotlivými komorami biofiltrační nádrže.

- Denně se provádí čištění dávkovače pro aplikaci uhličitanu sodného, který automaticky dávkuje uhličitan sodný podle řídicím systémem zjištěné hodnoty pH. Každý den je doplňován uhličitan sodný do dávkovače.
- Dále se očistí a naplní krmítka granulovaným krmením velikostí granulí odpovídajícím velikosti chovných ryb, přičemž množství krmiva vychází z tabulky denních krmných dávek (doporučených výrobcem krmiva) a chemických hodnot vody.
- Veškeré úkony obsluha zapisuje do tabulky denních úkonů.
- V pokynech pro obsluhu jsou stanoveny parametry systému a popsaná reakce obsluhy na překročení těchto parametrů. Obsluha průběžně kontroluje stav zařízení a činí drobné opravy v případě zjištění závady.

3.3 Zahájení vlastního experimentu sledující efektivitu odchovu, produkci a stav odchovávaných ryb keříčkovce červenolemého v inovativní kontejnerové farmě (průběh třech experimentálních odchovů)

Během tohoto projektu byly realizovány celkem tři po sobě následující odchovy keříčkovců červenolemých testující různé typy komerčních krmiv ve farmě kontejnerového typu. Plůdek pro nasazení kontejnerové farmy byl zakoupen z Holandska.

Před nasazením ryb byly recirkulační systémy vydezinfikovány (chloramin), napuštěny čistou vodou a biologické filtry byly postupně zabíhány pomocí salmiaku (aplikací jezírkových bakterií), a to alespoň 3 týdny předem.

Z počátku všech odchovů byl přivezený plůdek nasazen vždy do jedné nádrže (objem 1 m^3) menšího recirkulačního systému (celkový objem 5 m^3) v kontejneru K2. Pro dosažení optimální hustoty obsádky byl užitný odchovný objem systému v počátcích odchovu redukován pomocí přibližovacích mříží. Po transportu ryb vždy proběhla potravní adaptace ryb (návyk na odlišnou dietu) po dobu 7–14ti dní.

Přibližně po měsíci odchovu byly ryby rozděleny dle velikosti (přes manuální třídičku) do dvou kubíkových nádrží. Po druhém měsíci odchovu byla přibližně 1/3 biomasy ryb přesunuta do plovoucí klece (objem 1 m^3) umístěné v odchovné nádrži (objem 16 m^3) většího recirkulačního systému (celkový objem 20,5 m^3) v druhém kontejneru K1. Po 14 dnech byla z malého recirkulačního systému (K2) přesunuta veškerá biomasa ryb do odchovné nádrže velkého recirkulačního systému (K1), kde odchov keříčkovce červenolemého probíhal až do dosažení tržní velikost ryb.

Během projektu bylo pravidelně realizováno biometrické sledování zástupného vzorku 100 ks ryb za použití anestézie v lázni hřebíčkového oleje (0,05 $ml.l^{-1}$) a odhad celkové biomasy ryb v nádrži. Kontrolní odlovy, biometrické měření a počítání ryb probíhaly 1× za 14 dní během prvních 2 měsíců odchovu a dále pak v přibližně 21denních intervalech do konce turnusu (dosažení tržní velikosti přibližně 700–1000 g). Při každém kontrolním odlovu bylo odebráno 10 ks ryb z každé odchovné nádrže na veterinární vyšetření. Po každém přelovení byla upravena denní krmná dávka na základě kalkulované biomasy ryb v nádrži. Monitoring základních fyzikálně-chemických parametrů vody probíhal pomocí multimetru (T, pH, O_2) a spektrofotometru (na denní bázi včetně dálkového sdílení dat). Hodnocení účinnosti biofiltru bylo realizováno v 6ti termínech pro 2 turnusy. Pro tyto účely probíhalo celodenní sledování koncentrace celkového amoniakálního dusíku na odtoku z odchovného systému a na odtoku z biofiltru.

3.4 Sledované parametry v průběhu testování efektivity odchovu, produkce a stavu odchovávaných ryb keříčkovce červenolemého v inovativní kontejnerové farmě

Hodnocení zootechnických ukazatelů

V průběhu projektu byly u obsádek hodnoceny následující zootechnické ukazatele:

- Průběh kusové hmotnosti ryb (W_t, g); vyjádření průměrné hmotnosti v jednotlivých obdobích
- Specifická rychlost růstu SGR (% den^{-1}) = $[(lnW_{konc} - lnW_{start}) \times \Delta t^{-1}] \times 100$
- Celková biomasa (B, g) ryb za jednotlivá sledované období – prosté vyjádření biomasy ryb
- Kumulativní přežití KP (%) = $((P_{nas} - P_{úhyn})/P_{nas}) \times 100$
- Krmný koeficient KK = $Skrm/(W_{konc} - W_{start})$
- Koeficient kondice K = $(100\ 000 \times W) / TL^{-3}$

Hodnocení výtěžnosti a organoleptických vlastností masa

Na závěr odchovu tržních ryb (po vylačnění trávicího traktu v délce dvou dnů) došlo k testování výtěžnosti a organoleptických vlastnosti produkovaných ryb pomocí standardních metod (senzorická analýza, textura masa, profil mastných kyselin) s využitím texturometru TA.XT Plus a plynového chromatografu Varian 3300. Vyhodnocení výtěžnosti chovaných ryb bylo realizováno u 20 ryb (10 jikernaček a 10 mlíčáků). Ryby byly usmrceny v souladu s vyhláškou MZe č. 245/1996 Sb. po předchozím zchlazení v nádrži s ledovou lázní. Všechny části těla byly zváženy na vahách s přesností 0,01 g. Byly vypočítány následující hmotnostní podíly a indexy:

- Keříčkovec kuchaný, tzn. podíl trupu po evisceraci PT_{evi} (%) = $(100*W_{evi}) / W_t$
- Podíl filet s kůží $PF_{sků}$ = $(100*W_{sků}) / W_t$)
- Podíl filet bez kůže PF_{bez} = $(100*W_{bez}) / W_t$)
- Gonadosomatický index GSI = $(100*W_{gon}) / W_t$)
- Hepatosomatický index HSI = $(100*W_{jat}) / W_t$)
- Splenosomatický index SpSI = $(100*W_{sle}) / W_t$)
- Viscerosomatický index VSI = $(100*W_{zaž}) / W_t$
- Index periviscerálního (meziorgánového) tuku PvSI = $(100 \cdot W_{tuk}) / W_t$)

Analýzy textury masa (porovnání krmiv Aller Aqua × Skretting)

Textura masa je jeden ze základních ukazatelů kvality a přijatelnosti produktu pro spotřebitele. Proto byly na konci experimentálních odchovů realizovány analýzy textury masa celkem 12ti ryb (6 jikernaček a 6 mlíčáků) z každého experimentálního odchovu. Analýzy textury masa byly realizovány instrumentálně pomocí texturometru (TA-XT Plus, Stable Micro Systems, UK). Vzorek (pravý filet) byl stlačován sondou o průměru 10 mm (typ P/10, rychlostí 5 mm/s) na 50 % původní velikosti měřeného vzorku. Každý vzorek (filet) byl měřen na třech místech – v dorsálně kraniální, mediální a kaudální části filetu. Principem měření bylo stlačování vzorku silou (pomocí sondy), která způsobila definovanou deformaci vzorku. Změřené hodnoty byly vykresleny do deformačních křivek (viz fotodokumentace v příloze)

znázorňujících stlačení vzorku při aplikovaném zatížení. Z těchto dat byly následně vypočítány průměrné hodnoty TPA parametrů (tuhost, přilnavost, odolnost, soudržnost, elasticita, žvýkavost). Jednotlivé texturní vlastnosti byly dopočítány pomocí kompatibilního softwaru TPA Macro.

Tuhost (z angl. hardness, g) je definována jako maximální síla detekovaná během prvního stlačení vzorku. Přilnavost (z angl. adhesiveness, g.sec) označuje sílu, kterou se sonda vytáhne ze vzorku při jednotlivých měřeních. Odolnost (z angl. resilience, %) značí pevnost vzorku proti rozdrcení silou. Soudržnost (z angl. cohesiveness) je poměr mezi silou první a druhé komprese, během nichž zůstává struktura vzorku neporušená. Elasticita (z angl. springiness, %) je schopnost vzorku znovunavrátit se do původního tvaru po předchozím působení deformační síly. Žvýkavost (z angl. chewiness) je energie potřebná pro žvýkání pevného jídla k dosažení stavu vhodného pro spolknutí.

Senzorické analýzy masa (porovnání krmiv Aller Aqua × Skretting)

Senzorické hodnocení bylo provedeno 10členným panelem hodnotitelů z řad zaměstnanců Fakulty rybářství a ochrany vod (celkem 3 ženy a 7 mužů), kteří byli proškoleni k senzorickým analýzám rybího masa a produktů. Věkové rozmezí účastníků senzorických analýz bylo od 31 do 45 let.

Testované filety (vždy levý filet) skladovány při -80 °C a den před hodnocením byly rozmrazeny v lednici při 4 °C. Poté byly nakrájeny na malé kostičky (2 × 2 cm). Vždy 3–4 kousky byly vloženy separátně do 0,20 l skleniček s víčkem označeným náhodným číselným kódem. Poté byly vzorky vařeny v elektrické troubě při 150 °C po dobu 15 minut. Hodnotitelé obdrželi vařené vzorky filet. Vzorky každé skupiny pak byly podávány teplé v uzavřených skleničkách panelu hodnotitelů. Hodnotitelé byli odděleni od sebe pomocí zástěn (viz fotodokumentace v příloze). Hodnotící panel posuzoval šest parametrů – vůni, barvu, konzistenci, chuť, pachuť a celkovou přijatelnost (dojem). Měřítkem hodnocení byla bodová stupnice od 1 do 5 s možností půlbodového hodnocení (např. 1,5). Za nejhorší byl považován vzorek s nejnižším počtem bodů (1), zatímco za nejlepší hodnocení nejvyšší počet bodů (5). Hodnotitelé subjektivně ohodnotili předložené vzorky na základě jejich vlastního mínění.

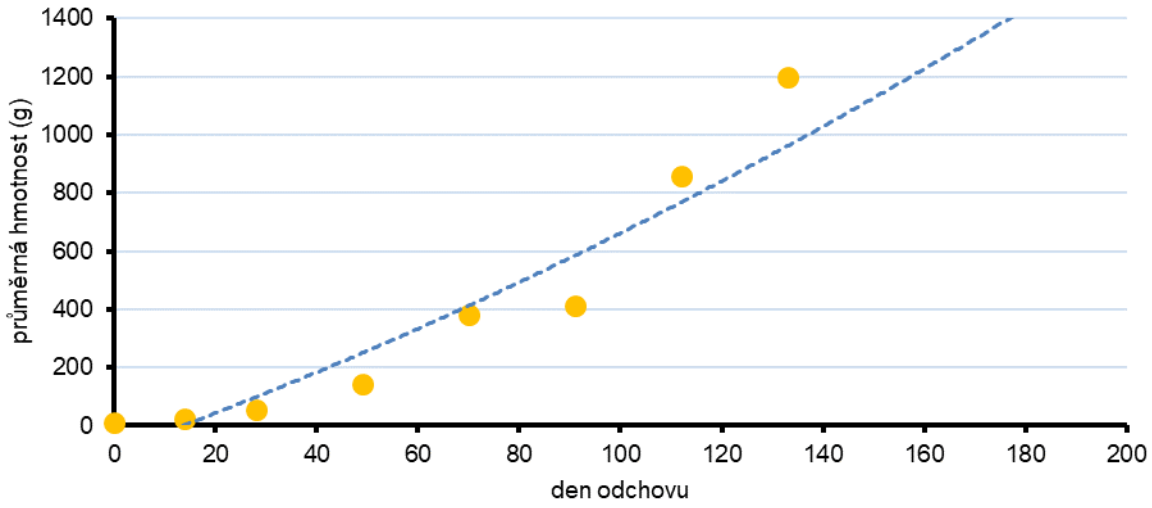
4 Výsledky

4.1 Prvotní zkušební odchov (1. krmivo Aller Aqua)

První odchov byl zahájen dovozem celkem 3300 ks plůdku o průměrné hmotnosti 10 g. Ryby dosáhly tržní velikosti 700–1000 g (112. den odchovu). Odchov byl ale prodloužen až do 214. dne odchovu, kdy průměrná kusová velikost byla 1449 g. Během odchovu bylo rybám podáváno krmivo Aller Aqua (Aller Bona Float 3 mm, Aller Bona Float 4,5 mm, Aller Bona Float 6 mm).

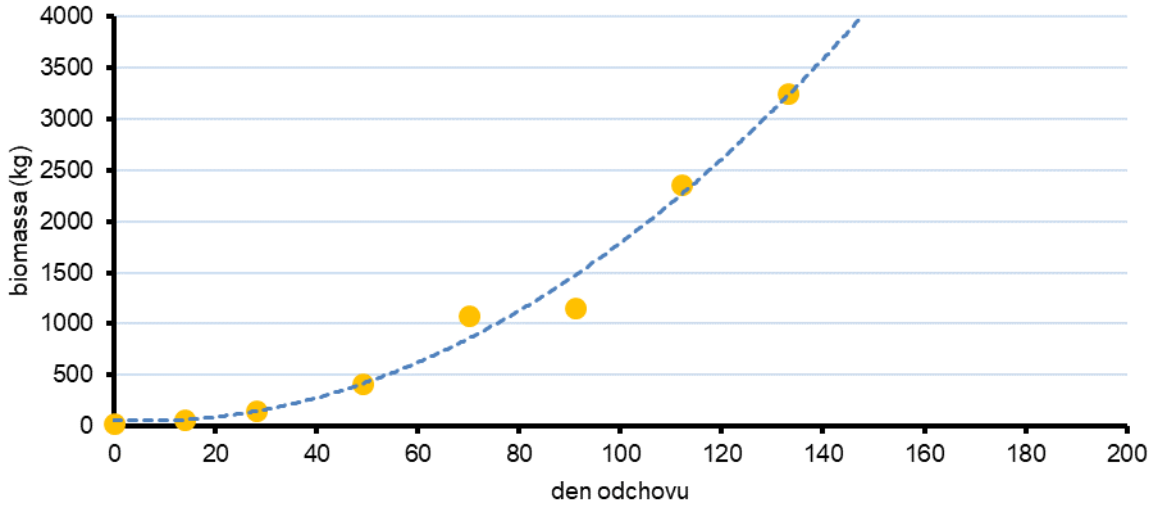
4.1.1 Průběh růstových a produkčních ukazatelů a somatických indexů

Z předloženého Grafu 1 je patrný průběh průměrné kusové hmotnosti (g) keříčkovce červenolemého během zkušebního (prvotního) experimentálního odchovu ve farmě kontejnerového typu. Po 112 dnech odchovu ryby dosáhly tržní hmotnosti – průměrné kusové hmotnosti W = 860 g.



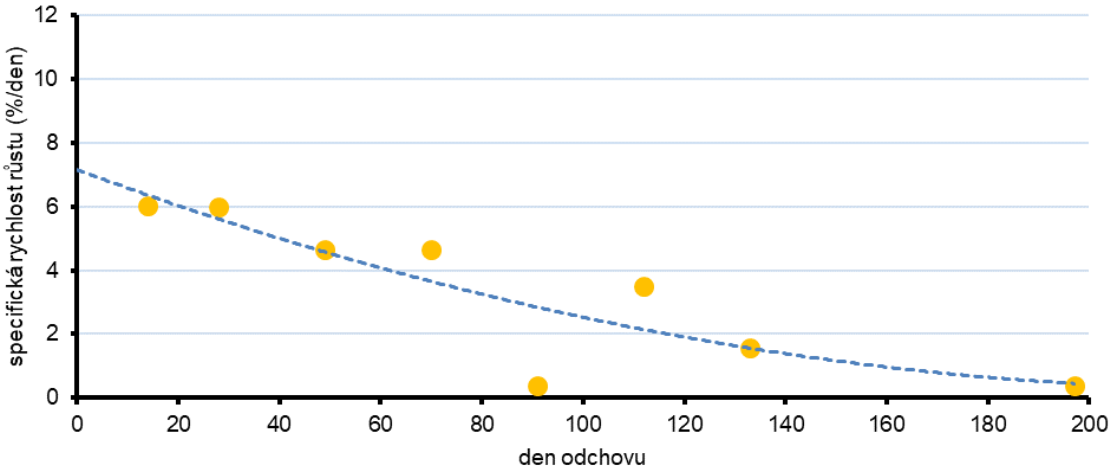
Graf 1. Průběh průměrné individuální hmotnosti těla (W; g) keříčkovce červenolemého odchovávaného v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu během prvotního odchovu s využitím krmiva Aller Aqua (Bona Float).

Z předloženého Grafu 2 je patrný průběh růstu celkové biomasy (kg) keříčkovce červenolemého během zkušebního (prvotního) experimentálního odchovu ve farmě kontejnerového typu. Na konci tohoto odchovu (po 112 dnech odchovu) ryby dosáhly biomasy B = 2363 kg.



