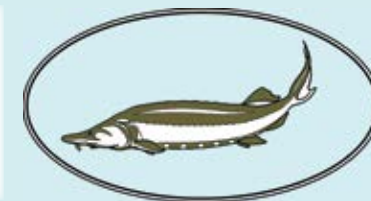
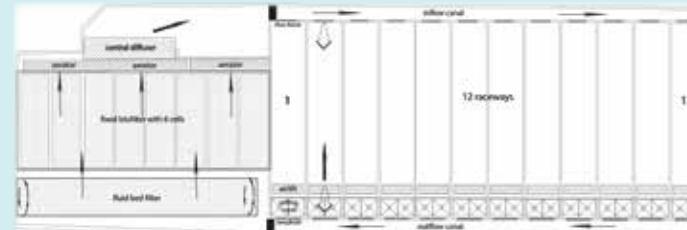
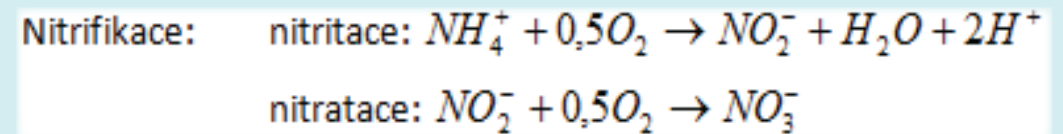




Ověřená technologie ovlivnění záběhu biologického filtru v intenzivním recirkulačním zařízení dánského typu pro chov ryb



cover design by Štěpán Lang

Mendelova univerzita v Brně

Ověřená technologie

TECHNOLOGIE R12/2015

**Ověřená technologie ovlivnění záběhu biologického filtru
v intenzivním recirkulačním zařízení dánského typu pro chov ryb**

Ing. Štěpán Lang, doc. Ing. Radovan Kopp, Ph.D., prof. Dr. Ing. Jan Mareš

Brno

2015

Ověřená technologie je realizačním výstupem výzkumného projektu MZe ČR QJ1210013 „Technologie chovu sladkovodních ryb s využitím recirkulačních systémů dánského typu se zaměřením na metody efektivního řízení prostředí a veterinární péče“ Národní agentury pro zemědělský výzkum.

Adresa autorského kolektivu:

Ing. Štěpán Lang, doc. Ing. Radovan Kopp, Ph.D., prof. Dr. Ing. Jan Mareš

Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství, Oddělení rybářství a hydrobiologie, Zemědělská 1, 613 00 Brno.

www.rybarstvi.eu

Mendelova univerzita v Brně

ISBN 978-80-7509-380-6

Obsah

1	Cíl technologie	4
2	Popis technologie	4
3	Oblast výzkumu	4
4	Popis technologie	4
5	Charakteristika systému	5
6	Záběh biofiltru	6
7	Fyzikálně chemické parametry vody ovlivňující záběh biofiltru	6
7.1	Teplota vody	7
7.2	Obsah rozpuštěného kyslíku	8
7.3	Reakce vody - pH	8
7.4	Amoniakální dusík (N-NH ₄)	9
7.5	Dusitanový dusík (N-NO ₂)	10
8	Inokulum	10
8.1	Testování inokulantů	11
9	Testy ovlivnění záběhu biofiltru v recirkulaci dánského typu	11
10	Ovlivnění záběhu biofiltru	14
10.1	Úprava systému	14
10.2	Inokulace a „výživa“ bakterií	15
10.3	Analýzy během záběhu	16
11	Novost postupů	17
12	Ekonomické aspekty	17
13	Popis uplatnění technologie	18
14	Seznam použité literatury	19
15	Seznam předcházejících publikací:	21

1 Cíl technologie

Cílem technologie je vysvětlit chovatelům ryb v recirkulačních typech akvakulturních systémů a zavést do praxe technologii optimalizace záběhu biologického filtru pro zajištění jeho funkčnosti a udržení odpovídající kvality vody v RAS.

2 Popis technologie

Technologie přehledně popisuje možnosti zajištění co nejjednoduššího a nejrychlejšího záběhu biologického filtru ověřené v provozních podmínkách. Je určena uživatelům recirkulačních akvakulturních systémů pro zajištění optimálního životního prostředí a welfare ryb. Ověřená technologie navazuje na certifikovanou metodiku „Metodika záběhu biologického filtru v intenzivním recirkulačním zařízení dánského typu pro chov ryb“.

3 Oblast výzkumu

Místy testování technologie bylo experimentální zařízení pro chov ryb na Mendelově univerzitě v Brně a recirkulační zařízení dánského typu firmy Kinský Žďár, a.s. ve Žďáru nad Sázavou. Vlastní testování technologie optimalizace vybraných hydrochemických parametrů probíhalo v letech 2013 - 2015.

4 Popis technologie

Přirozeným procesem podílejícím se na odbourávání amonných iontů je nitrifikace. Podílí se rovněž na samočisticích schopnostech přírodních vod. Pro účely intenzivních chovů ryb je tento princip využíván k udržení odpovídající kvality vody. Proces odbourávání zplodin dusíkového metabolismu probíhá v biologických filtrech vybavených různými typy náplní vhodnými pro rozvoj nitrifikačních mikroorganismů.

Funkčnost každého biologického filtru je spojena s jeho „záběhem.“ Z důvodu prvotní absence nitrifikačních bakterií je nutné buď počkat, než se přirozeně se vyskytující nitrifikační bakterie samy namnoží, nebo je do systému dodat, případně podpořit jejich rozvoj odpovídající výživou.