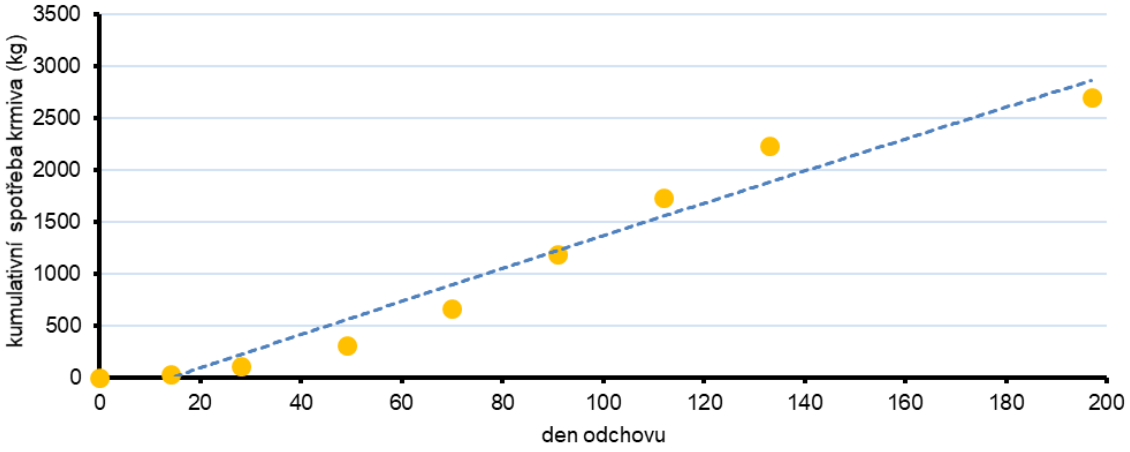
Graf 2. Průběh celkové biomasy (B, kg) odchovávaných keříčkovců červenolemých během zkušebního odchovu s využitím krmiva Aller Aqua (Bona Float).

Z předloženého Grafu 3 je patrný průběh specifické rychlosti růstu (%/den) keříčkovce červenolemého během zkušebního (prvotního) experimentálního odchovu ve farmě kontejnerového typu. Na konci tohoto odchovu (po 112 dnech odchovu) ryby dosáhly specifické rychlosti růstu SGR = 2,10 %/den.



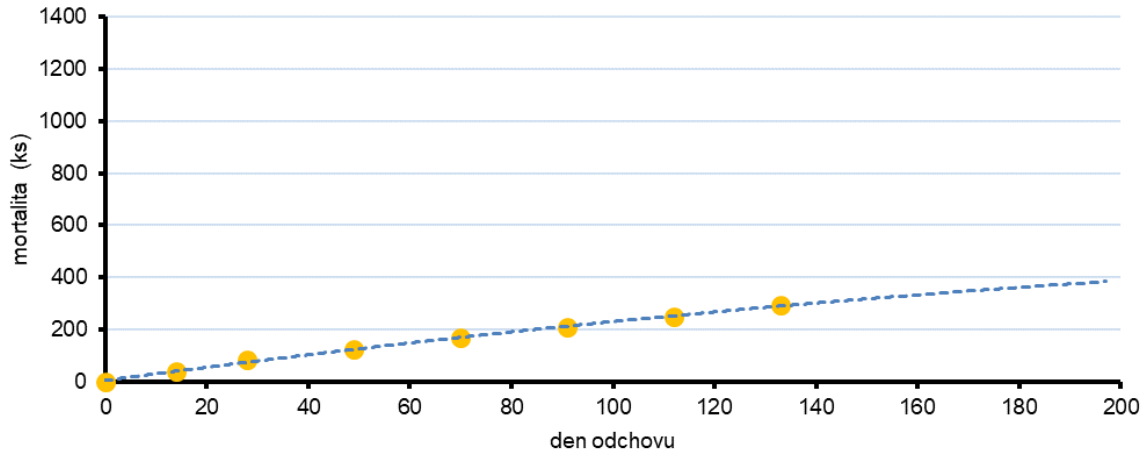
Graf 3. Průběh specifické rychlosti růstu (%/den) u keříčkovce červenolemého odchovávaného v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu během prvotního odchovu s využitím krmiva Aller Aqua (Bona Float).

Z předloženého Grafu 4 je patrný průběh kumulativní spotřeby krmiva (kg) u keříčkovce červenolemého během zkušebního (prvotního) experimentálního odchovu ve farmě kontejnerového typu. Na konci tohoto odchovu (po 112 dnech odchovu) byla kumulativní spotřeba krmiva 1520 kg.



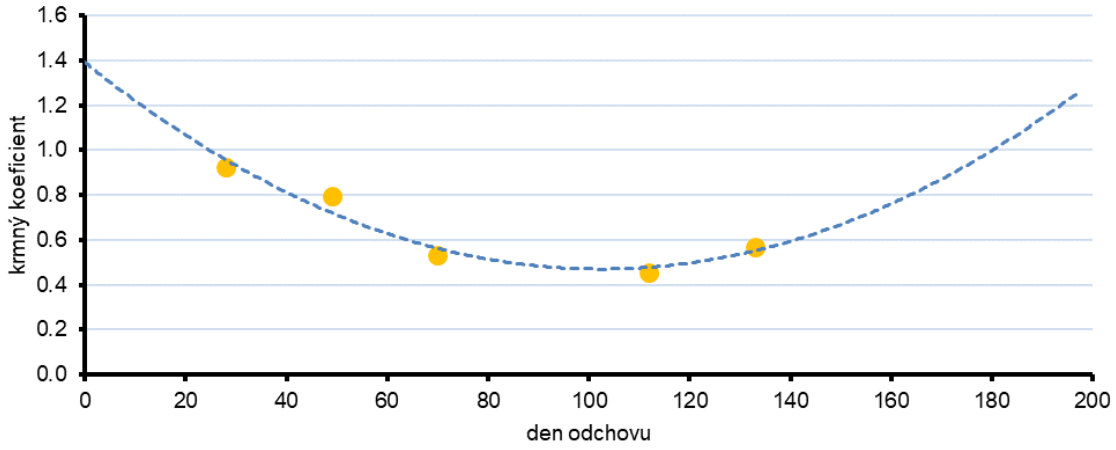
Graf 4. Kumulativní spotřeba krmiva u keříčkovce červenolemého odchovávaného v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu během prvotního odchovu s využitím krmiva Aller Aqua (Bona Float).

Z předloženého Grafu 5 je patrný průběh celkové mortality ryb (ks) keříčkovce červenolemého během zkušebního (prvotního) experimentálního odchovu ve farmě kontejnerového typu. Na konci tohoto odchovu (po 112 dnech odchovu) byla celková mortality ryb 255 ks. Tento údaj značí jen zaznamenané uhynulé ryby a nepočítá s kanibalismem.



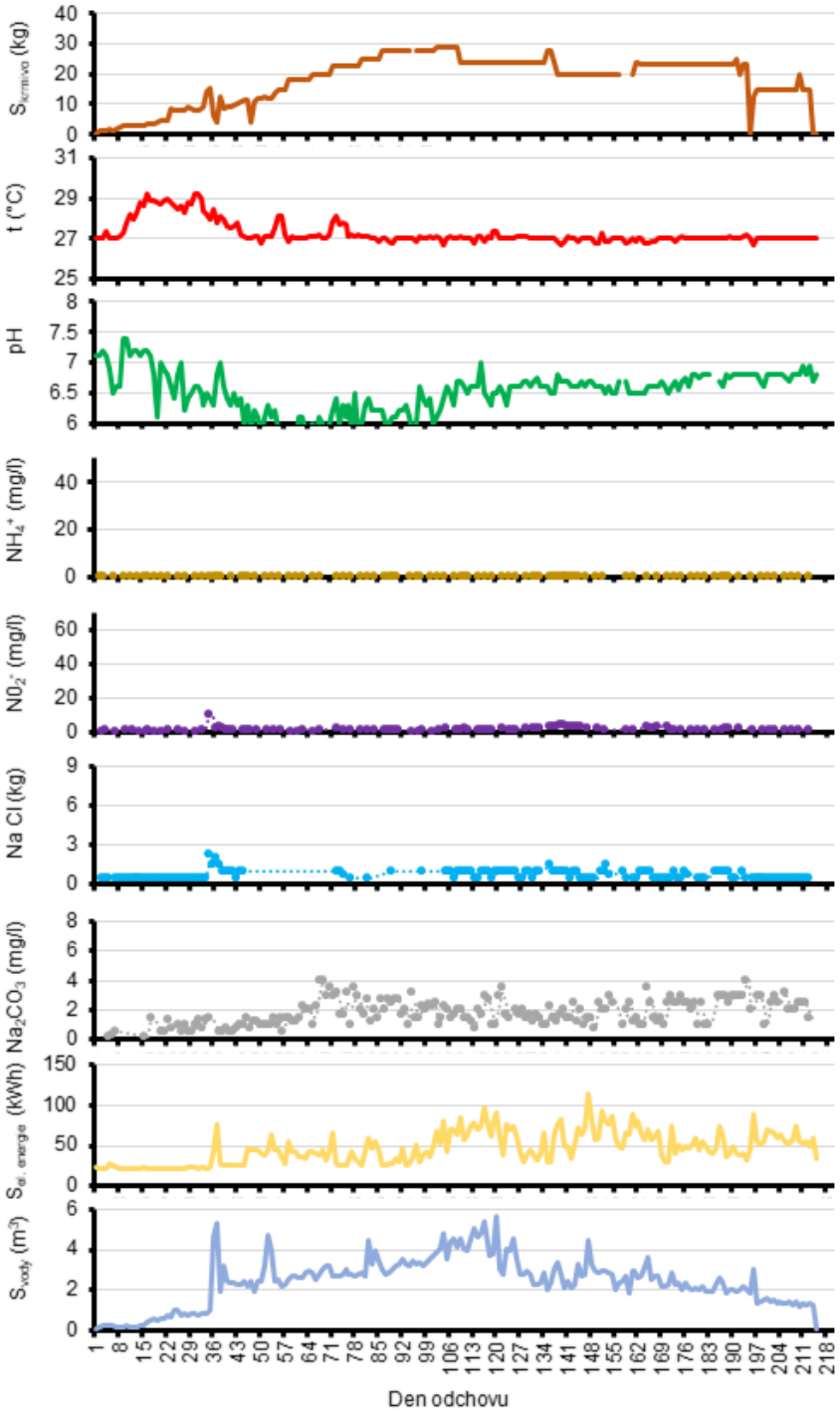
Graf 5. Celková mortalita keříčkovce červenolemého odchovávaného v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu během prvotního odchovu s využitím krmiva Aller Aqua (Bona Float).

Z předloženého Grafu 6 je patrný vývoj koeficientu konverze krmiva keříčkovce červenolemého v průběhu zkušebního (prvotního) experimentálního odchovu ve farmě kontejnerového typu. Na konci tohoto odchovu (po 112 dnech odchovu) byl koeficient konverze krmiva na úrovni 0,5. Tento poměrně nerealistický údaj byl pravděpodobně zapříčiněn kanibalismem během odchovu.



Graf 6. Konverze krmiva u keříčkovce červenolemého odchovávaného v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu během prvotního odchovu s využitím krmiva Aller Aqua (Bona Float).

Graf 7 znázorňuje průběh aplikace krmiva, fyzikálně chemických parametrů vody, spotřeby soli, sody elektrické energie a vody při odchovu keříčkovce červenolemého v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu během prvotního odchovu s využitím krmiva Aller Aqua (Bona Float).



Graf 7. Aplikace krmiva, průběh fyzikálně chemických parametrů vody, spotřeby soli, sody elektrické energie a vody při odchovu keříčkovce červenolemého v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu během prvotního odchovu s využitím krmiva Aller Aqua (Bona Float).

4.1.2 Veterinární vyšetření ryb

Během prvního zkušebního odchovu nebyla realizována veterinární vyšetření ryb.

4.1.3 Funkce biofiltru

Během prvního zkušebního odchovu nebylo realizováno sledování funkce biofiltru.

4.1.4 Ukazatele výtěžnosti a finální kvality produktu

Během prvního zkušebního odchovu nebylo realizováno sledování výtěžnosti a finální kvality produktu.

4.1.5 Vyhodnocení produkce ryb, spotřeby krmiv, energií, přítokové vody a dalších nákladových položek

Tabulky 1–5 shrnují údaje o produkci ryb, spotřeby krmiv, energií, přítokové vody a dalších nákladových položek zaznamenaných při prvotním (zkušebním) odchovu keříčkovce červenolemého v kontejnerové farmě s využitím krmiva Aller Aqua (Bona Float).

Tabulka 1. Sumarizace prvního odchovu keříčkovce červenolemého v kontejnerové farmě s využitím krmiva Aller Aqua (Bona Float).

	den chovu	kusů ryb	celková biomasa (kg)	průměrná hmotnost (g)
START	0	3300	33	10
Tržní velikost 700–1000 g	112	2748	2363	860
Velikost pro filetování	214	2536	3674	1449

Tabulka 2. Sumarizace spotřeby jednotlivých šarží krmiva během prvního odchovu keříčkovce červenolemého v kontejnerové farmě s využitím krmiva Aller Aqua (Bona Float).

KRMIVO CELKEM			cena (bez DPH)
Aller Bona Float 3 mm	817	kg	21 078
Aller Bona Float 4,5 mm	520	kg	13 416
Aller Bona Float 6 mm	2480	kg	63 984
krmivo celkem	3817	kg	98 478
hmotnost ryb	3674	kg	
krmný koeficient celkový	1,04		

* náklady jsou počítány včetně odchovu po ukončení sledovaného období. tj do okamžiku výlovu a odvezení ryb na zpracovnu

Tabulka 3. Sumarizace spotřeby elektřiny pro jednotlivé součást farmy během prvního odchovu keříčkovce červenolemého s využitím krmiva Aller Aqua (Bona Float).

ELEKTŘINA	spotřeba		% podíl
spotřeba kotel celkem	3172	kWh	32%
denní spotř. zař. v provozu (920 W/hod)	4725	kWh	47%
ostatní provoz (kancelář a jiná spotřeba)	2163	kWh	22%
celková spotřeba	10060	kWh	100%

* náklady jsou počítány včetně odchovu po ukončení sledovaného období. tj do okamžiku výlovu a odvezení ryb na zpracovnu

Tabulka 4. Sumarizace jednotlivých nákladových položek během prvního odchovu keříčkovce červenolemého v kontejnerové farmě s využitím krmiva Aller Aqua (Bona Float).

SPOTŘEBA CELKEM						
	počet	jednotka	cena jednotky		celkem (bez DPH)	% podíl
násada plůdek	3300	ks	4,19	Kč/ks	13 827 Kč	5%
krmivo	3817	kg	25,8	Kč/kg	98 479 Kč	37%
sůl	107,5	kg	7	Kč/kg	753 Kč	0%
soda	39,85	kg	24,6	Kč/kg	980 Kč	0%
uhličitan sodný	297,6	kg	14	Kč/kg	4 166 Kč	2%
vodné a stočné (v:40,37, s:35 Kč)	520,4	m^3	75	Kč/m3	39 030 Kč	15%
elektřina (1080 Kč/MWh)	10,06	MWh	1080	Kč/MWh	10 865 Kč	4%
1 člověk – obsluha (2 hod/den)	428	hodin	191	Kč/hod	81 748 Kč	31%
pronájem pozemku 1 kontejner	214	dnů	68	Kč/den	14 552 Kč	6%
spotřeba celkem					264 400 Kč	100%
					72 Kč	/ 1 kg živé váhy

* náklady jsou počítány včetně odchovu po ukončení sledovaného období. tj do okamžiku výlovu a odvezení ryb na zpracovnu

Tabulka 5. Průměrná denní spotřeba provozu během prvního odchovu keříčkovce červenolemého v kontejnerové farmě s využitím krmiva Aller Aqua (Bona Float).

DENNÍ SPOTŘEBA PROVOZU			
	prům. spotřeba/den	jednotka	prům spotřeba/den (bez DPH)
		ks	
krmivo	17,8	kg	460 Kč
sůl	0,5	kg	4 Kč
soda	0,2	kg	5 Kč
uhličitan sodný	1,4	kg	19 Kč
vodné a stočné (v:40,37, s:35 Kč)	2,4	m^3	182 Kč
elektřina (1080 Kč/MWh)	0,05	MWh	51 Kč
1 člověk – obsluha (2 hod/den)	2,0	hodin	382 Kč
pronájem pozemku 1 kontejner	1,0	dnů	68 Kč
	celkové náklady na 1 den		1 171 Kč

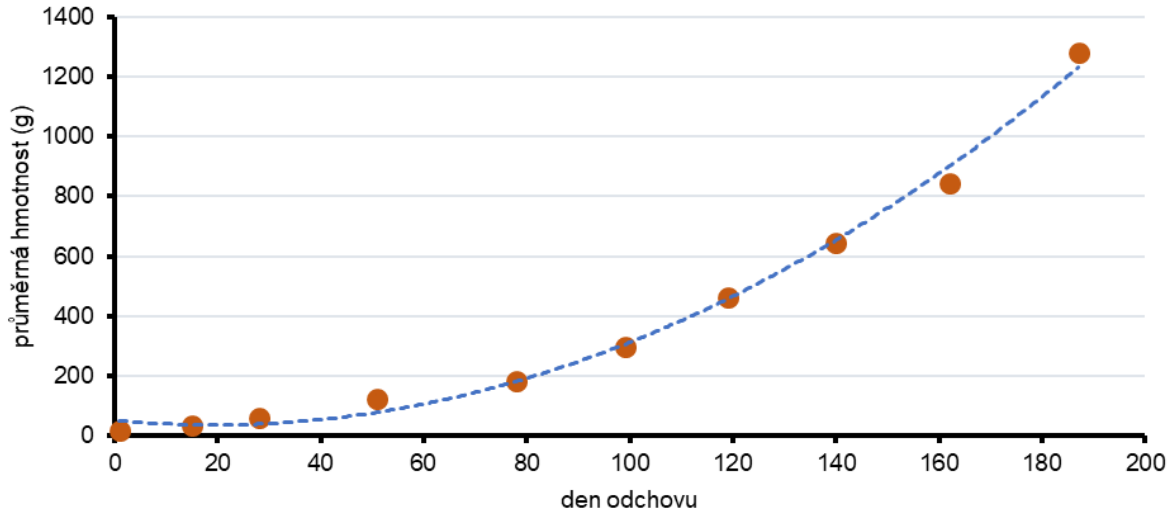
* náklady jsou počítány včetně odchovu po ukončení sledovaného období. tj do okamžiku výlovu a odvezení ryb na zpracovnu

4.2 Druhý odchov (2. krmivo – kombinace krmiv Aller Aqua a Skretting)

Druhý odchov byl zahájen dovozem celkem 3900 ks plůdku keříčkovce červenolemého o průměrné individuální hmotnosti 12 g. Experimentální odchov byl ukončen 186. den odchovu, když ryby dosáhly tržní velikosti tzn. 700–1000 g. Pro dosažení větší velikosti ryb pro zpracovnu (limitováno filetovacím zařízením) byla doba odchovu prodloužena až do 263. dne, kdy průměrná kusová hmotnost ryb byla 1350 g. Během odchovu bylo rybám podávána kombinace krmiv Aller Aqua (Aller Bona Float 3 mm, Aller Bona Float 4,5 mm, Aller Bona Float 6 mm) a Skretting (ME-4.5 Meerval 44-14).

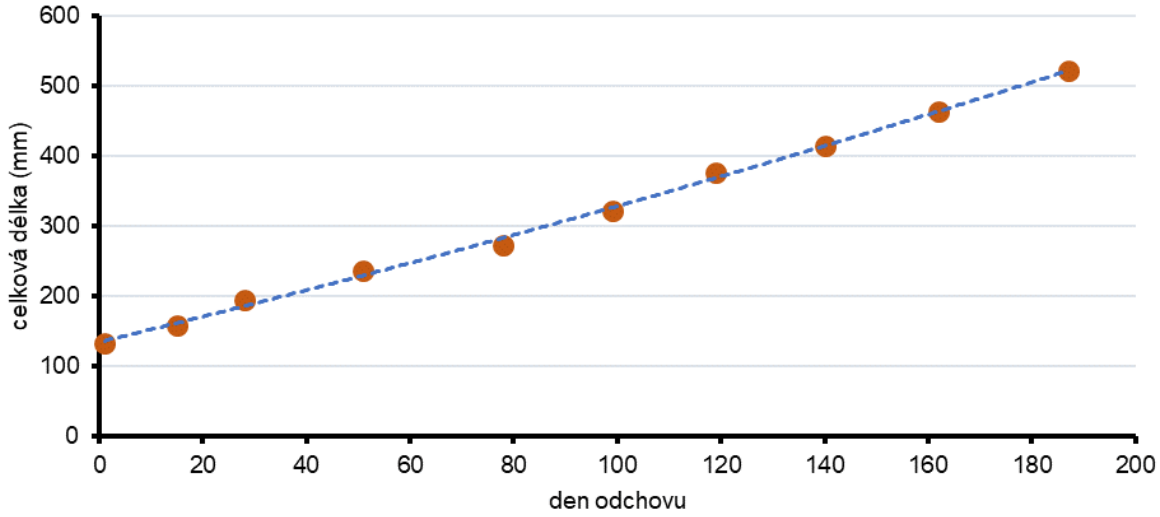
4.2.1 Průběh růstových a produkčních ukazatelů a somatických indexů

Z předloženého Grafu 8 je patrný vývoj průměrné kusové hmotnosti keříčkovce červenolemého v průběhu druhého experimentálního odchovu ve farmě kontejnerového typu, kdy rybám bylo předkládáno krmivo Aller Aqua a Skretting. Na konci tohoto experimentálního odchovu (po 186 dnech odchovu) ryby dosáhly průměrné kusové hmotnosti W = 1279 ± 347 g.



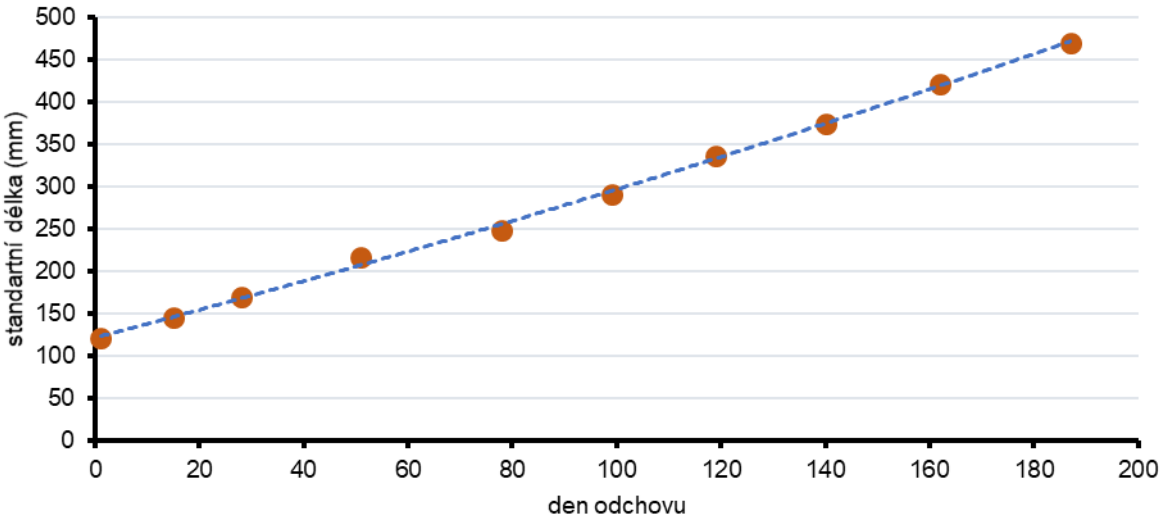
Graf 8. Průběh průměrné individuální hmotnosti těla (W; g) u keříčkovce červenolemého odchovávaného v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu během druhého experimentálního odchovu s využitím krmiva Aller Aqua a Skretting.

Graf 9 znázorňuje průběh celkové délky těla (TL, mm) odchovávaných keříčkovců červenolemých během druhého experimentálního odchovu s krmivem Aller Aqua a Skretting. Na konci tohoto experimentálního odchovu (po 186 dnech odchovu) ryby dosáhly průměrné celkové délky těla TL = 522 ± 49 mm.



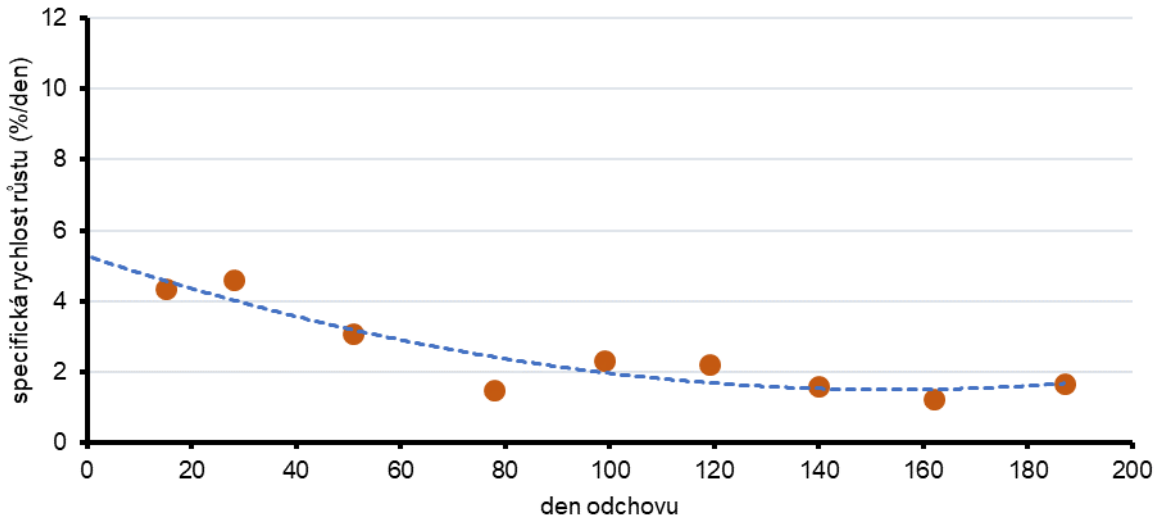
Graf 9. Průběh celkové délky těla ryb (TL; mm) u keříčkovce červenolemého chovaného v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu během druhého experimentálního odchovu s využitím krmiva Aller Aqua a Skretting.

Graf 10 znázorňuje průběh průměrné délky těla (SL, mm) odchovávaných keříčkovců červenolemých během druhého experimentálního odchovu s krmivem Aller Aqua a Skretting. Na konci druhého experimentálního odchovu (po 186 dnech odchovu) ryby dosáhly průměrné délky těla SL = 470 ± 45 mm.



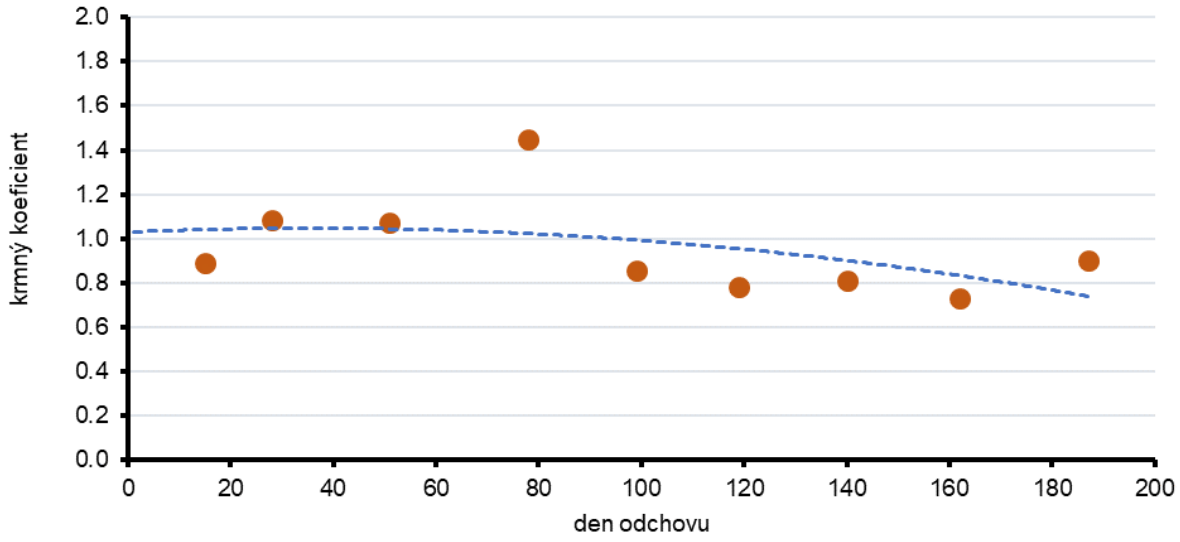
Graf 10. Průběh standartní délky těla ryb (SL; mm) u keříčkovce červenolemého chovaného v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu během druhého experimentálního odchovu s využitím krmiva Aller Aqua a Skretting.

Graf 11 znázorňuje průběh specifické rychlosti růstu (SGR, %/den) odchovávaných keříčkovců červenolemých během druhého experimentálního odchovu s krmivem Aller Aqua a Skretting. V prvních týdnech experimentálního odchovu SGR dosahovala až 4,6 %/den. Na konci druhého experimentálního odchovu po 186 dnech odchovu) ryby dosahovaly SGR = 1,67 %/den.



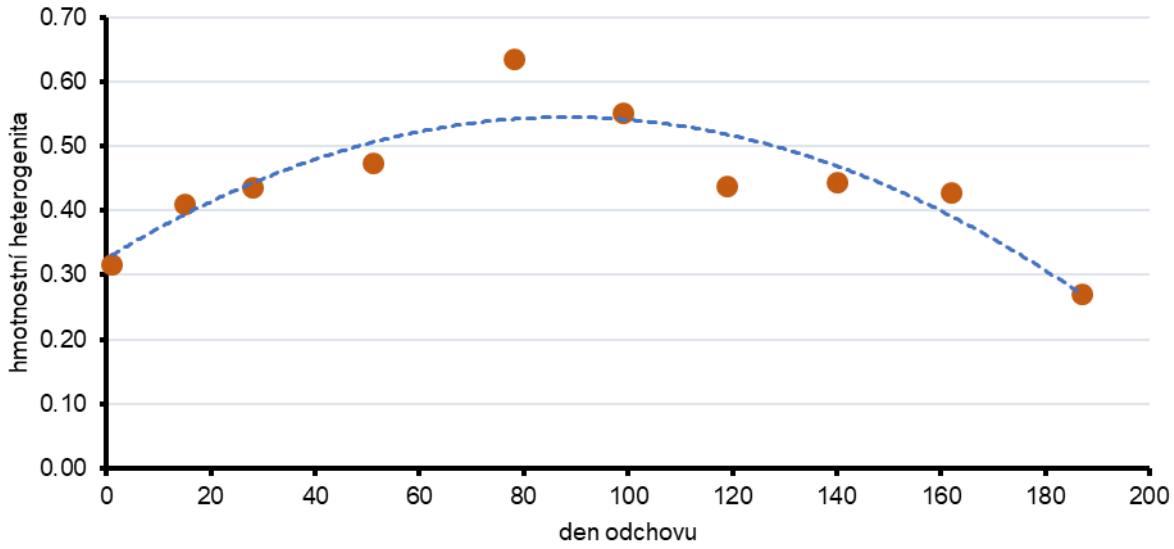
Graf 11. Vývoj specifické rychlosti růstu ryb (SGR; %/den) u keříčkovce červenolemého chovaného v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu během druhého experimentálního odchovu s využitím krmiva Aller Aqua a Skretting.

Graf 12 znázorňuje vývoj koeficientu konverze krmiva (FCR) odchovávaných keříčkovců červenolemých během druhého experimentálního odchovu s krmivem Aller Aqua a Skretting. Během experimentálního odchovu (celkem 186 dní) FCR dosahovalo v průměru 0,96 ± 0,22.



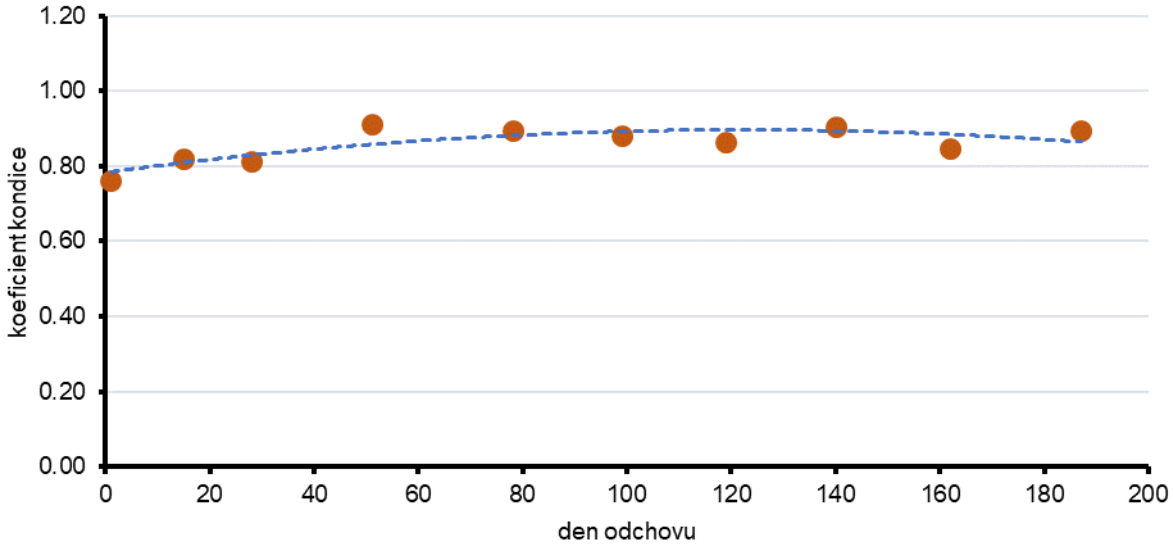
Graf 12. Průběh koeficientu konverze krmiva (FCR) u keříčkovce červenolemého chovaného v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu během druhého experimentálního odchovu s využitím krmiva AllerAqua a Skretting.

Graf 13 znázorňuje vývoj hmotnostní heterogenity (SH) odchovávaných keříčkovců červenolemých během druhého experimentálního odchovu s krmivem Aller Aqua a Skretting. Během experimentálního odchovu (celkem 186 dní) SH dosahovala v průměru 0,48 ± 0,07.



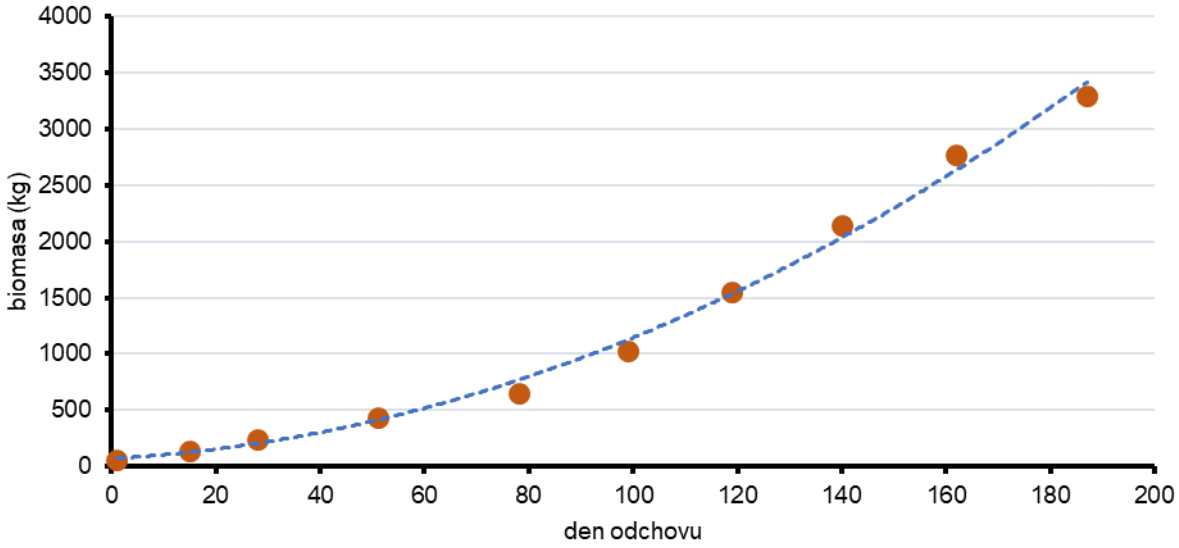
Graf 13. Průběh hmotnostní heterogeneity (SH) u keříčkovce červenolemého chovaného v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu během druhého experimentálního odchovu s využitím krmiva Aller Aqua a Skretting.