Nitrifikační bakterie se v systému podílí na koloběhu dusíkatých látek, kdy ve dvoustupňovém procesu nitrifikace přeměňují amoniak přes dusitany až na dusičnany. Amoniak je základní zplodinou metabolismu dusíkatých látek u ryb (více než 90 %) a je pro ryby neurotoxický. Dusitany jsou pro ryby také toxické, ale jejich působení zahrnuje především vazbu na hemoglobin za vzniku methemoglobinu, který není schopen transportu kyslíku a oxidu uhličitého. Ekonomika chovu, resp. produkce ryb v RAS závisí na funkčnosti biofiltrů, tedy na rychlosti naběhnutí a udržení jejich funkce čištění vody zatížené produkcí ryb. V energeticky náročných recirkulačních systémech se náklady na provoz systému významně nemění v souvislosti s množstvím chovaných ryb, případně intenzitou krmení. I při nízké intenzitě chovu musí být zajištěn provoz celého systému. Vedle přímé podpory rozvoje oživení biofiltru mají na rozvoj žádoucích mikroorganismů rozhodující vliv základní fyzikální a chemické parametry použité vody. Jedná se o teplotu vody, obsah rozpuštěného kyslíku, hodnotu pH, salinitu, obsah amoniakálního a dusitanového dusíku. Pro rozvoj jakéhokoli druhu organismu je zapotřebí zajistit dostatečnou výživu a optimalizovat podmínky prostředí. To platí i pro organizmy biofiltru.

5 Charakteristika systému

Studenovodní systémy dánského typu postavené v České republice a obecně po celé Evropě jsou systémy využívající minimální rozdíly hladin. Podrobně je jejich konstrukce a funkce popsána v metodice VÍTEK a kol. (2011) „*Technická řešení a možnosti efektivní regulace průtokových poměrů v zařízeních pro intenzivní chov ryb dánského typu*“. (dostupná on-line na <http://www.rybarstvi.eu/prezentace.html>). Obecně jsou to systémy využívající vhánění velkého množství vzduchu do vody v různých místech systému za účelem zajištění její cirkulace, okysličení a odplynění. Další využití vzduchu v systémech je na pohánění plovacího filtru a odkalování filtrů ponořených. Filtry jsou naplněny plastovými elementy rozdílné specifické hmotnosti (plovoucí a ponořené), na kterých se rozvíjí bakteriální mikroflóra žádoucích chemoautotrofních bakterií a ne příliš žádoucích heterotrofních bakterií. Nicméně princip dále uvedeného postupu podpory záchytu biologického filtru je využitelný i pro další akvakulturní systémy, které biofiltry využívají, a to až už v systému recirkulačním nebo průtočném s následným čištěním vody.

6 Záběh biofiltru

Začne-li se do systému dostávat amoniak (amoniakální dusík), nitrifikační bakterie v něm přítomné se začnou množit, aby byly amonné ionty ze systému odstraněny. Nitrifikační bakterie jsou však bakterie poměrně pomalu rostoucí a rychlost záběhu biologického filtru je přímo závislá na množství životaschopných bakterií v dané chvíli v systému přítomných. Tohoto fenoménu je možno využít a urychlit záběh funkce (nitrifikace) biologického filtru pomocí inokulace vhodných bakterií do systému a zajištění co možná nejoptimálnějších fyzikálně chemických parametrů systému pro jejich intenzivní množení. Orientační průběh změn koncentrací jednotlivých forem dusíkatých látek v systému během záběhu biofiltru znázorňuje graf na obrázku 1 (Bregnballe, 2010, Kamstra a kol., 1996; Avnimelech a kol., 1986). Hodnoty na osách nejsou v grafu znázorněny záměrně, protože jejich výše a časový průběh změn jejich poměrů je závislý na biomase nitrifikačních bakterií v systému, intenzitě jejich „výživy“ amoniakem, dusitany a hlavně na teplotě vody. Průběh křivek, který je při přirozeném záběhu biofiltru poměrně plochý se využitím bioaugmentace a „výživou“ bakterií ve filtru zvyšuje.

7 Fyzikálně chemické parametry vody ovlivňující záběh biofiltru

Vlivy jednotlivých fyzikálně chemických parametrů podrobněji popisuje „Metodika záběhu biologického filtru v intenzivním recirkulačním zařízení dánského typu pro chov ryb.“ Tato technologie se zaměří hlavně na možnosti jejich ovlivnění a na to, čemu se při ovlivňování těchto parametrů vyvarovat. Optimální hodnoty vybraných fyzikálně-chemických parametrů nejvýznamněji ovlivňujících záběh biofiltru a hodnoty, kterých mohou nabývat, zobrazuje tabulka 1.

Tabulka 1. Optimální hodnoty vybraných fyzikálně chemických parametrů nejvýznamněji ovlivňujících zabíhání biologických filtrů

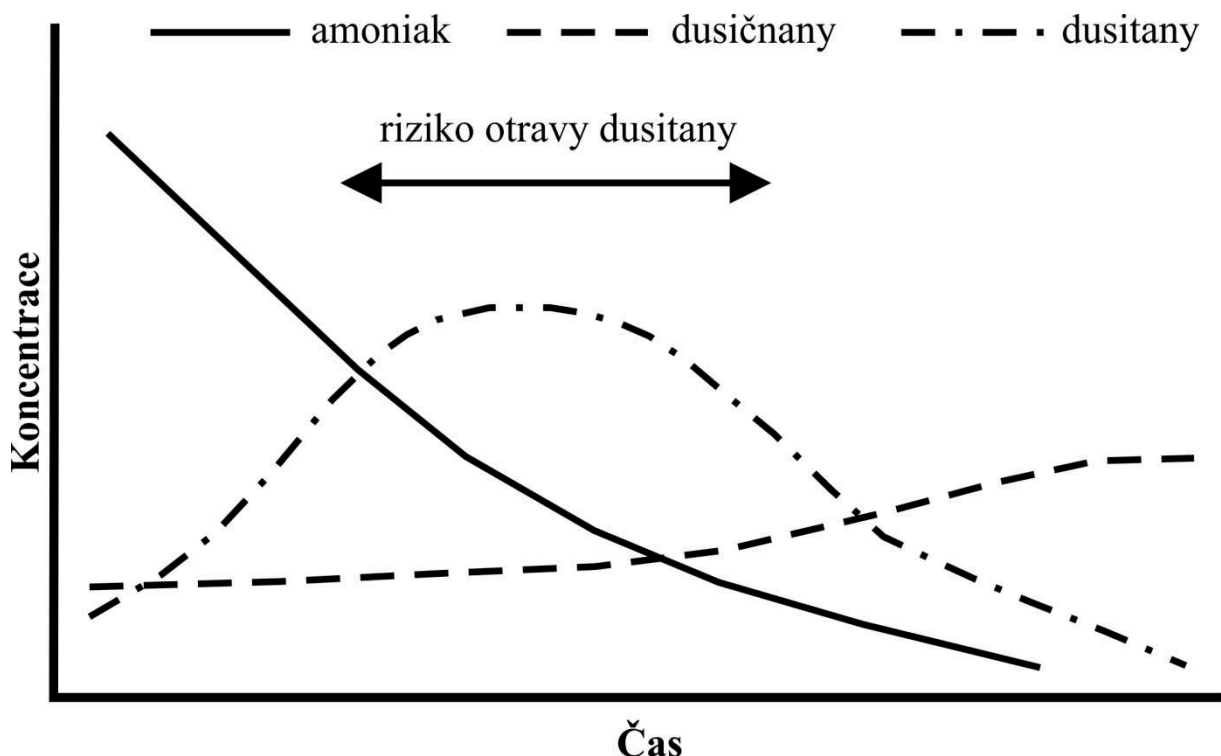
Parametr	Jednotka	Optimální hodnota	minimum	maximum
Teplota	°C	33	0	38
O ₂	mg.l ⁻¹	>4	4	24
	%	>60	60	120
N-NH ₄ ⁺	mg.l ⁻¹	>2	0,5	8
N-NO ₂ ⁻	mg.l ⁻¹	2	0,1	60
pH		7,5	7	8
vodivost	mS.m ⁻¹	<20	5	400

7.1 Teplota vody

Teplota vody nejdůležitěji ovlivňuje rychlost záběhu biologického filtru. Optimální teplotou pro funkci nitrifikace a tím i nejuvhodnější teplotou pro záběh biofiltru je teplota 30 - 33 °C, při teplotách přesahujících 40°C nitrifikace ustává (Jones a Hood 1980, Kyung a kol. 2014).

Bakteriální mikroflóra se změnám teploty vody plynule přizpůsobuje, není však schopna okamžitě reagovat na prudké výkyvy. Vliv změny teploty vody na intenzity nitrifikace lze popsat tak, že pokud bereme 100% účinnost metabolismu bakterií při teplotě 20 °C, každé snížení teploty o 5 °C sníží účinek biologické filtrace o 25 % a naopak (Ma a kol., 2013).

Z výše uvedeného vyplývá, že pokud by byla možnost efektivní manipulace teplotou vody, bylo by v době záběhu biologického filtru nejuvhodnější udržovat teplotu vody na úrovni 30 – 33 °C. Po zaběhnutí biofiltru by bylo nutné teplotu upravit na teplotu optimální pro chov požadovaného druhu ryb. Jak uvádějí Kouřil a kol. (2008), bývají moderní recirkulační systémy vybaveny možností regulace teploty vody. To ale nebývá případ velkých studenodvodních recirkulačních systémů dánského typu. V případě velkých objemů vody



Obrázek 1: Graf změn obsahu jednotlivých forem dusíkatých sloučenin v průběhu kolonizace biofiltru nitrifikačními bakteriemi (dle Bregnballe, 2010, upraveno).

v systému je nutné zvážit náklady na manipulaci s teplotou vody v porovnání s urychlením záběhu biofiltru.

7.2 Obsah rozpuštěného kyslíku

Kyslík je nejvýznamnější z plynů rozpuštěných ve vodě. Do vody se dostává difúzí z atmosféry a při fotosyntetické asimilaci vodních rostlin, sinic a řas. (Pitter, 2009). V intenzivních chovech je fotosyntéza zdrojem kyslíku poměrně zanedbatelným. Hlavním zdrojem kyslíku v RAS je intenzivní vzduchování, nebo přímo dotace systému kyslíkem ať už ze zásobníků, nebo generovaným na místě. Pro zajištění správné funkce biofiltru, stejně jako jeho záběhu, nesmí obsah kyslíku ve vodě klesat pod 4 mg.l⁻¹. Pokles obsahu kyslíku ve vodě pod tuto hranici způsobí omezení metabolismu, při záběhu rychlosti růstu, především bakterií druhé fáze nitrifikace (nitratačních) (Stenstrom a Poduska, 1980, Nogueira a kol., 1998, Lazarova a kol., 1998).

Dostatečné množství kyslíku rozpuštěného ve vodě během záběhu je možné zajistit probubláváním biologického filtru vzduchem (viz. kapitola úprava systému). To zároveň zajistí homogennost prostředí biologického filtru a optimální přístup bakterií k substrátu, jímž se živí (N-NH₄⁺ a N-NO₂⁻ pro nitritační resp. nitratační bakterie).

7.3 Reakce vody - pH

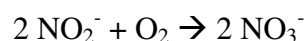
Hodnota pH významně ovlivňuje metabolismus mikroorganismů podléjících se v RAS na koloběhu dusíku ve vodním prostředí. V recirkulačních systémech dochází ke snižování pH především vlivem metabolismu ryb, nitrifikaci biofiltru a odbourávání organických látek v systému. Z rovnice nitrifikace vyplývá, že 1 mol amoniaku odbouraný biologickým filtrem vyprodukuje 1 mol kyselých vodíkových iontů.