Graf 14 znázorňuje vývoj koeficientu kondice (K) odchovávaných keříčkovců červenolemých během druhého experimentálního odchovu s krmivem Aller Aqua a Skretting. Během druhého experimentálního odchovu (celkem 186 dní) K dosahovalo v průměru 0,87 ± 0,05.



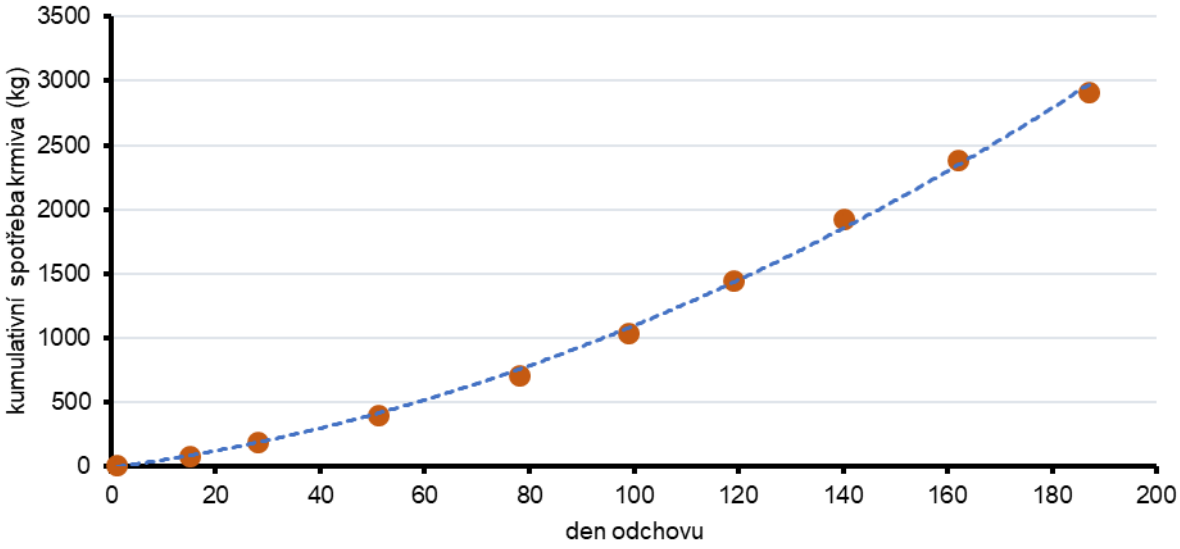
Graf 14. Průběh koeficientu kondice (K) u keříčkovce červenolemého chovaného v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu během druhého experimentálního odchovu s využitím krmiva Aller Aqua a Skretting.

Graf 15 znázorňuje vývoj celkové biomasy (B, kg) odchovávaných keříčkovců červenolemých během druhého experimentálního odchovu s krmivem Aller Aqua a Skretting. Na konci experimentálního odchovu (po 186 dnech odchovu) biomasa dosahovala 3289 kg.

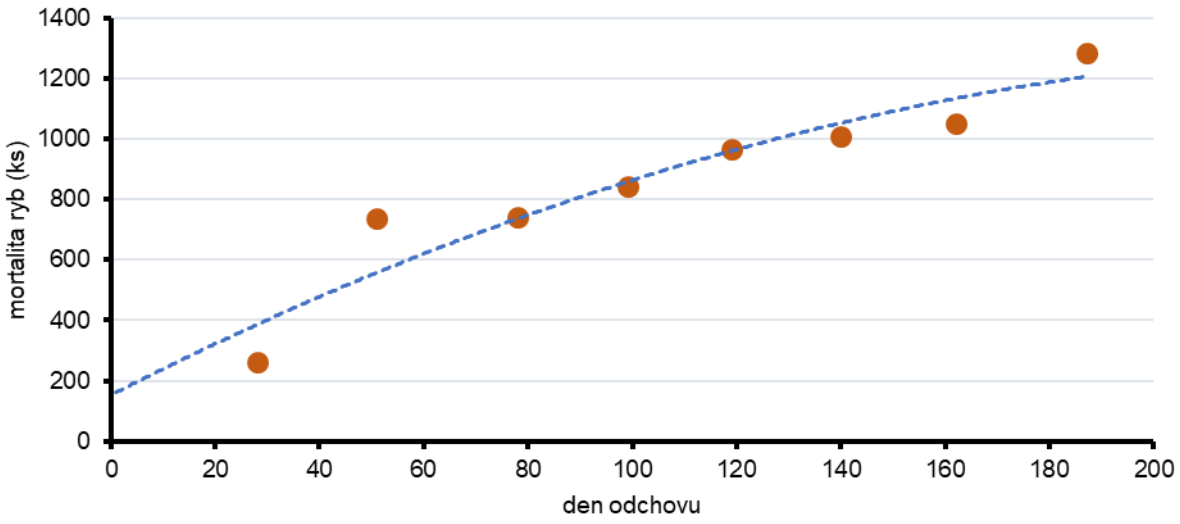


Graf 15. Vývoj celkové biomasy (B, kg) u keříčkovce červenolemého chovaného v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu během druhého experimentálního odchovu s využitím krmiva Aller Aqua a Skretting.

Graf 16 znázorňuje vývoj spotřeby krmiva (kg) během druhého experimentálního odchovu s krmivem Aller Aqua a Skretting. Na konci druhého experimentálního odchovu (do dosažení tržní velikosti ryb 700–1000 g po 186 dnech odchovu) bylo spotřebováno celkem 2916 kg krmiva. Na konci celého odchovu, kdy ryby dosahovaly průměrné kusové hmotnosti 1350 g (velikost vhodná pro usnadnění filetování / zpracování ryb), ryby spotřebovaly celkem 4386 kg krmiva.



Graf 16. Vývoj spotřeby krmiva (kg) u keříčkovce červenolemého chovaného v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu během druhého experimentálního odchovu s využitím krmiva Aller Aqua a Skretting.



Graf 17. Vývoj celkové odhadované mortality (M, ks) keříčkovce červenolemého chovaného v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu během druhého experimentálního odchovu s využitím krmiva Aller Aqua a Skretting.

Graf 17 znázorňuje vývoj odhadované celkové mortality (M, ks) keříčkovců červenolemých během druhého experimentálního odchovu s krmivem Aller Aqua a Skretting.

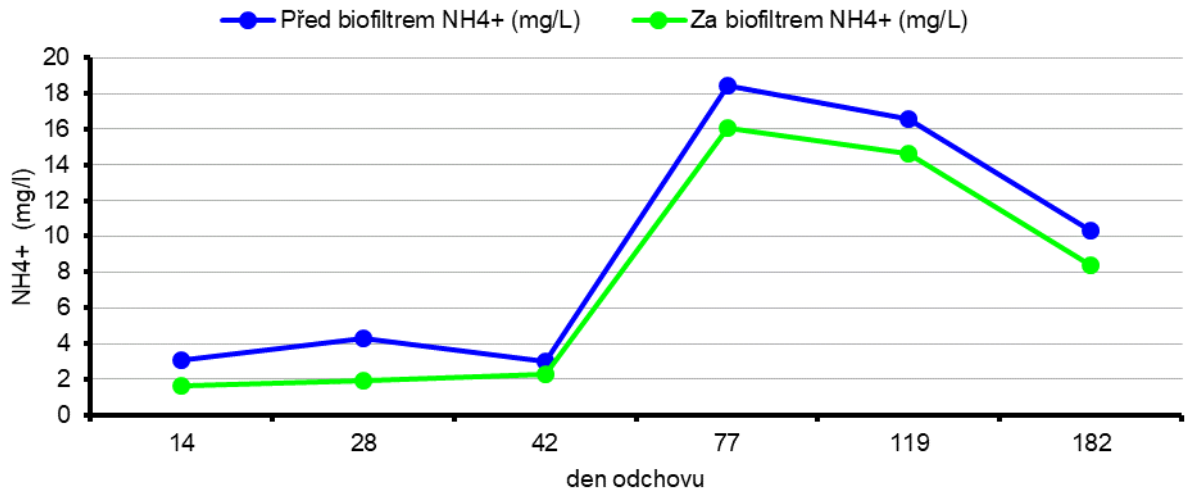
Na konci druhého experimentálního odchovu (po 186 dnech odchovu) odhadovaná celková mortalita dosahovala 1284 ryb. Na konci celého odchovu (odvoz ryb do zpracovny), odhadovaná mortalita dosahovala 1519 ryb.

4.2.2 Veterinární vyšetření ryb

Během kontrolních odlovů bylo odebráno 10 ryb pro následné (makroskopické a mikroskopické) veterinární vyšetření. Po celou dobu experimentálního odchovu bylo na základě makroskopického vyšetření zhodnoceno, že ryby jsou v dobrém výživovém stavu. Na kůži byl ojedinělý výskyt drobných kožních lézí způsobených patrně predačním chováním ryb (zejména během přepravy). Dutina tělní většiny ryb byla bez výpotku. Převážná většina orgánů dutiny tělní byla fyziologické velikosti a barvy, střevo s mírnou náplní. V prvních týdnech intenzivního odchovu keříčkovců červenolemých byla však u ryb na základě anamnézy a patologických změn prokázána poměrně značná žaberní infekce vejcorodými žábrohlísty. Vzhledem k přítomnosti rezistentních vajíček byla doporučena opakovaná koupel ve formalínu k eliminaci žábrohlístů a jejich vajíček. Bylo doporučeno také následně pokračovat v koupelích NaCl k zamezení přenosu protozoálních parazitů kůže. Při dalších veterinárních vyšetřeních (po aplikaci doporučených koupelí) byla u ryb prokázána pouze mírná žaberní infekce vejcorodými žábrohlísty, která přetrvávala až do konce experimentálního odchovu. Vzhledem k riziku přetrvání resistentních vajíček bylo doporučeno zopakovat koupel ve formalínu. Od 77. dne odchovu (po umístění všech ryb do většího recirkulačního systému kontejneru K1) lze na podkladě vyšetření zdravotního stavu považovat dovezené ryby za zdravé.

4.2.3 Funkce biofiltru

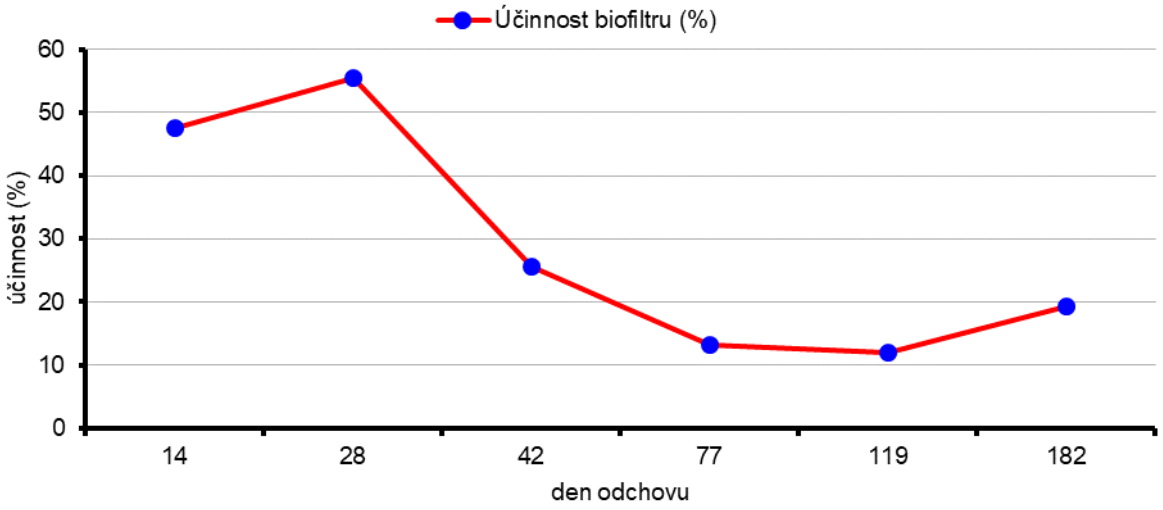
Pro hodnocení účinnosti biofiltru bylo realizováno celkem šest (14., 28., 42., 77., 119. a 182) celodenních sledování koncentrace amoniakálního dusíku na odtoku z odchovného systému a na odtoku z biofiltru (viz Graf 18).



Graf 18. Vývoj koncentrace amoniakálního dusíku (NH_4^+, mg/l) během druhého experimentálního odchovu keříčkovců červenolemých s krmivem Aller Aqua a Skretting.

Účinnost biofiltru byla stanovena na základě známého množství NH_4^+ spotřebovaného v biologickém filtru. Koncentrace NH_4^+ byla uvažována jako 100 %. Účinnost biofiltru byla vypočítána podle následujícího vzorce: Účinnost biofiltru (%) = 100 – (NH_4^+ za biofiltrem 100 / NH_4^+ před biofiltrem). V prvních týdnech experimentálního odchovu (tzn. v menším recirkulačním systému v kontejneru K2) účinnost biofiltru dosahovala až 55 % (NH_4^+ spotřebované biofiltrem), zatímco na konci odchovu (tzn. ve větším recirkulačním systému v kontejneru K1) pak pouhých 19 % (viz Graf 19).

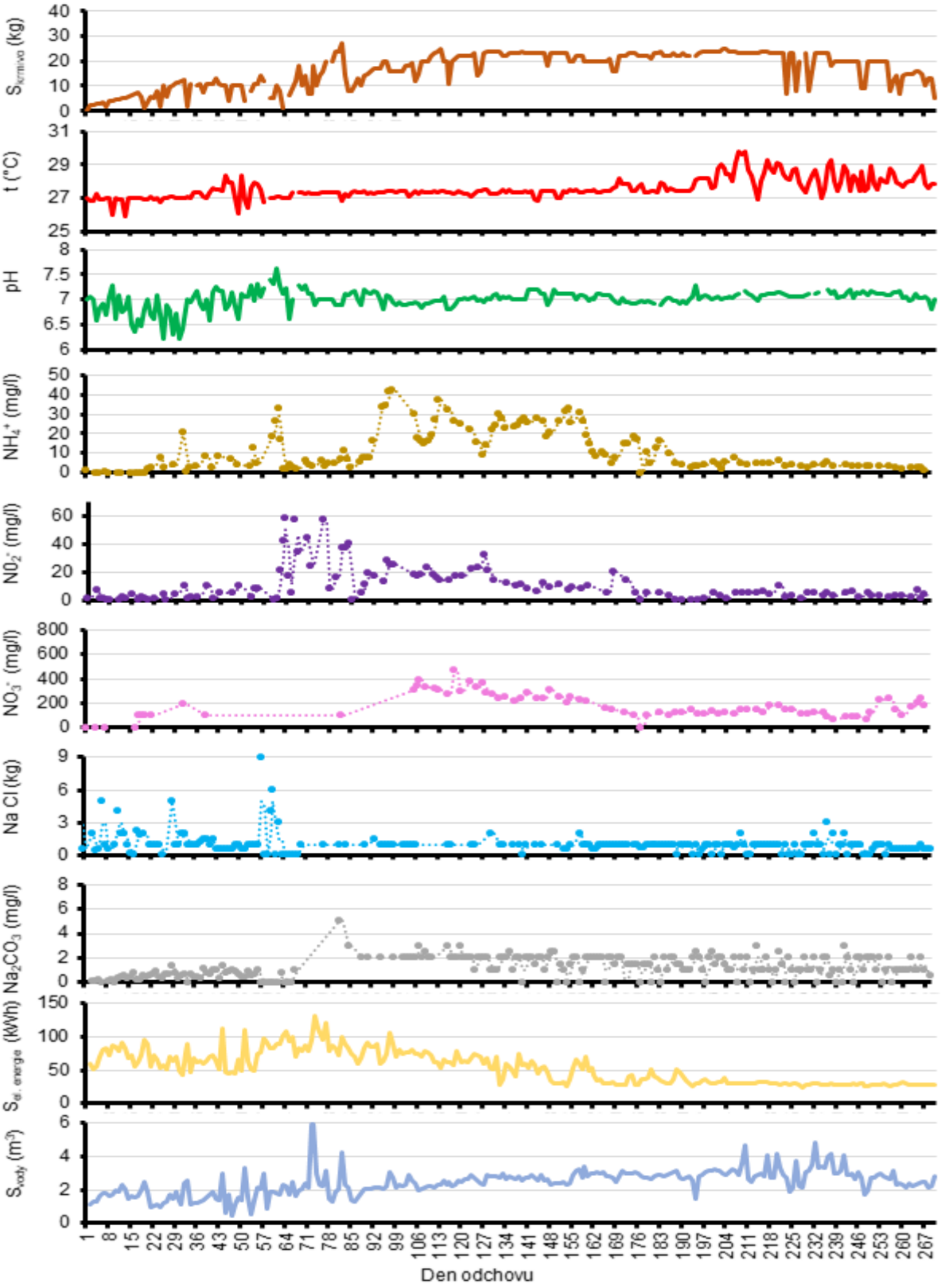
Je třeba zmínit, že během toho odchovu došlo technickým potížím s konstrukcí biofiltru, kdy praskla nádrž. Problémy byly provizorně vyřešeny a byla doplněna část biologického média. (novým nezaběhlým médiem). Ne celkové funkci biofiltru se to projevilo sníženou účinností (zřejmě začaly ve společenstvu bakterií převažovat heterotrofní bakterie nad nitrifikačními).



Graf 19. Vývoj účinnosti biofiltru (%) během druhého experimentálního odchovu keříčkovců červenolemých s krmivem Aller Aqua a Skretting.

4.2.4 Fyzikálně-chemické parametry vody

Monitoring základních fyzikálně-chemických parametrů vody probíhal pomocí multimetru (teplota, pH, O_2) a spektrofotometru na denní bázi včetně dálkového sdílení dat. Graf 20 znázorňuje průběh aplikace krmiva, fyzikálně chemických parametrů vody, spotřeby soli, sody elektrické energie a vody při odchovu keříčkovce červenolemého v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu během prvotního odchovu s využitím krmiva Aller Aqua a Skretting.



Graf 20. Aplikace krmiva, průběh fyzikálně chemických parametrů, spotřeby soli, sody elektrické energie a vody při odchovu keříčkovce červenolemého v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu během druhého odchovu pomocí krmiva Aller Aqua a Skretting.

4.2.5 Ukazatele výtěžnosti a finální kvality produktu

Na závěr experimentálního odchovu byla vyhodnocena kvalita finálního produktu včetně výtěžnosti masa, textury, chemického složení a profilu mastných kyselin (viz Tabulka 6). Při zpracování ryb bylo zjištěno, že podíl trupu po evisceraci (keříčkovec kuchaný) byl 87,25 ± 4,05 % hmotnosti živé ryby (100 %). Podíl filet s kůží činil 46,95 ± 3,29 % hmotnosti živé ryby. Podíl filet bez kůže byl 31,97 ± 1,99 % živé hmotnosti ryby. Somatické indexy byly stanoveny z jako procentuální podíl hmotnosti jednotlivých orgánů na hmotnosti živé ryby (počítána jako 100 %). Gonadosomatický index činil 5,34 ± 5,03 % živé ryby (tzn. některé ryby neměly vyvinuty gonády). Hepatosomatický index byl 1,26 ± 0,48 % hmotnosti živé ryby. Splenosomatický index byl 0,05 ± 0,03 % hmotnosti živé ryby. Viscerosomatický index (podíl všech orgánů na hmotnosti živé ryby) činil 12,75 ± 4,05 % hmotnosti živé ryby. A index periviscerálního (meziorgánového) tuku byl 0,66 ± 0,52 % hmotnosti živé ryby.

Tabulka 6. Výsledky výtěžnostních ukazatelů (průměr ± SD) z druhého experimentálního odchovu pomocí krmiva Aller Aqua a Skretting.

Výsledky výtěžnosti ryb:	Vzorec výpočtu indexu:	Průměr (%)	SD
Keříčkovec kuchaný	PT_{evi} (%) = (100*W_{evi}) / W_t	87,25	4,05
Podíl filet s kůží	$PF_{sků}$ =(100*$W_{sků}$) / W_t	46,95	3,29
Podíl filet bez kůže	PF_{bez}=(100*W_{bez}) / W_t	31,97	1,99
Gonadosomatický index	GSI = (100*W_{gon}) / W_t	5,34	5,03
Hepatosomatický index	HSI = (100*W_{jat}) / W_t	1,26	0,48
Splenosomatický index	SpSI = (100*W_{sle}) / W_t	0,05	0,03
Viscerosomatický index	VSI = (100*$W_{zaž}$) / W_t	12,75	4,05
Index periviscerálního tuku	PvSI = (100*W_{tuk}) / W_t	0,66	0,52

4.2.6 Vyhodnocení produkce ryb, spotřeby krmiv, energií, přítokové vody a dalších nákladových položek

Tabulky 7–11 shrnují údaje o produkci ryb, spotřeby krmiv, energií, přítokové vody a dalších nákladových položek zaznamenaných při druhém odchovu keříčkovce červenolemého v kontejnerové farmě s využitím krmiva Aller Aqua a Skretting.

Tabulka 7. Sumarizace druhého odchovu keříčkovce červenolemého v kontejnerové farmě s využitím krmiva Aller Aqua a Skretting.

	den chovu	kusů ryb	hmotnost celkem (kg)	hmotnost prům./1 ks (g)
START	0	3605	46,8	13
Tržní velikost 700–1000 g	186	3030	3289	1279
Velikost pro filetování	263	2820	3807	1350

Tabulka 8. Sumarizace spotřeby jednotlivých šarží krmiva během druhého odchovu keříčkovce červenolemého v kontejnerové farmě s využitím krmiva Aller Aqua a Skretting.

KRMIVO CELKEM			cena krmiva (bez DPH)
Aller Bona Float 3 mm	578	kg	15 021,50
Aller Bona Float 4,5 mm	670	kg	17 420,00
Aller Bona Float 6 mm	2910	kg	75 660,00
Skretting ME-4.5 Meerval 44-14	228	kg	8 208,00
krmivo celkem	4385,75	kg	116 309,50
hm. ryb	3807	kg	
krmný koeficient celkový	1,15		

* náklady jsou počítány včetně odchovu po ukončení sledovaného období. tj do okamžiku výlovu a odvezení ryb na zpracovnu

Tabulka 9. Sumarizace spotřeby elektřiny pro jednotlivé součást farmy během druhého odchovu keříčkovce červenolemého s využitím krmiva Aller Aqua a Skretting.

ELEKTŘINA	spotřeba		% podíl
spotřeba kotel celkem	5031	kWh	35%
denní spotř. Zař. V provozu	9468	kWh	65%
ostatní provoz (kancelář a jiná spotřeba)	0	kWh	0%
celková spotřeba	14499	kWh	100%

* náklady jsou počítány včetně odchovu po ukončení sledovaného období. tj do okamžiku výlovu a odvezení ryb na zpracovnu

Tabulka 10. Sumarizace jednotlivých nákladových položek během druhého odchovu keříčkovce červenolemého v kontejnerové farmě s využitím krmiva Aller Aqua a Skretting.

SPOTŘEBA CELKEM						
	počet	jednotka	cena jednotky		celkem (bez DPH)	% podíl
násada plůdek	3900	ks	4,19	Kč/ks	16 341 Kč	5%
krmivo	4386	kg	26 (36)	Kč/kg	116 310 Kč	35%
sůl	211	kg	7	Kč/kg	1 477 Kč	0%
soda		kg	24,6	Kč/kg	0 Kč	0%
uhličitan sodný	284	kg	14	Kč/kg	3 976 Kč	1%
vodné a stočné (v:40,37, s:35 Kč)	665,5	m^3	77,6	Kč/m^3	51 643 Kč	15%
elektřina (1080 Kč/MWh)	14,5	MWh	1390	Kč/MWh	20 155 Kč	6%
1 člověk – obsluha (2 hod/den)	540	hodin	191	Kč/hod	103 140 Kč	31%
pronájem pozemku 1 kontejner	270	dnů	79	Kč/den	21 330 Kč	6%
spotřeba celkem					334 372 Kč	100%
			celková hm.ryb v kg	3807	88 Kč	/ 1 kg živé váhy

* náklady jsou počítány včetně odchovu po ukončení sledovaného období. tj do okamžiku výlovu a odvezení ryb na zpracovnu

Tabulka 11. Průměrná denní spotřeba druhého odchovu keříčkovce červenolemého v kontejnerové farmě s využitím krmiva Aller Aqua a Skretting.

	DENNÍ SPOTŘEBA PROVOZU			
	prům. spotřeba/den		jednotka	prům. spotřeba/den (bez DPH)
krmivo		16,2	kg	431 Kč
sůl		0,8	kg	5 Kč
soda		0,0	kg	0 Kč
uhličitan sodný		1,1	kg	15 Kč
vodné a stočné (v:40,37, s:35Kč)		2,5	m^3	191 Kč
elektřina (1080 Kč/MWh)		0,1	MWh	75 Kč
1 člověk – obsluha (2 hod/den)		2,0	hodin	382 Kč
pronájem pozemku 1 kontejner		1,0	dnů	79 Kč
spotřeba celkem	celkové náklady na 1 den			1 178 Kč

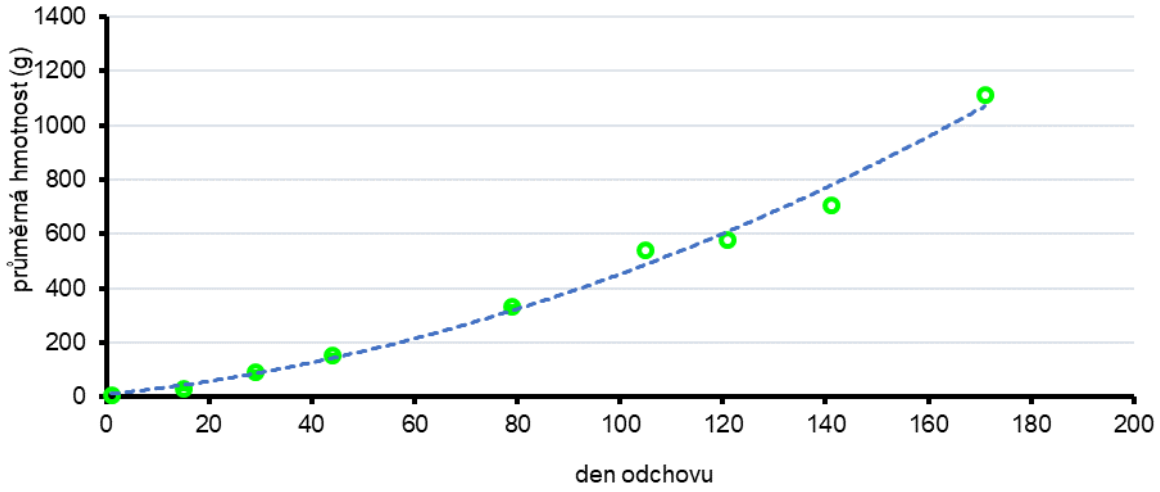
* náklady jsou počítány včetně odchovu po ukončení sledovaného období. tj do okamžiku výlovu a odvezení ryb na zpracovnu

4.3 Třetí odchov (3. krmivo Skretting)

Bylo nasazeno celkem 3300 ks plůdku keříčkovce červenolemého o průměrné hmotnosti 5 g pro třetí experimentální odchov. Odchov byl ukončen 170. den, kdy ryby dosáhly tržní velikosti tzn. 700–1000 g. Pro dosažení větší velikosti ryb pro zpracovnu (limitováno filetovacím zařízením) byla z praktických i ekonomických doba odchovu ryb prodloužena až do 190. dne.

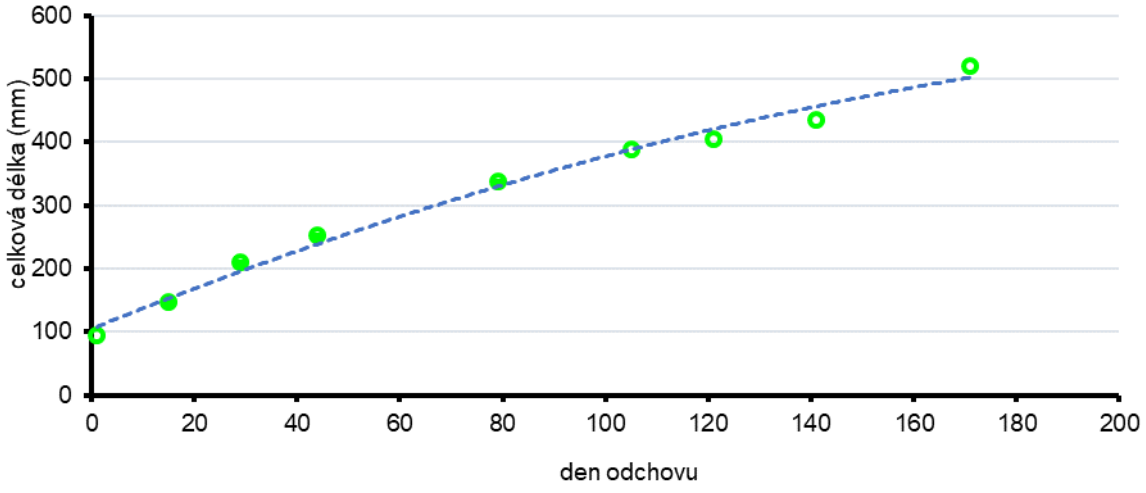
4.3.1 Průběh růstových a produkčních ukazatelů a somatických indexů

Z předloženého Grafu 21 je patrný vývoj průměrné kusové hmotnosti keříčkovce červenolemého v průběhu třetího experimentálního odchovu ve farmě kontejnerového typu, kdy rybám bylo předkládáno krmivo Skretting (1.0 Mp Presta, ME-2 Meerval TOP, ME-3 Meerval TOP, ME-4.5 Meerval 44-14). Na konci třetího experimentálního odchovu (po 170 dnech odchovu) ryby dosáhly průměrné kusové hmotnosti W = 1114 ± 216 g.



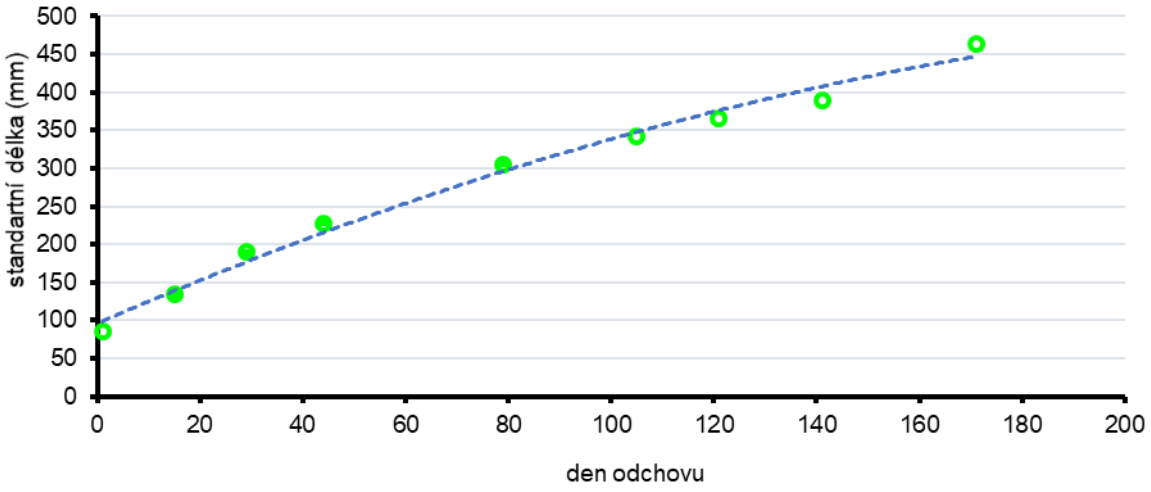
Graf 21. Průběh průměrné individuální hmotnosti těla (W; g) u keříčkovce červenolemého odchovávaného pomocí krmiva Skretting (Presta a Meerval) v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu.

Graf 22 znázorňuje průběh celkové délky těla (TL, mm) odchovávaných keříčkovců červenolemých během třetího experimentálního odchovu s krmivem Skretting. Na konci třetího experimentálního odchovu (po 170 dnech odchovu) ryby dosáhly průměrné celkové délky těla TL = 521 ± 31 mm.



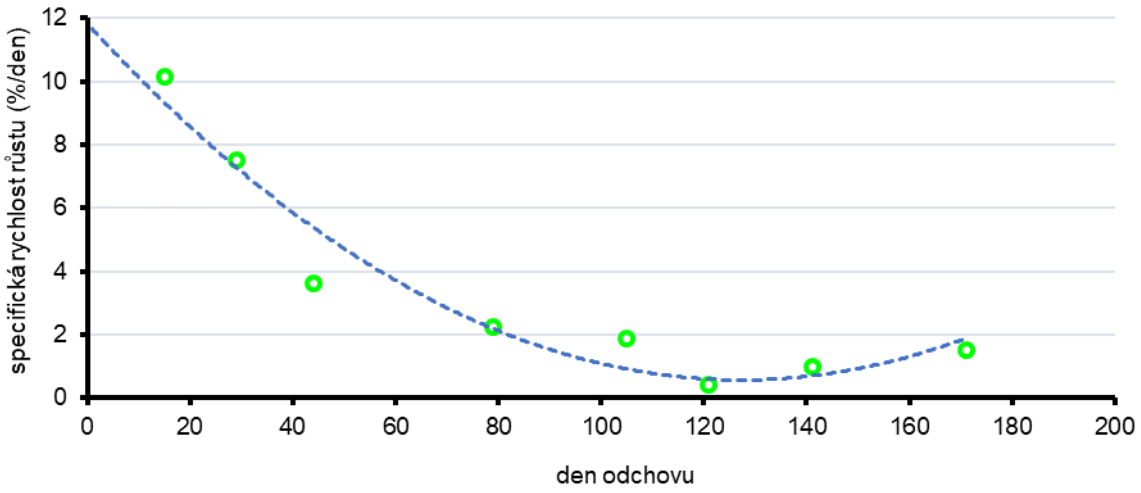
Graf 22. Průběh průměrné celkové délky těla ryb (TL; mm) u keříčkovce červenolemého odchovávaného pomocí krmiva Skretting (Presta a Meerval) v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu.