Zjednodušená rovnice nitrifikace:

Nitritace



Nitratace



čili úhrnem - Nitrifikace



Reakce vody v RAS v průběhu dne značně kolísá a to především v závislosti na krmení ryb a funkci biofiltru (Lang a kol. 2011). Prudký pokles pH o více jak 0,5 může způsobit až autolýzu nitrifikačních bakterií vlivem započetí replikace bakteriofágního viru přirozeně se vyskytujícího v řetězci DNA nitrifikačních bakterií. Ke kompletnímu úhynu bakterií může dojít během několika hodin (Choi a kol. 2010) Pro správnou funkci biofiltru a tím i pro jeho záchvěb je nutné udržovat pH v rozmezí 6,8 – 9 (Bregnballe 2010, Cho a kol., 2014), lépe 7,2 – 8.

pH je v systému možné stabilizovat vhodnou úpravou KNK a jeho udržení nad hodnotou 2 mmol.l^{-1} pomocí přidání mikromolekulárního vápence (viz Lang a kol. 2011) nebo kalcinované sody (Na_2CO_3 viz Kouřil a kol. 2008). Při hodnotě KNK nad 2 mmol.l^{-1} je pH v systému stabilní a nedochází k jeho prudkým výkyvům. Další možností úpravy pH v systému je přidávání kyselin, nebo zásad. Díky složení vody je každý systém unikátní a na aplikaci chemikálií bude reagovat jinak. Dávkování chemikálií schopných výrazně změnit pH nad i pod hodnoty optima do systému nelze paušalizovat a musí být prováděno s maximální obezřetností.

7.4 Amoniakální dusík (N-NH₄)

Vyskytuje se téměř ve všech typech vod. Je primárním produktem rozkladu organických dusíkatých látek živočišného i rostlinného původu. Ve vodách se vyskytuje ve formě kationtu NH_4^+ a v neiontové formě jako NH_3 . Vzájemný poměr obou forem závisí na pH a teplotě vody (Pitter et al. 2009). Je nezbytný pro tvorbu nové biomasy mikroorganismů.

V RAS jsou jeho hlavním zdrojem ryby a nevyužitá krmiva. Celková produkce amoniaku vztažená k hmotnosti obsádky ryb při intenzivním chovu se pohybuje od 0,25 do $2,07 \text{ g.kg}^{-1}.\text{den}^{-1}$ (Kouřil a kol., 2008).

Stoupající koncentrace amoniaku v okolní vodě může vést až k autointoxikaci ryb, jejich onemocnění a posléze i úhynu (Svobodová a kol., 1987).

Pro účely záchvěbu biologického filtru bez přítomnosti ryb v systému je však amoniakální dusík pro bakterie v podstatě „krmivem.“

Koncentrace amoniakálního dusíku ve vodě neovlivňuje negativně nitrifikaci až do hodnot kolem 80 mg.l^{-1} (Wang a kol. 2013). Pro záchvěb je vhodné v systému udržovat koncentraci amoniakálního dusíku na úrovni přes 2 mg.l^{-1} aby měly bakterie dostatek výživy pro svůj růst. Toho lze dosáhnout buď dávkováním většího množství amoniakálního dusíku

do biologického filtru jednorázově, nebo v několika dávkách během dne, nebo jeho kontinuálním přidáváním do systému nejlépe ve formě roztoku. Jak chlorid amonný, tak síran amonný v krystalické formě ochotně absorbují vodu a přilepují se na dávkovací mechanismy, proto je lepší je rozpustit ve vodě. Dávkování posléze může probíhat přes ventil na nádobě s roztokem, nebo přes hadičku s regulací průtoku samospádem z jakékoliv nádoby (lze použít běžnou akvaristickou hadičku se škrtidlem). Velikost nádoby a koncentraci roztoku je vhodné zvolit podle potřeby daného RAS na dávkování amoniakálního dusíku.

7.5 Dusitanový dusík (N-NO₂)

Dusitanový dusík je přirozenou součástí povrchových vod. Vzhledem ke své chemické a biochemické nestálosti se obvykle vyskytuje v malých koncentracích, protože v oxických podmínkách je rychle nitratací transformován na dusičnany, v anoxických podmínkách je biologicky denitrifikován až na elementární dusík.

Zvýšené koncentrace dusitanů se mohou vyskytovat v RAS s intenzivním chovem ryb (Svobodová a kol. 2005). Velmi často se vyskytují v RAS, zejména bezprostředně po zahájení provozu nebo v důsledku nerovnováh v procesu nitrifikace (Kamstra a kol. 1996).

Při záběhu biologického filtru bez přítomnosti ryb v systému je dusitanový dusík pro bakterie „krmivem.“

Při záběhu biologického filtru dusitany do systému není nutné přidávat, protože je v tomto případě jejich zdrojem aktivita nitrifikačních bakterií odbourávajících dusík amoniakální.

8 Inokulum

Pro inokulaci je možné použít bakterie z již zaběhlého biologického filtru, bakterie z aktivační nádrže biologické čistírny odpadních vod, nebo kultury bakterií speciálně určených k inokulaci biologického filtru. První dvě zmíněné možnosti s sebou nesou značné riziko zhoršení zoohygieny systému, třetí možnost je z tohoto pohledu nejbezpečnější, i když i tato má svá rizika. Bakteriální preparáty pro inokulaci biofiltru bývají povětšinou určeny primárně pro systémy s okrasnými rybami. Některé preparáty proto mohou obsahovat nežádoucí bakterie produkující geosmin a isoborneol, které způsobují nepříjemnou „recirkulační“ pachut' rybího masa. Takovýchto preparátů je nutné se v případě RAS pro chov

konzumních ryb vyvarovat (Lang a kol. 2015). Přesná složení bakteriálních inokulantů výrobci běžně neuvádí a jsou předmětem ochrany jejich Know-how.

8.1 Testování inokulantů

Pro ověření vhodnosti pro inokulaci systému bylo testováno několik na trhu dostupných inokulantů. Celkem bylo otestováno 5 preparátů ve 3 skupenstvích (tekuté, práškové a gel). První, tekutý, preparát byl od dodavatele Mojmir Spurný, okrasnajezírka.cz, druhý preparát Aqua REVIT od firmy EM-EKO s.r.o. (tekutý; Česká republika), třetí, práškový, preparát BFL Aqua Clean (BioFuture Ltd., Irsko), čtvrtý, práškový, preparát byl Tripond BacterienStarter (Aqualogistik GmbH, Německo) a pátým preparátem byl gelový preparát PL Gel – Filter Pad Bacterial Inoculant (Ecological Laboratories, Inc., USA). Všechny preparáty byly použity podle návodu výrobce. Nejlepších výsledků dosáhly inokulanty s největším množstvím životaschopných bakterií (tekutý od firmy Mojmir Spurný, práškový BFL Aqua Clean a gel PL Gel- Filter Pad Bacterial Inoculant). Počty životaschopných bakterií u těchto preparátů byly >14 a >10 mil.ml⁻¹. U gelového preparátu nebylo díky matrix gelu možné bakterie počítat.

Díky absenci nitrifikačních bakterií je pro úspěšné urychlení záběhu biofiltru nutno do systému dodat co největší počet životaschopných nitrifikačních bakterií.

V testech vyšlo nejlépe v poměru ceny a kvality inokulum od firmy Mojmir Spurný (Lang a kol. 2015). Množství bakterií v inokulu v den výroby převyšuje 17 mil.ml⁻¹. Při použití následující den klesá počet bakterií v inokulu na 14 mil.ml⁻¹.

9 Testy ovlivnění záběhu biofiltru v recirkulaci dánského typu

V letech 2014 (19.5. – 4.6.; 15 dní) a 2015 (20.5. – 27.7.; 69 dní) byly provedeny dva testy ovlivnění záběhu biofiltru v recirkulačním systému dánského typu o objemu přibližně 1000 m³. Oba záběhy biofiltru probíhaly při teplotě kolísající mezi 10,6 a 15,0 respektive 12,5 na 15,5°C v letech 2014 a 2015. První záběh proběhl během 14 dnů a byl celý proveden bez zapnuté recirkulace a bez přítomnosti ryb v systému. Do systému bylo vneseno (nalito) inokulum a byl přidán zdroj amonných iontů. Při druhém záběhu byl systém ošetřen identicky, ale z důvodu nutnosti odebrat ryby od dodavatele násad byla použita částečná bioaugmentace pouze čtyřech z osmi ponořených částí biologického filtru (viz dále v části úprava systému). V recirkulující vodě s rybami byl preventivně zvýšen obsah chloridů

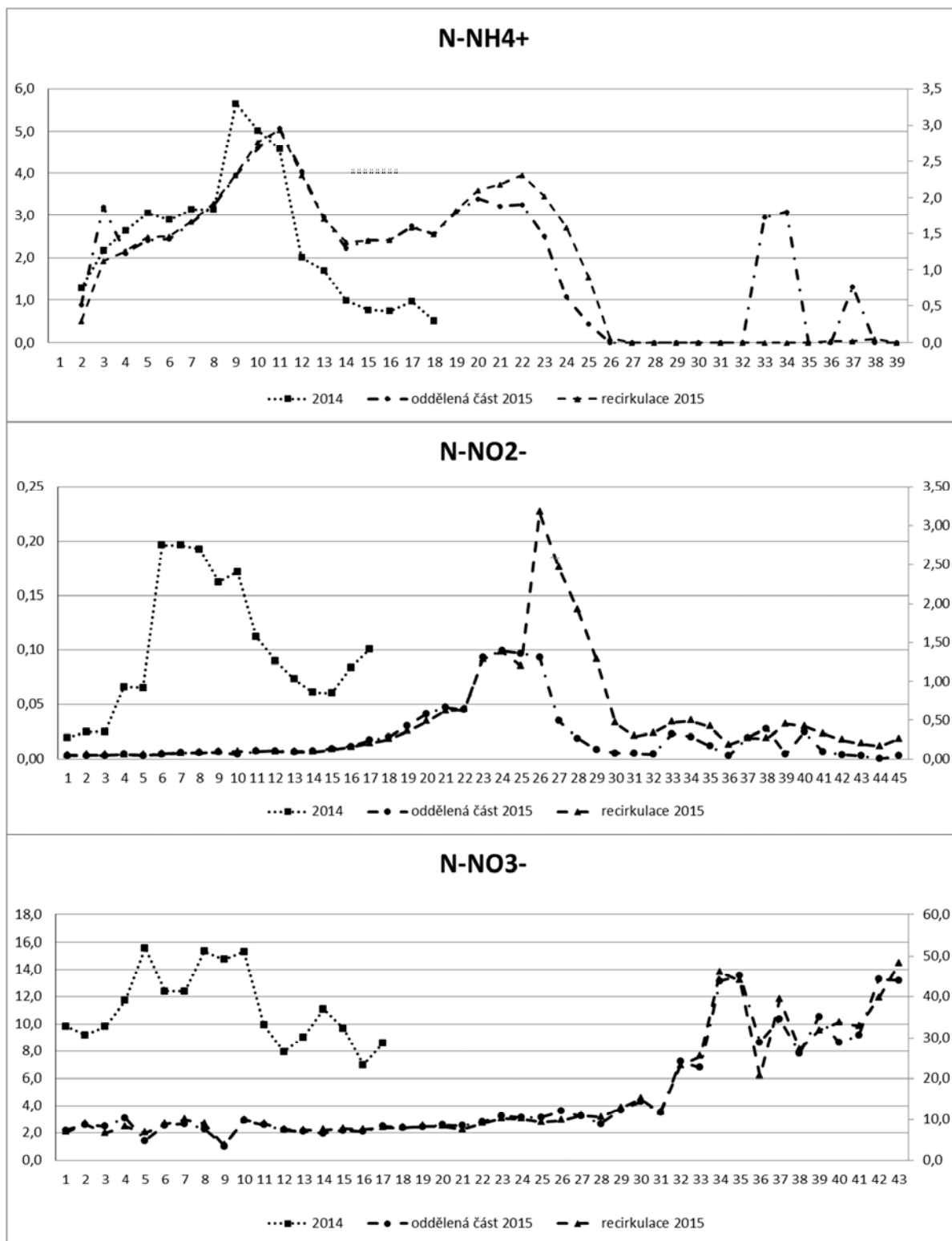
(přidání soli – NaCl) pro zabránění negativních účinků dusitanů na ryby v RAS. Při prvním testu byl jako zdroj amonných iontů použit výhradně chlorid amonný (NH_4Cl), při druhém testu byl otestován jako zdroj amonných iontů i síran amonný [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$]. Krom jiného dávkování kvůli rozdílnému hmotnostnímu podílu obsahu amonných iontů (rozdíl pro obsluhu) neměl zdroj amonných iontů na průběh záběhu biofiltru vliv. Chlorid amonný je námi preferovaný zdroj amonných iontů z důvodu zvyšování obsahu chloridů v systému a tím i zvýšení „bezpečnosti“ systému v případě kumulace dusitanů.