Graf 23 znázorňuje průběh průměrné délky těla (SL, mm) odchovávaných keříčkovců červenolemých během třetího experimentálního odchovu s krmivem Skretting. Na konci třetího experimentálního odchovu (po 170 dnech odchovu) ryby dosáhly průměrné délky těla SL = 464 ± 27 mm.



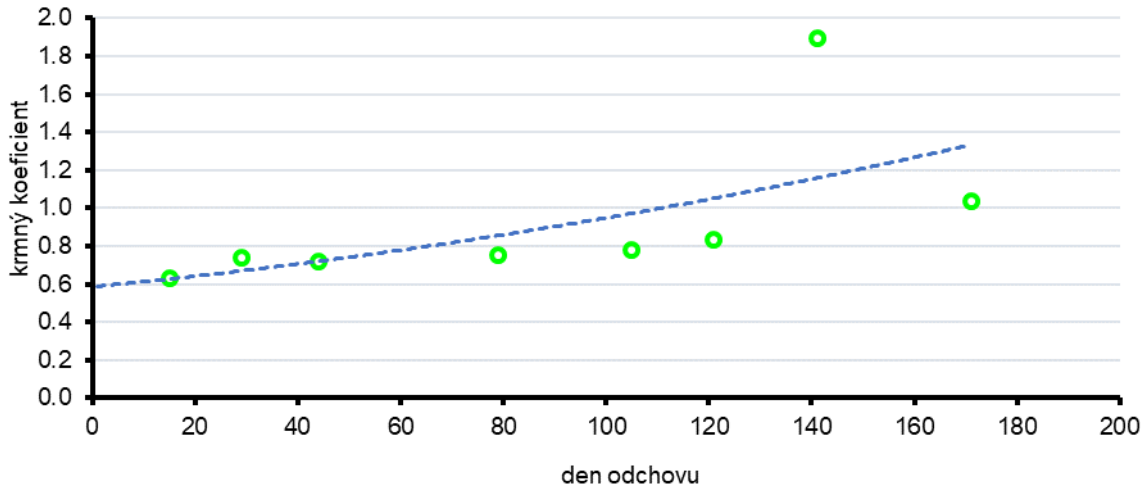
Graf 23. Průběh standartní délky těla ryb (SL; mm) u keříčkovce červenolemého odchovávaného pomocí krmiva Skretting (Presta a Meerval) v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu.

Graf 24 znázorňuje průběh specifické rychlosti růstu (SGR, %/den) odchovávaných keříčkovců červenolemých během třetího experimentálního odchovu s krmivem Skretting. V prvních týdnech experimentálního odchovu SGR dosahovala až 10,14 %/den. Na konci třetího experimentálního odchovu (po 170 dnech odchovu) ryby dosahovaly SGR = 0,58 %/den.



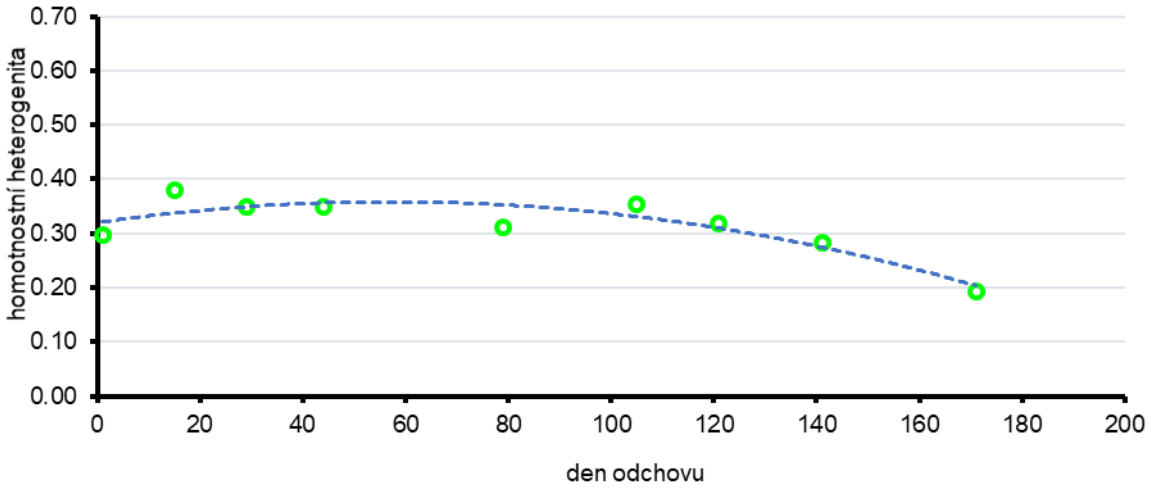
Graf 24. Vývoj specifické rychlosti růstu ryb (SGR; %/den) u keříčkovce červenolemého odchovávaného pomocí krmiva Skretting (Presta a Meerval) v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu.

Graf 25 znázorňuje vývoj koeficientu konverze krmiva (FCR) odchovávaných keříčkovců červenolemých během třetího experimentálního odchovu s krmivem Skretting. Během celého třetího odchovu (celkem 170 dní) FCR dosahovalo v průměru 0,95 ± 0,41.



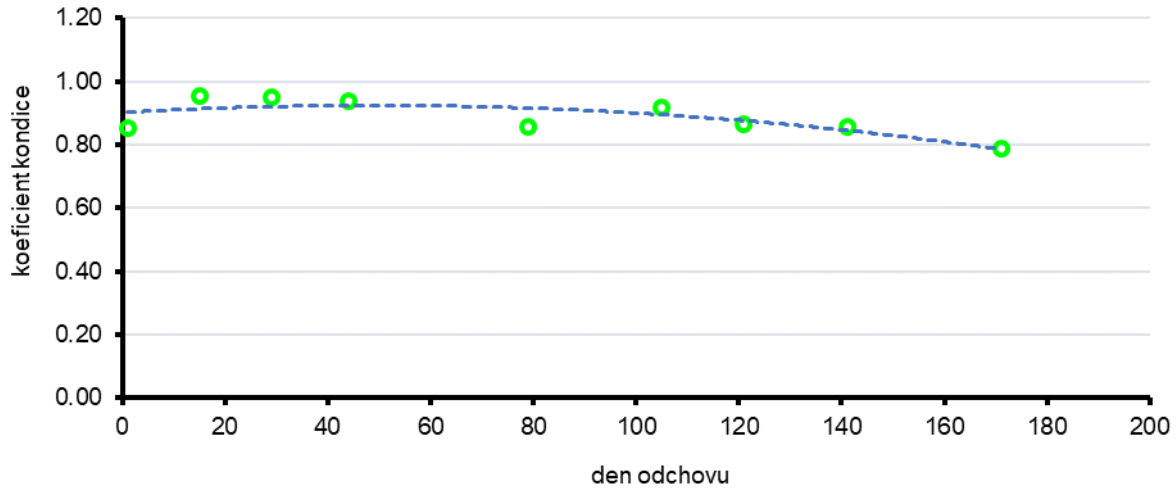
Graf 25. Průběh koeficientu konverze krmiva (FCR) u keříčkovce červenolemého odchovávaného pomocí krmiva Skretting (Presta a Meerval) v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu.

Graf 26 znázorňuje vývoj hmotnostní heterogenity (SH) odchovávaných keříčkovců červenolemých během třetího experimentálního odchovu s krmivem Skretting. Během třetího experimentálního odchovu (celkem 170 dní) SH dosahovala v průměru 0,32 ± 0,05.



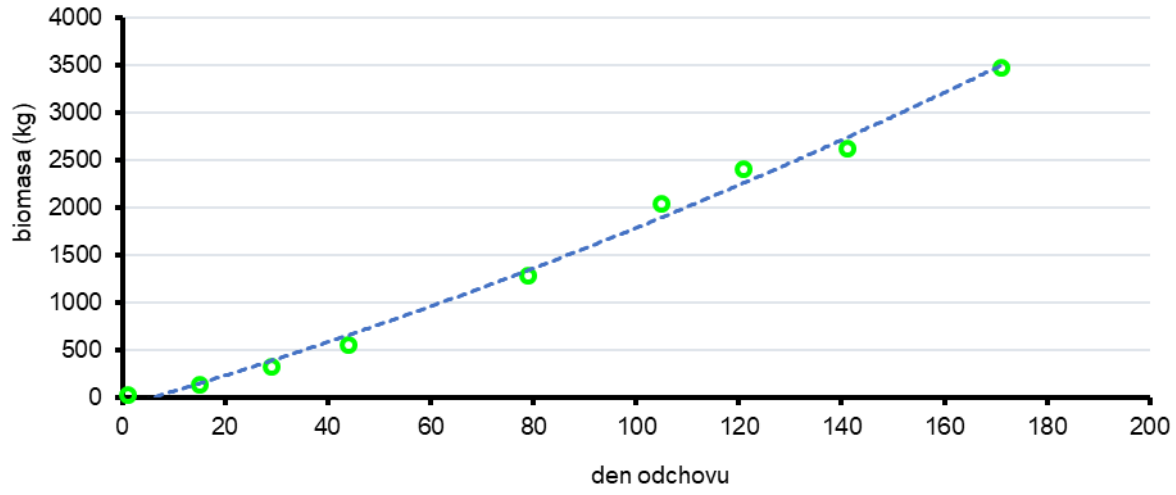
Graf 26. Průběh hmotnostní heterogeneity (SH) u keříčkovce červenolemého odchovávaného pomocí krmiva Skretting (Presta a Meerval) v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu.

Graf 27 znázorňuje vývoj koeficientu kondice (K) odchovávaných keříčkovců červenolemých během třetího experimentálního odchovu s krmivem Skretting. Během třetího experimentálního odchovu (celkem 170 dní) bylo dosaženo průměrného koeficientu kondice 0,89 ± 0,05.



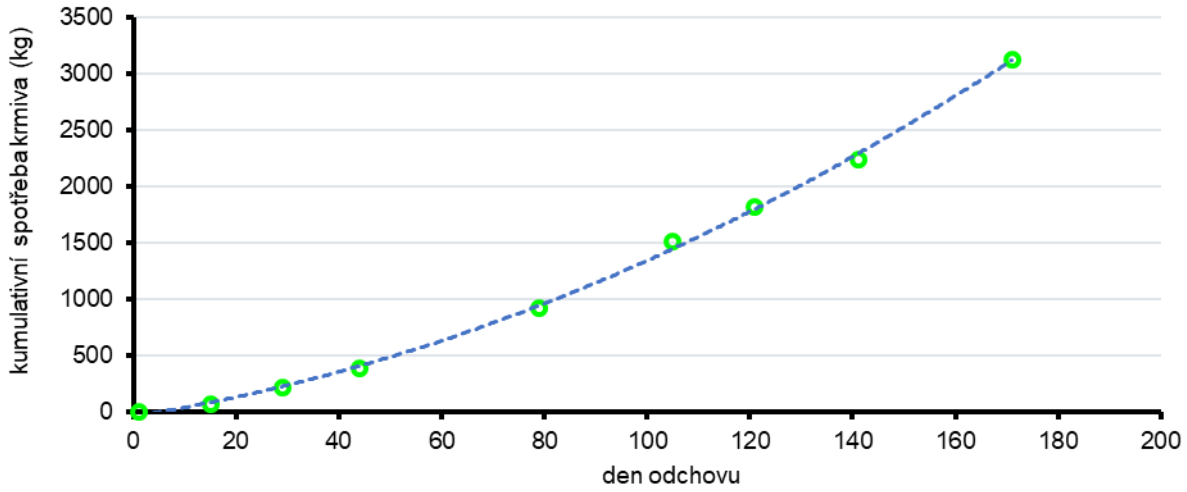
Graf 27. Průběh koeficientu kondice (K) u keříčkovce červenolemého odchovávaného pomocí krmiva Skretting (Presta a Meerval) v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu.

Graf 28 znázorňuje vývoj celkové biomasy (B, kg) odchovávaných keříčkovců červenolemých během třetího experimentálního odchovu s krmivem Skretting. Při dosažení tržní velikosti ryb (po 170 dnech odchovu) dosahovala biomasa 3480 kg.



Graf 28. Vývoj celkové biomasy (B, kg) u keříčkovce červenolemého odchovávaného pomocí krmiva Skretting (Presta a Meerval) v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu.

Graf 29 znázorňuje vývoj spotřeby krmiva (kg) během třetího experimentálního odchovu s krmivem Skretting. Na konci třetího experimentálního odchovu (do dosažení tržní velikosti ryb 700–1000 g po 170 dnech odchovu) bylo spotřebováno celkem 3119 kg krmiva. Na konci celého odchovu do 190. dne, kdy ryby dosahovaly průměrné kusové hmotnosti 1250 g (velikost vhodná pro usnadnění filetování / zpracování ryb), ryby spotřebovaly celkem 3825 kg krmiva.

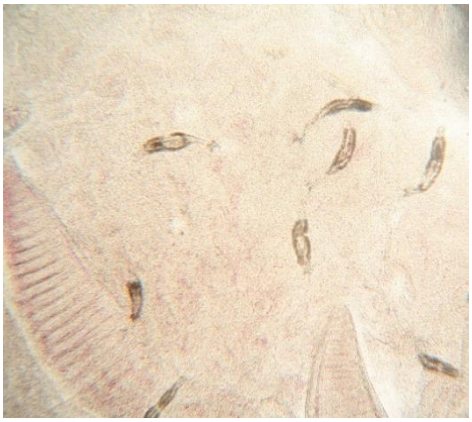


Graf 29. Vývoj spotřeby krmiva (kg) u keříčkovce červenolemého odchovávaného pomocí krmiva Skretting (Presta a Meerval) v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu.

Odhadovaná celková mortalita (M, ks) keříčkovců červenolemých během třetího experimentálního odchovu s krmivem Skretting byla 780 ryb (tzn. úhyn 4 ryb/ každý den odchovu) na konci celého odchovu (po 190 dnech).

4.3.2 Veterinární vyšetření ryb

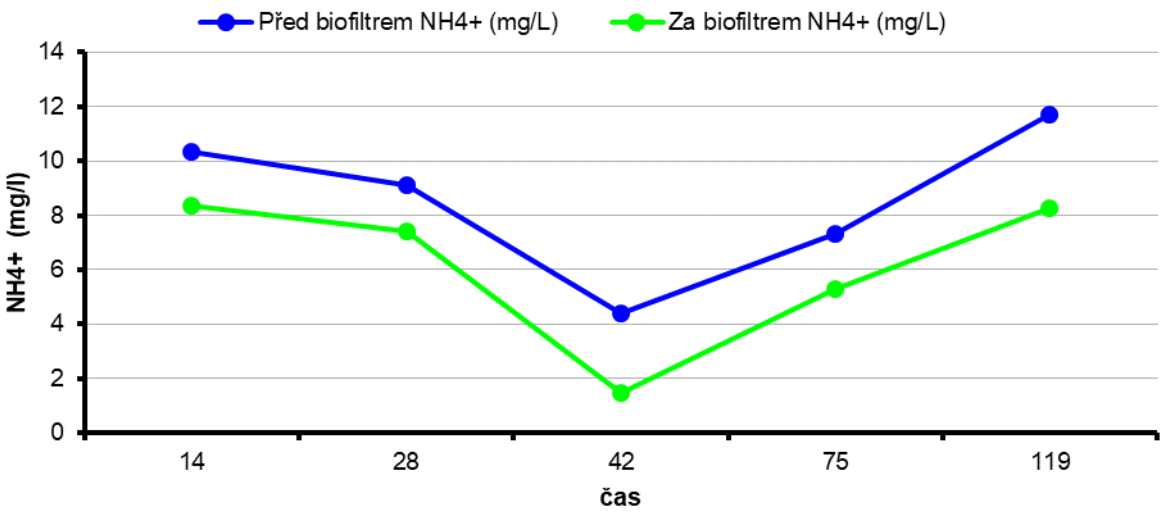
Vyšetření probíhalo v měsíčních intervalech a vyšetřeno bylo vždy 6 kusů ryb z chovu pro monitoring zdravotního stavu. Ryby byly po usmrcení zváženy a makroskopicky i mikroskopicky vyšetřeny. Makroskopické vyšetření bylo prováděno ohledáním vnějšího povrchu a následně po otevření dutiny tělní i vnitřního prostředí se všemi orgánovými soustavami. Mikroskopicky byl vyšetřen stěr z kůže a žaber pro posouzení parazitárního napadení. V případě infekčního nálezu byla chovateli doporučena adekvátní terapie. Makroskopickým vyšetřením byly v průběhu všech odběrů pozorovány u některých ryb odchylky v barvě jater naznačující steatózu (ztučnění). Tyto změny bývají časté u ryb krmených granulovanými krmivy nevyváženého složení pro daný druh. Mikroskopickým vyšetřením byl od počátečního odběru diagnostikován na žaberním aparátu vejcorodý parazit ze skupiny Monogenea (žábrohlísti), a to v intenzitě: ojediněle až +++ (viz ilustrační foto). Ryby v průběhu všech vyšetření vykazovaly dobrý výživný i zdravotní stav. Se vzrůstající hmotností rovněž ustupovala infekce žábrohlísty. Nejnáchylněji k této infekci se projevovaly ryby v hmotnostním rozmezí 100–200 g. Při rozvoji infekce byla doporučena terapie formou formalínových koupelí.