Průběhy záběhu biofiltru a jejich porovnání zobrazují grafy na obrázku 2. Z grafů je patrné, že zvyšování obsahu dusitanů následovalo pokles obsahu amonných iontů v systému. Po poklesu obsahu dusitanů v systému postupně narůstal obsah dusičnanů. Koncentrace amonných iontů v případě roku 2014 byla ovlivněna jejich přidáním do systému ve formě NH_4Cl a dvěma havarijními odběry vody ze systému, proto křivka grafu není plynulá. Průběh záběhu biologického filtru proto lépe vystihuje křivka grafu průběhu změn koncentrace dusitanového dusíku. Mírný nárůst jejich koncentrace na konci záběhu v roce 2014 ukazuje vliv nasazení ryb do systému.

Tento nárůst obsahu dusitanů byl však jen jednodenní reakcí biologického filtru na zvýšený přísun amonných iontů produkovaných rybami, které byly hned druhý den po návozu intenzivně krmeny. Obě fáze nitrifikace byly tudíž plně funkční již po 15 dnech od inokulace biologického filtru.

V roce 2015 byla pokusně odzkoušena metoda částečné inokulace biofiltru při nasazení systému a spuštění recirkulace přes polovinu ponořeného biofiltru. Z průběhů grafů je zřejmé, že průběh záběhu biofiltru jak v recirkulaci, tak v oddělených částech ponořeného biofiltru byl o mnoho delší, než v roce 2014. To bylo způsobeno přidáním soli do systému jako preventivního opatření proti toxicitě dusitanů (viz. Lang a kol. 2011) a zlepšení adaptace ryb na nové prostředí po převozu (Systém, odkud byly ryby dovezeny, měl zvýšenou salinitu).

O průběhu záběhu biofiltru opět nejlépe vypovídá křivka grafu N-NO_2^- . Z té je patrný bod, kdy bylo zjištěno, že oddělení, která měla být plně vyloučena z recirkulace, nebyla řádně utěsněna a vnikala do nich recirkulující voda. To zvýšilo obsah sodíku v odděleních a zpomalilo záběh biofiltru. Po odstranění daného problému nebyla salinita v oddělených částech biofiltru dále zvyšována. Následně je poměrně patrné urychlení nárůstu nitratačních bakterií v systému, které zapříčinilo rychlý pokles obsahu dusitanů v oddělených částech biofiltru. V recirkulující vodě, kam byla nadále aplikována sůl kvůli zvyšujícímu se obsahu



* 2014 jsou označeny hodnoty ze záznamu v roce 2014; oddělená část 2015 a recirkulace 2015 jsou hodnoty z roku 2015 v oddělené části filtru a v části filtru s recirkulací. Na ose x jsou znázorněny dny záznamu biologického filtru.

Obrázek 2: Průběh změn obsahů jednotlivých forem dusíkatých látek během záznamů biologického filtru v letech 2014 a 2015

dusitanů, došlo k náběhu druhé fáze nitrifikace o 4 dny později a množství dusitanů v systému dosáhlo dvojnásobné koncentrace.

Koncentrace dusičnanů v systému postupně narůstala jak v roce 2014 (je patrný její pokles po spuštění recirkulace a přítoku 15. den), tak 2015. Výsledná koncentrace dusičnanů v systému a její stabilita je výsledkem poměru výměny vody v systému k množství krmiva do systému vnášeného.

Píky na křivce u N-NH_4^+ na konci období znázorňují zbytkový obsah amonných iontů po extrémních dávkách na druhý den. Jedno oddělení ponořeného biofiltru bylo v tu dobu schopno přes noc odbourat až 26 mg.l^{-1} amonných iontů dávkovaných po večerním měření na hodnotu pod $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$.

Během ověřování technologie se pH v systému pohybovalo od 6,5 do 8,0 a to v obou letech ověřování. Při poklesu pH pod 7 byl do systému dávkován mikromletý vápenec v dávkách odpovídajících udržení KNK na úrovni přes 1 mmol.l^{-1} (Lang a kol. 2011). Při nárůstu pH k hodnotě 8 v roce 2014 byla do systému dávkována kyselina chlorovodíková (36%). Kyselina byla dávkována postupně po celý den po kapkách z nádoby s ventilem, aby byl pokles pH pomalý a nedošlo k autolýze nitrifikačních bakterií (viz kapitola 7.3 Reakce vody - pH). Celkem bylo do systému během pěti dnů nadávkováno 12 l 36% HCl. Obsah kyslíku rozpuštěného ve vodě neklesl nikdy pod $7,4 \text{ mg.l}^{-1}$ (72,0% nasycení).

10 Ovlivnění záběhu biofiltru

10.1 Úprava systému

Pro zajištění optimálních podmínek v systému pro jeho záběh a minimalizaci nákladů se záběhem spojených je nutno systém upravit. Bez přítomnosti ryb v systému lze inokulovat všech osm oddělení ponořené části biofiltru i část plovoucí. V případě, kdy je nezbytné ryby do systému nasadit okamžitě, lze použít částečné bioaugmentace pouze poloviny ponořeného biofiltru. Výhody tohoto systému lze ale využít pouze v případě dodržení technologie úpravy systému (viz. níže).

Při záběhu systému bez přítomnosti ryb nezapínáme hlavní dmychadlo (11 kW), které pohání hluboký airlift a tím recirkulaci vody. Další snížení pohybu vody v systému zajistíme zahrazením přítoků na ponořené části biologického filtru. To zamezí filtračním elementům z ponořených částí biofiltru uniknout do prostoru za plovoucím biofiltrem. Vypnutí

recirkulace zajistí velkou úsporu financí jak na elektrické energii, tak nutností přidávat chemikálie a inokulum pouze na objem biologického filtru a ne na celý objem odchovného zařízení.

Dostatečné prokysličení vody ve filtru plovoucím i ponořeném (statickým) během záběhu zajistí jejich provzdušňování malým dmychadlem. To je běžně používáno jako zdroj vzduchu pro filtr plovoucí a k odkalování ponořených částí biofiltru. Vzduchování ve filtrech je vhodné nastavit tak, aby měly bakterie po celou dobu záběhu dostatečné množství kyslíku, nezastavil se pohyb plovoucího filtru a pohyb elementů ve filtru ponořeném byl co možná nejmenší.

Při částečné bioaugmentaci jsou do recirkulace zapojeny pouze 4 z 8 částí ponořeného biofiltru a filtr plovoucí. U zbylých 4 částí biofiltru je nutné zajistit dokonalé utěsnění vtoků. Amonné ionty a inokulum následně dávkuje pouze do oddělených částí biofiltru. V opačném případě by byly rozmíchány do celého systému, nebylo by dosaženo úspory nákladů na záběh a hrozila by otrava ryb amoniakem. Při nedokonalém oddělení ponořených částí biofiltru by mohlo také dojít k infiltraci oddělených částí recirkulující vodou, která bude muset být ošetřena přidáním chloridů (sůl bývá jejich nejlevnějším, nejdostupnějším, a nejbezpečnějším zdrojem) kvůli kumulaci dusitanů v systému, a zpomalení záběhu biofiltru vlivem zvýšené salinity.

10.2 Inokulace a „výživa“ bakterií

Pro inokulaci je vhodné použít inokulanty s co možná největším množstvím životaschopných bakterií ($>14 \text{ mil.ml}^{-1}$). Inokulanty s menšími množstvími životaschopných bakterií je nutno aplikovat ve větším množství. V tom případě je nutné zvážit poměr ceny dané aplikace k její efektivitě. Při ověřování této technologie bylo využito inokula s koncentrací životaschopných bakterií vyšší, než 14 mil.l^{-1} v dávkách: 1 l inokulantu do prostoru plovoucího filtru a po 0,5 l do každého oddělení filtru ponořeného ($>14 \text{ mld.}$ do filtru plovoucího a $>7 \text{ mld.}$ životaschopných bakterií do každého oddělení filtru ponořeného – 311 a 583 mil. bakterií na m^3) v roce 2014 a stejná množství, ale pouze do 4 oddělení ponořeného biofiltru v roce 2015.

Pro záběh biologického filtru je optimální udržet koncentraci amonných iontů v prostoru biofiltru mezi 2 a 4 mg.l^{-1} . Jednorázová dávka pro zvýšení obsahu amonných iontů na 4 mg.l^{-1} je 15,33 g NH_4Cl (18,92 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) na m^3 objemu biofiltru. Následně

je nezbytné amonné ionty dodávat minimálně každý druhý den ve zvyšující se dávce. Ověřené dávkování pro záběh dánského typu farmy o objemu 1000 m³ zobrazuje tabulka 2.

Při poklesu teploty vody během záběhu o 5 °C by se prodloužila doba záběhu o 25 % a naopak (Ma a kol., 2013). Tomu by muselo být adekvátně přizpůsobeno dávkování amonných iontů (navyšování dávek pomaleji a po delší dobu).

Tabulka 2: Dávkování amonných iontů při záběhu biofiltru při 15 °C [g].

Místo aplikace Den záběhu	Plovoucí		Ponořený: 1 oddělení	
	NH ₄ Cl	(NH ₄) ₂ SO ₄	NH ₄ Cl	(NH ₄) ₂ SO ₄
1	670	850	185	230
3	335	425	93	115
5	402	510	111	138
7	482	612	133	166
9	479	734	160	199
11	695	881	192	238
13	834	1058	230	286

* při poklesu teploty vody o 10 °C bude třeba dávky rozdělit na polovic a dávkovat taktéž každý druhý den, zvýšení salinity → vodivosti z 10 na 50 mS.m⁻¹ si vyžádá stejný postup.