Vejcorodý parazit ze skupiny Monogenea (žábrohlísti) - ilustrační foto

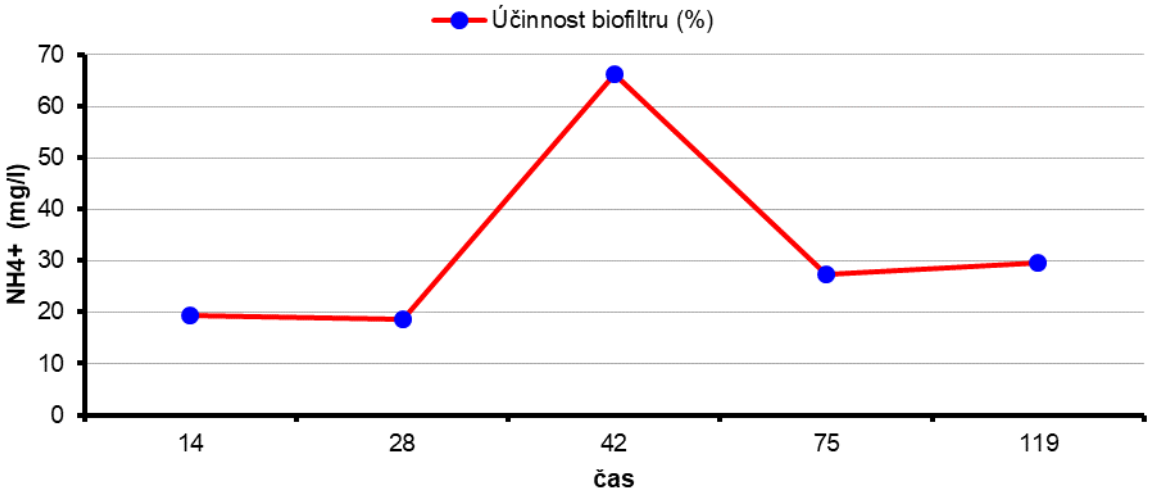
4.3.3 Funkce biofiltru

Pro hodnocení účinnosti biofiltru bylo realizováno celkem šest (14., 28., 42., 77., 119. a 182) celodenních sledování koncentrace amoniakálního dusíku na odtoku z odchovného systému a na odtoku z biofiltru (viz Graf 30).



Graf 30. Vývoj koncentrace amoniakálního dusíku (NH_4^+, mg/l) během třetího experimentálního odchovu keříčkovců červenolemých pomocí krmiva Skretting (Presta a Meerval)

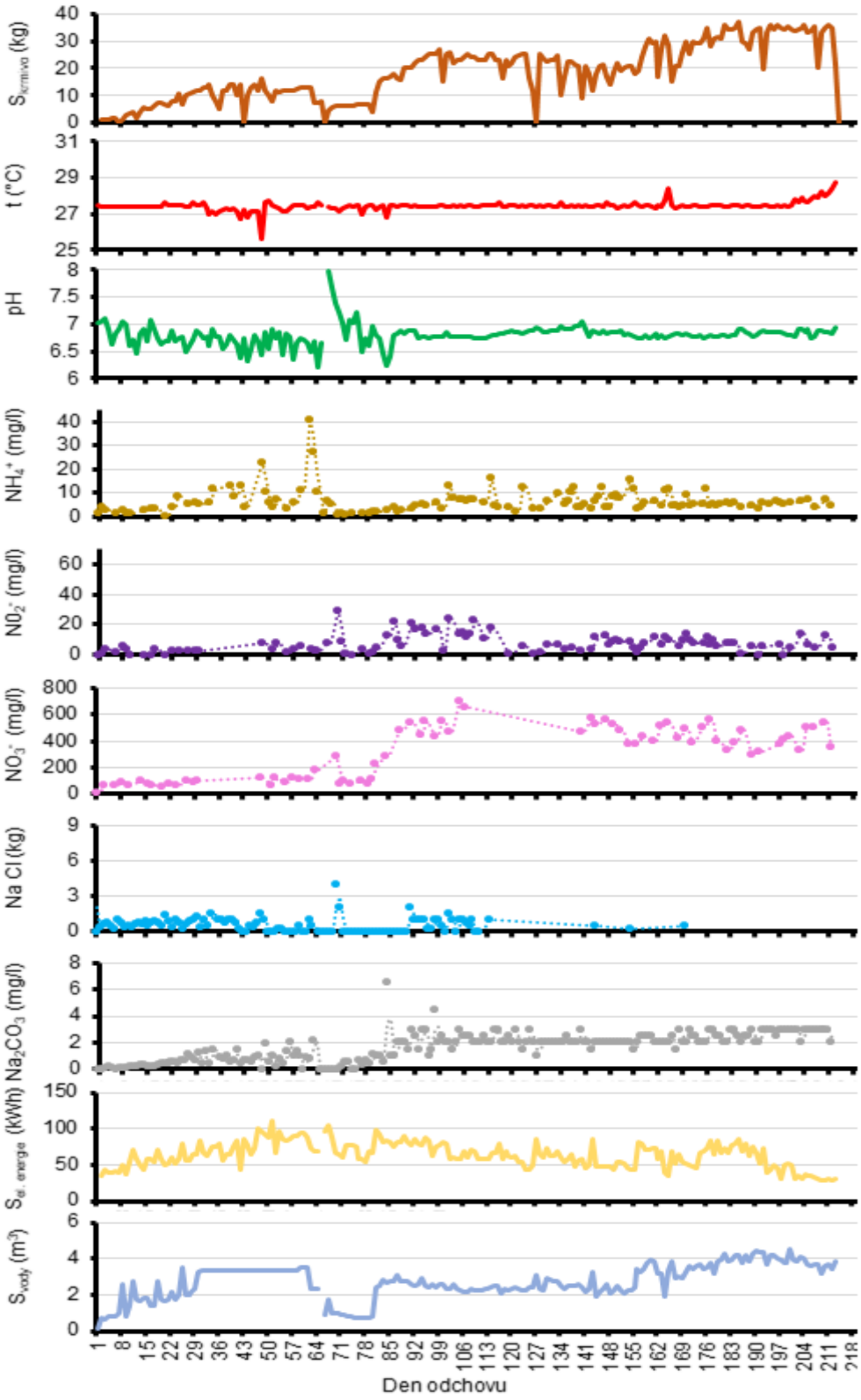
Účinnost biofiltru byla stanovena na základě známého množství NH_4^+ spotřebovaného v biologickém filtru. Koncentrace NH_4^+ byla uvažována jako 100 %. Účinnost biofiltru byla vypočítána podle následujícího vzorce: Účinnost biofiltru (%) = 100 – (NH_4^+ za biofiltrem 100 / NH_4^+ před biofiltrem). Během třetího experimentálního odchovu účinnost biofiltru dosahovala 19–66 % (NH_4^+ spotřebované biofiltrem), zatímco na konci odchovu (tzn. ve větším recirkulačním systému v kontejneru K1) pak pouhých 19 % (viz Graf 31).



Graf 31. Vývoj účinnosti biofiltru (%) během druhého experimentálního odchovu keříčkovců červenolemých odchovávaných pomocí krmiva Skretting (Presta a Meerval) v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu.

4.3.4 Fyzikálně-chemické parametry vody

Monitoring základních fyzikálně-chemických parametrů vody probíhal pomocí multimetru (teplota, pH, O_2) a spektrofotometru na denní bázi včetně dálkového sdílení dat. Graf 32 znázorňuje průběh aplikace krmiva, fyzikálně chemických parametrů vody, spotřeby soli, sody elektrické energie a vody při odchovu keříčkovce červenolemého v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu během třetího odchovu s využitím krmiva Skretting.



Graf 32. Aplikace krmiva, průběh fyzikálně chemických parametrů, spotřeby soli, sody elektrické energie a vody při odchovu keříčkovce červenolemého v recirkulačním systému farmy kontejnerového typu během třetího odchovu (použití krmiva Skretting Presta a Meerval).

4.3.5 Výtěžnost ukazatele a finální kvalita produktu

Na závěr experimentálního odchovu (170. den) byla vyhodnocena kvalita finálního produktu včetně výtěžnosti masa, textury, chemického složení a profilu mastných kyselin. Při zpracování ryb bylo zjištěno, že podíl trupu po evisceraci (keříčkovec kuchaný) byl 93,88 ± 1,66 % hmotnosti živé ryby (100 %). Podíl filet s kůží činil 47,43 ± 2,54 % hmotnosti živé ryby. Podíl filet bez kůže byl 33,52 ± 2,34 % živé hmotnosti ryby. Somatické indexy byly stanoveny z jako procentuální podíl hmotnosti jednotlivých orgánů na hmotnosti živé ryby (počítána jako 100 %). Gonadosomatický index činil 1,47 ± 1,41 % živé ryby (tzn. některé ryby neměly vyvinuty gonády). Hepatosomatický index byl 0,71 ± 0,28 % hmotnosti živé ryby. Splenosomatický index byl 0,05 ± 0,01 % hmotnosti živé ryby. Viscerosomatický index (podíl všech orgánů na hmotnosti živé ryby) činil 6,12 ± 1,66 % hmotnosti živé ryby. A index periviscerálního (meziorgánového) tuku byl 1,01 ± 0,76 % hmotnosti živé ryby.

Tabulka 12. Výsledky výtěžnostních ukazatelů (průměr ± SD) ze třetího experimentálního odchovu.

Výsledky výtěžnosti ryb:	Vzorec výpočtu indexu:	Průměr (%)	SD
keříčkovec kuchaný	$PT_{evi} = (100*W_{evi}) / W_t$	93,88	1,66
podíl filet s kůží	$PF_{sků} = (100*W_{sků}) / W_t$	47,43	2,54
podíl filet bez kůže	$PF_{bez} = (100*W_{bez}) / W_t$	33,52	2,34
gonadosomatický index	$GSI = (100*W_{gon}) / W_t$	1,47	1,41
hepatosomatický index	$HSI = (100*W_{jat}) / W_t$	0,71	0,28
splenosomatický index	$SpSI = (100*W_{sle}) / W_t$	0,05	0,01
viscerosomatický index	$VSI = (100*W_{zaž}) / W_t$	6,12	1,66
index periviscerálního (meziorgánového) tuku	$PvSI = (100*W_{tuk}) / W_t$	1,01	0,76

4.3.6 Vyhodnocení produkce ryb, spotřeby krmiv, energií, přítokové vody a dalších nákladových položek

Tabulky 13–17 shrnují údaje o produkci ryb, spotřeby krmiv, energií, přítokové vody a dalších nákladových položek zaznamenaných při třetím odchovu keříčkovce červenolemého v kontejnerové farmě s využitím krmiva Skretting.

Tabulka 13. Sumarizace třetího odchovu keříčkovce červenolemého v kontejnerové farmě s využitím krmiva Skretting (Presta a Meerval).

	den chovu	kusů ryb	hmotnost celkem (kg)	hmotnost prům./1 ks (g)
START	0	4247	31	7,3
Tržní velikost 700–1000 g	170	3598	3480	1114
Velikost pro filetování	190	3467	4334	1250,1

Tabulka 14. Sumarizace spotřeby jednotlivých šarží krmiva během třetího odchovu keříčkovce červenolemého v kontejnerové farmě s využitím krmiva Skretting (Presta a Meerval).

KRMIVO CELKEM			cena krmiva (bez DPH)
Skretting 1.0 Mp Presta	20	kg	1 460
Skretting ME-2 Meerval TOP	71	kg	2 613
Skretting ME-3 Meerval TOP	520	kg	17 992
Skretting ME-4.5 Meerval 44-14	3314	kg	114 002
krmivo celkem	3925	kg	136 066
hm. ryb	4334	kg	
krmný koeficient celkový	0,91		

* náklady jsou počítány včetně odchovu po ukončení sledovaného období. tj do okamžiku výlovu a odvezení ryb na zpracovnu

Tabulka 15. Sumarizace spotřeby elktřiny pro jednotlivé součást farmy během třetího odchovu keříčkovce červenolemého s využitím krmiva Skretting (Presta a Meerval).

ELEKTŘINA	spotřeba		% podíl
spotřeba kotel celkem	7230	kWh	54%
denní spotř. zař. v provozu	6182	kWh	46%
ostatní provoz (kancelář a jiná spotřeba)	0	kWh	0%
celková spotřeba	13412	kWh	100%

* náklady jsou počítány včetně odchovu po ukončení sledovaného období. tj do okamžiku výlovu a odvezení ryb na zpracovnu

Tabulka 16. Sumarizace jednotlivých nákladových položek během třetího odchovu keříčkovce červenolemého v kontejnerové farmě s využitím krmiva Skretting (Presta a Meerval).

SPOTŘEBA CELKEM						
	počet	jednotka	cena jednotky (bez DPH)		celkem (bez DPH)	% podíl
násada plůdek	4200	ks	3,6	Kč/ks	15 120 Kč	5%
krmivo	3925	kg		Kč/kg vč. DPH	136 066 Kč	43%
sůl	64,2	kg	10	Kč/kg	642 Kč	0%
uhličitan sodný	348	kg	22	Kč/kg	7 656 Kč	2%
vodné a stočné	573,8	m^3	77,6	Kč/m^3	44 527 Kč	14%
elektřina	13,41	MWh	1440	Kč/MWh	19 310 Kč	6%
1 člověk – obsluha (2 hod/den)	396	hodin	191	Kč/hod	75 636 Kč	24%
pronájem pozemku 1 kontejner	198	dnů	79	Kč/den	15 642 Kč	5%
spotřeba celkem					314 600 Kč	100%
			celková hm.ryb (kg)	4334	73 Kč	/ 1 kg živé váhy

* náklady jsou počítány včetně odchovu po ukončení sledovaného období. tj do okamžiku výlovu a odvezení ryb na zpracovnu

Tabulka 17. Průměrná denní spotřeba během třetího odchovu keříčkovce červenolemého v kontejnerové farmě s využitím krmiva Skretting (Presta a Meerval).

	DENNÍ SPOTŘEBA PROVOZU		
	prům. spotřeba/den	jednotka	prům. spotřeba/den (bez DPH)
krmivo	19,8	kg	687 Kč
sůl	0,3	kg	2 Kč
uhličitan sodný	1,8	kg	40 Kč
vodné a stočné	3,0	m^3	233 Kč
elektřina		MWh	144 Kč
1 člověk – obsluha (2hod/den)	2,0	hodin	382 Kč
pronájem pozemku 1 kontejner	1,0	dnů	79 Kč
	náklady na 1 den		1567 Kč

* náklady jsou počítány včetně odchovu po ukončení sledovaného období. tj do okamžiku výlovu a odvezení ryb na zpracovnu

4.4 Porovnání výsledků senzorických analýz a textury masa

4.4.1 Výsledky analýz textury

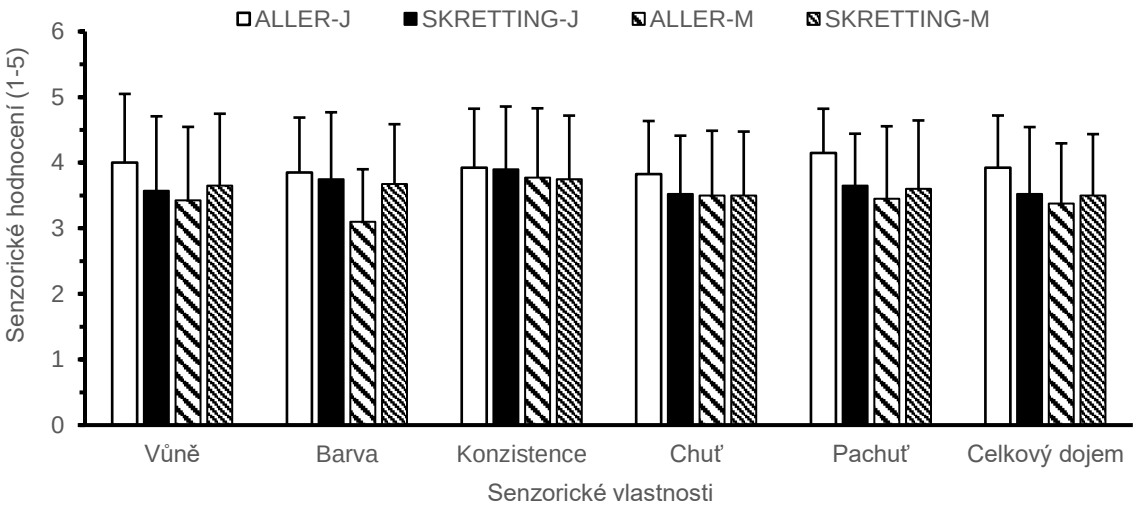
Instrumentální analýza textury masa keříčkovce červenolemého neprokázala signifikantní rozdíly ($P > 0,05$) texturních vlastností filet. Tuhost, přilnavost, odolnost, soudržnost, elasticita a žvýkavost se statisticky průkazně nelišily ($P > 0,05$) mezi testovanými skupinami ryb z druhého a třetího odchovu, a to ani s ohledem na pohlaví ryb (jikernačka *vs.* mlíčák) (viz Tab. 18).

Tabulka 18. Změny v texturních vlastnostech masa keříčkovce červenolemého v závislosti na pohlaví (jikernačka *vs.* mlíčák; J *vs.* M) a typu aplikovaného krmiva (Aller Aqua *vs.* Skretting).

Texture parameters	Typ krmiva a pohlaví ryb				Statistika
	ALLER-J	ALLER-M	SKRETTING-J	SKRETTING-M	
Hardness (g)	578,04	530,56	607,7	461,88	$P > 0,05$
Adhesivness (g.sec)	-5,13	-3,62	-4,79	-3,46	$P > 0,05$
Resilience (%)	28,04	25,44	26,98	25,72	$P > 0,05$
Cohesion	0,59	0,59	0,59	0,60	$P > 0,05$
Springness (%)	83,33	83,74	82,05	80,01	$P > 0,05$
Chewiness	275,26	246,18	286,79	217,53	$P > 0,05$

4.4.2 Výsledky senzorických analýz

Senzorické analýzy neprokázaly statistický rozdíl ($P > 0,05$) mezi testovanými skupinami ryb z druhého a třetího odchovu. Jednotlivé senzorické vlastnosti (vůně, barva, konzistence, chuť, pachuť, celkový dojem) se nelišily ($P > 0,05$) mezi skupinami (krmivy), ani s ohledem na pohlaví ryb (jikernačka *vs.* mlíčák) (viz Graf 33).



Graf 33. Hodnocení vybraných senzorických vlastností vařeného masa keříčkovce červenolemého v závislosti na použitém krmivu (Aller Aqua × Skretting) a pohlaví (jikernačka, J × mlíčák, M).

4.4.3 Výsledky analýz spektra mastných kyselin

V rámci statistického porovnání profilu mastných kyselin nebyl shledán vliv pohlaví jako podstatný faktor. Rozdíly byly nalezeny především v závislosti na použitém krmivu. Dominantní mastnou kyselinou byla v rámci obou krmiv kyselina olejová (C18:1n-9) jejíž relativní obsah byl ve skupině krmené krmivem AllerAqua výrazně vyšší. Kyselina palmitová (C16: 0) a kyselina linolová (C18:2n-6) a) byly také přítomny ve vysokém zastoupení. Celkové množství nasycených mastných kyselin (SFA) bylo významně vyšší ve skupině krmené krmivem Skretting. Celková hladina mononenasycených mastných kyselin (MUFA) byla výrazně vyšší u sumečků krmených krmivem Aller Aqua. Nebyl nalezen žádný rozdíl v množství polynenasycených mastných kyselin (PUFA) mezi skupinami. Z pohledu lidského zdraví významná kyselina dokosahexaenová (DHA, C22:6n) byla zastoupena ve vyšším podílu u sumečků krmených krmivem Skretting. Stejně tak maso sumečků krmených krmivem Skretting vykazovalo vyšší podíl kyselin řady omega 3. Další detaily profilu mastných kyselin jsou uvedeny v Tabulce 19.

Tabulka 19. spektrum mastných kyselin v masa keříčkovce červenolemého v závislosti na pohlaví (jikernačka *vs.* mlíčák) a typu aplikovaného krmiva (Aller Aqua vs. Skretting).

	AllerAqua		Skretting	
FA [%]	jikernačky	mlíčáci	jikernačky	mlíčáci
C12:0	0.09±0.01b	0.10±0.02b	0.44±0.03a	0.43±0.04
C14:0	0.93±0.05b	0.95±0.06b	3.20±0.05a	3.33±0.12a
C14:1	0.02±0.00b	0.02±0.00b	0.10±0.00a	0.09±0.01a
C16:0	15.46±1.14a	15.20±1.19a	24.83±0.40b	24.50±0.50b
C16:1	1.65±0.12b	1.57±0.17b	5.70±0.17a	5.65±0.15a
C18:0	5.16±1.01b	4.58±0.30b	7.03±0.37a	6.94±0.42a
C18:1n-9	45.13±0.59a	43.18±1.55a	25.87±0.44b	24.61±0.63b
C18:1n-7	2.88±0.16b	3.04±0.12a	2.93±0.08a	3.08±0.13a
C18:2n-6	17.72±1.14b	19.54±2.62a	14.40±0.52c	14.75±0.66c
C18:3n-3	4.55±0.36a	4.50±0.33a	1.73±0.07b	1.72±0.09b
C20:0	0.35±0.01a	0.34±0.02a	0.30±0.01b	0.29±0.02b
C20:1n-9	0.16±0.01b	0.40±0.61a	0.38±0.02a	0.35±0.01a
C20:2n-6	0.54±0.04a	0.47±0.03a	0.43±0.02b	0.38±0.02b
C20:4n-6	0.18±0.01a	0.16±0.01a	0.09±0.00b	0.09±0.00b
C20:3n-3	0.50±0.09b	0.54±0.07b	0.76±0.04a	0.86±0.04a
C20:5n-3	0.76±0.05b	0.92±0.10b	4.42±0.13a	4.91±0.36a
C22:0	0.17±0.01a	0.17±0.01a	0.12±0.00b	0.12±0.01b
C22:1	0.26±0.02b	0.24±0.06b	0.35±0.01a	0.40±0.03a
C22:5n-3	0.48±0.04b	0.52±0.02b	1.45±0.04a	1.48±0.13a
C22:6n-3	2.76±0.37b	3.35±0.35b	5.24±0.28a	5.78±0.27a
C24:0	0.07±0.01	0.07±0.01	0.06±0.00	0.06±0.01
C24:1	0.16±0.01	0.16±0.01	0.17±0.01	0.17±0.01
SFA	22.24±2.01b	21.4±1.32b	35.97±0.59a	35.68±0.58a
MUFA	50.27±0.60a	48.6±1.69a	35.50±0.43b	34.36±0.53b
PUFA	27.49±1.75	30.00±2.64	28.52±0.62	29.96±0.76
n-3	9.06±0.65b	9.83±0.33b	13.60±0.27a	14.75±0.60a
n-6	18.44±1.16a	20.16±2.61a	14.92±0.50b	15.22±0.66b
n-3/n-6	0.49±0.02b	0.49±0.05b	0.91±0.03a	0.97±0.06a
n-3 HUFA	4.50±0.53b	5.33±0.43b	11.87±0.27a	13.03±0.62a
EPA+DHA	3.52±0.42b	4.28±0.34b	9.67±0.24a	10.69±0.51a

5 Závěr

Produkce většího množství potravin ze stejné zastavěné plochy při současném snížení dopadu na životní prostředí vyžaduje tzv. udržitelnou intenzifikaci. S ohledem na všechny současně v akvakultuře používané produkční systémy nabízí RAS možnost dosažení vysoké produkce, zachování optimálního stavu prostředí a minimální ekologické zátěže. Nicméně klasické RAS systémy vyžadují mít vyřešen pravidelný odbyt poměrně velkého množství ryb. Prezentovaný projekt ověřoval možnost produkce keříčkovce červenolemého v kompaktním snadno škálovatelném systému založeném na konstrukci námořního kontejneru (snadná dostupnost, jednoduchá přemístitelnost). Studie ukazuje, že chov keříčkovce červenolemého v kontejnerové farmě je proveditelným způsobem intenzivního chovu ryb blízko oblastí spotřeby (urban farming).

Dalším cílem této studie bylo zhodnotit produkční účinnost vybraných druhů krmiv v podmínkách kontejnerové farmy, včetně efektu na kvalitu finálního produktu a dle jednotlivých ukazatelů doporučit vybraná krmiva pro intenzivní odchov keříčkovce červenolemého. Tato aktivita měla povahu třech po sobě jdoucích provozních ověření. Porovnání jednotlivých odchovů mezi sebou je pochopitelně zatíženo některými faktory, jako je nestejná biomasa (resp. počáteční množství ryb), rozdílná účinnost biofiltru v různém období a některé další technologické zásahy, které byly v rámci projektu provedeny s cílem celkově vyladit technologii kontejnerové farmy. Z výše uvedených skutečností tedy vyplývá, že porovnání jednotlivých krmiv nelze brát jako klasický krmný test v kontrolovaném (stejném) prostředí. Nicméně i tak tyto výsledky provozní povahy přinášejí pro praxi využitelná data, především pro odhady produkce keříčkovce červenolemého v prezentované farmě.

Dále lze konstatovat, že ze získaných výsledků nelze určit jednoznačný trend. V rámci prvního odchovu bylo dosaženo výrazně lepších výsledků s krmivem Aller Aqua. Druhý odchov založený na kombinaci krmiv Aller Aqua a Skretting byl co do rychlosti růstu a nárůstu biomasy nejhorší. V rámci posledního odchovu s krmivem Skretting bylo dosaženo lepších výsledků než v druhém odchovu, ale horších než v prvním odchovu.

Žádné signifikantní rozdíly nebyly shledány mezi použitými krmivy v rámci texturních a senzorických vlastností. Kvalita finálního produktu (filet) z pohledu profilu mastných kyselin dle očekávání reflektovala složení použitého krmiva.

Prezentovanou farmu jako celek lze označit za vysoce intenzivní, a to především z pohledu zastavěné plochy. Holandské super intenzivní recirkulační farmy na keříčkovce červenolemého potřebují pro produkci 100 t ryb ročně cca 386 m^2. Tyto farmy však operují s výrazně hlubšími nádržemi. V případě prezentovaného systému je potřeba pro produkci 100 tun/rok cca 466 m^2 zastavěné plochy, za předpokladu, že tržní hmotnost je 700 g. Při tržní velikosti 1000 g je potřeba zastavěné plochy na produkci 100 tun/rok cca 405 m^2. Kalkulace jsou provedeny na základě průměru ze třech odchovů. Pro srovnání, pro produkci 100 tun/rok úhoře říčního je potřeba cca 1480 m^2 a v případě kambaly obecné je to až 3330 m^2.

Pozitivem prezentovaného systému je i to, že navržená technologie pro čištění vody umožnila udržení fyzikálně chemických parametrů v akceptovatelných hodnotách pro odchov keříčkovce červenolemého.

Následné projekty by měly být cíleny na snižování energetických požadavků a případně integraci s dalšími organismy (akvaponie, vermikomposty). Stále existuje prostor pro vývoj recirkulačních systémů směrem ke snižování množství recirkulované vody, čímž by mohly být

sníženy energetické nároky a náklady. Kromě toho výzkum opětovného využití kalu, jako hnojiva, substrátu pro vermikompostování nebo pro výrobu bioplynu pomůže dále zlepšit udržitelnost celého systému.

Přílohy:

Fotodokumentace – kontejnerová farma a kontrolní odlov ryb uvnitř kontejneru:

Obr. 7. Investičně úsporný chovný systém modulární konstrukce – kontejnerová farma (zleva kontejner K2, uprostřed kontejner K1 a technické zázemí farmy vpravo).

Obr. 8. Realizace pravidelného kontrolního měření 100 ryb v kontejneru K2.

Obr. 9. Anestezie ryb před vlastním měřením hmotnosti a délky těla ryb v kontejneru K2.

Obr. 10. Vážení (postupně) celkové biomasy ryb v kontejneru K2.

Obr. 11. Odchovná nádrž v kontejneru K1.

Obr. 12. Realizace kontrolního odlovu 100 ryb v kontejneru K1.

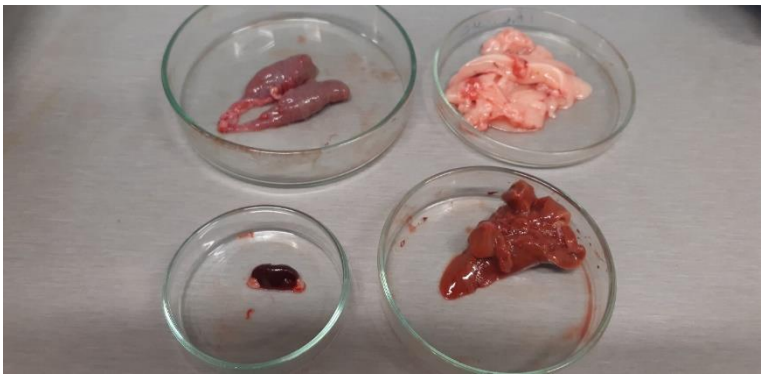
Obr. 13. Anestezie keříčkovce červenolemého před biometrikou v kontejneru K1.

Obr. 14. Vážení individuální hmotnosti keříčkovce červenolemého.

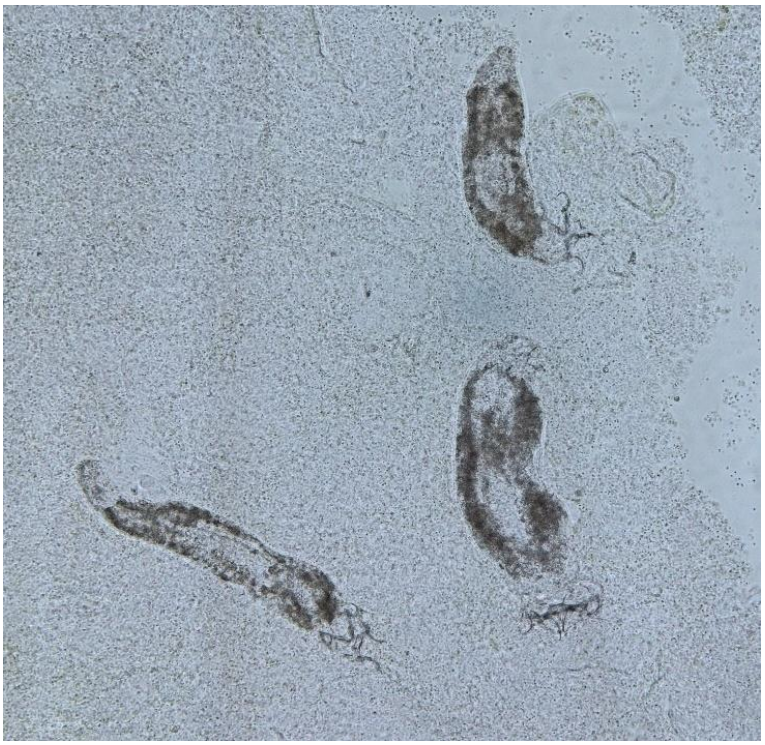
Fotodokumentace – veterinární vyšetření:

Obr. 15. Vzorek 10ti ryb pro veterinární vyšetření zdravotního a fyziologického stavu.

Obr. 16. Odběr tkání experimentálních ryb na analýzy zdravotního a fyziologického stavu.



Obr. 17. Detailní foto odebraných tkání (slezina, játra, gonády, tuk) experimentálních ryb na analýzy zdravotního a fyziologického stavu.



Obr. 18. Mikroskopické vyšetření v nativním preparátu stěru z žaber – žábrohlísti v intenzitě ++ (x20).

Fotodokumentace – zpracování a výtěžnost ryb:

Obr. 19. Realizace zpracování a výtěžnosti ryb (filetování a odběr tkání ryb).

Obr. 20. Foto opracovaného trupu keříčkovce červenolemého.

Obr. 21. Detailní záběr filetování opracovaného trupu keříčkovce červenolemého.

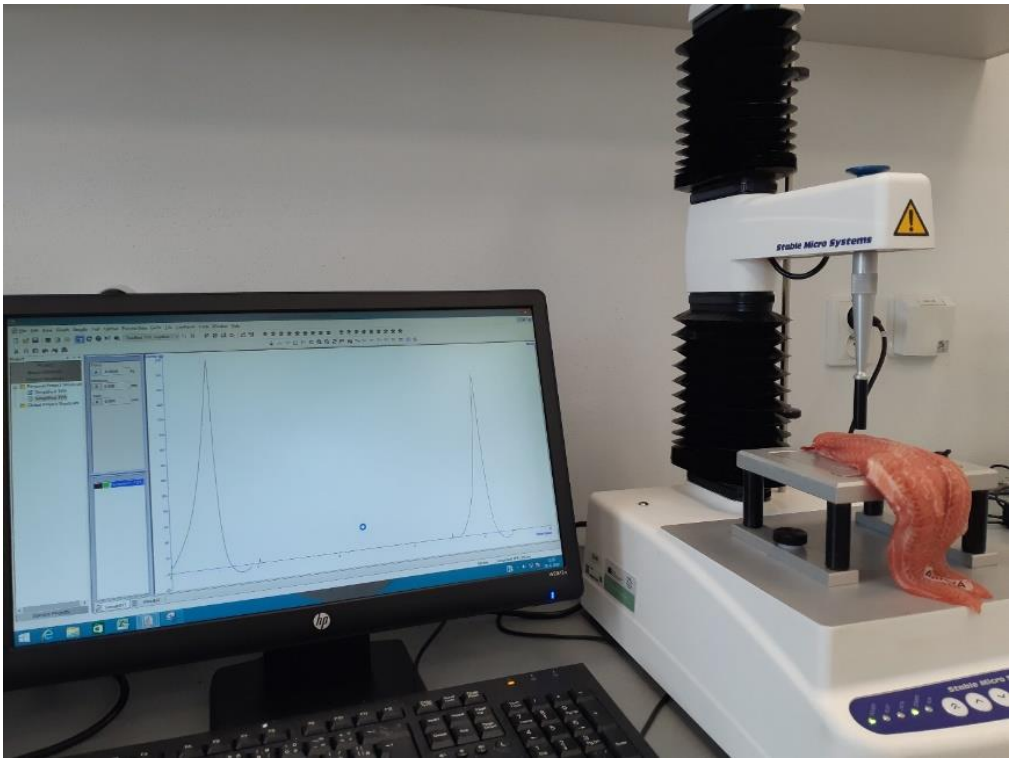
Obr. 22. Foto výsledného levého (nahoře) a pravého filetu (dole) bez kůže.

Obr. 23. Foto zavakuovaných filet (vzorků pro následné analýzy).

Fotodokumentace – analýzy textury masa:

Obr. 24. Texturometr (TA-XT Plus, Stable Micro Systems, UK).

Obr. 25. Filet s vyznačenými body (dorsálně-kraniální, mediální a kaudální část) proměřovanými texturometrem.



Obr. 26. Software texturometru vykreslující dvě po sobě následující deformační křivky z proměřování dorzálně-kraniální části vzorku (pravý filet).

Fotodokumentace – senzorické analýzy:

Obr. 27. Příprava vzorků (5 kostiček vzorků filet/skleničku) pro vaření a následné senzorické hodnocení.

Obr. 28. Vlastní senzorické hodnocení vzorků 10ti posuzovateli – hodnotitelé byli odděleni od sebe pomocí zástěn, v nichž byly umístěny vzorky, formulář a další předměty potřebné pro senzorické hodnocení.