10.3 Analýzy během záběhu

Proces záběhu biofiltru je vhodné kontrolovat pomocí analýz vody, viz certifikovaná metodika Kopp a kol (2014) *Stanovení základních fyzikálně-chemických parametrů v akvakulturních chovech ryb* (dostupná on-line na <http://www.rybarstvi.eu/prezentace.html>). Během záběhu minimálně jednou za dva dny kontrolujeme koncentrace amoniakálního a dusitanového dusíku a alespoň jednou denně kontrolujeme pH a obsah rozpuštěného kyslíku v jednotlivých odděleních biologického filtru. Analýzy vody je vhodné provádět v den následující po aplikaci zdroje amonných iontů, aby nedocházelo k přílišnému poklesu obsahu amonných iontů v systému a tím ke zbytečnému zpomalení procesu záběhu biofiltru. Při aplikaci stejného managementu pro všechny ponořené části biofiltru je možné ušetřit na práci i chemikáliích analyzováním pouze vzorků z filtru plovoucího a jednoho oddělení filtru ponořeného.

Dokonalost utěsnění vtoků do ponořených částí biofiltru při využití částečné bioaugmentace lze kontrolovat měřením vodivosti v oddělených částech a v recirkulaci. Pokud se vodivost v ponořených částech biofiltru srovnává s vodivostí v recirkulující vodě, není utěsnění dostatečné a tuto chybu je nutné neprodleně odstranit.

Záběh biofiltru je úspěšný, pokud v prostoru biofiltru do druhého dne po aplikaci zdroje amonných iontů jejich obsah poklesne pod 0,100 (většinou je neměřitelný) a obsah dusitanového dusíku poklesne několik po sobě následujících dní pod 0,200 mg.l⁻¹ (0,100 mg.l⁻¹ je poměrně běžná míra obsahu dusitanového dusíku v RAS během roku).

11 Novost postupů

Technologie shrnuje poznatky získané při ověřování metodiky ovlivňování záběhu biologického filtru v RAS Dánského typu. Technologie je stručným návodem na ovlivnění a především urychlení záběhu biologického filtru.

12 Ekonomické aspekty

Kalkulace ekonomických aspektů vychází ze stejných předpokladů, jako v případě předcházející certifikované metodiky a při ověřování této technologie byla potvrzena. Ekonomický přínos využití této technologie je hlavně ve zkrácení doby záběhu biofiltru v RAS. Ekonomické přínosy se skládají ze snížení spotřeby elektrické energie RAS zkrácením doby záběhu biofiltru, snížením spotřeby energie systémem po tuto dobu ze 16,5 na 5,5 kW a možností plně využít růstový potenciál ryb. Při předpokládané době záběhu 14 dní, namísto 3 měsíců až roku, dosáhneme úspory minimálně 37.000 Kč i při započtení nutnosti nákupu kvalitního inokula v ceně kolem 20.000 Kč na jeden záběh¹. Do této úspory není započtena úspora mzdových nákladů pracovníka, který se musí o systém starat, ať je plně využit, nebo ne. Další nezapočtenou úsporou je využití růstového potenciálu ryb do systému nasazených, které při ne zcela funkčním biofiltru není možno adekvátně krmit. Podstatná je i úspora vody, která je při nefungování biofiltru nutná k proplachování systému pro snížení koncentrace toxického amoniaku a dusitanů. V případě záběhu bez recirkulace je přítok vody do systému zcela zastaven.

Dobře zaběhlý biofiltr se výrazně projeví na udržení optimálních hydrochemických podmínek odchovného prostředí a pozitivně ovlivní i zlepšení využití předkládaného krmiva rybami. Nízký obsah rozpuštěného kyslíku nebo vyšší hodnota dusitanového dusíku může významně zhoršit hodnoty krmného koeficientu. Zhoršení krmného koeficientu o jednu desetinu, při ceně krmiva na úrovni 35 – 55 Kč, odpovídá zvýšení ceny za jeden kg

¹ Pro kalkulaci úspory byla počítána cena elektrické energie 4 Kč.kWh⁻¹.

vyprodukovaných ryb o 3,5 až 5,5 Kč. Dalším již obtížněji kvantifikovatelným efektem je snížení stresové zátěže ryb působením zhoršených hydrochemických parametrů chovného prostředí. Celkově lze shrnout přínosy uplatnění metodiky do zlepšení produkčních parametrů akvakulturních systémů, omezení úhynů ryb, zefektivnění práce obsluhy těchto zařízení a hlavně zefektivnění využití elektrické energie a růstového potenciálu ryb.

13 Popis uplatnění technologie

Technologie bude uplatněna „Smlouvou o využití ověřené technologie“ uzavřenou mezi Mendelovou univerzitou v Brně a firmou Kinský Žďár, a.s. Se sídlem: Zámek 1/1, 59101 Žďár nad Sázavou, IČ: 46901523, DIČ: CZ46901523, zastoupenou Petrem Kulhánkem, vedoucím úseku rybářství a zemědělství.

14 Seznam použité literatury

CHO, K. H., KIM, J.- O., KANG, S., PARK, H., KIM, S., KIM, Y. M., 2014, Achieving enhanced nitrification in communities of nitrifying bacteria in full-scale wastewater treatment plants via optimal temperature and pH, *Separation and Purification Technology*, 132, s. 697 - 703.

CHOI, J., KOTAY, S. M., GOEL, R., 2010, Various physico-chemical stress factors cause prophage induction in *Nitrosospira multiformis* 25196- an ammonia oxidizing bacteria, *Water Research*, 44, s. 4550 - 4558.

HETEŠA, J., KOČKOVÁ, E., 1997, *Hydrochemie*. – Skriptum MZLU Brno, 106 s.

JENSEN, F. B., 2003, Nitrite disrupts multiple physiological functions in aquatic animals. *Comparative Biochemistry and Physiology – Part A*, 135, s. 9 - 24

JONES, R. D., HOOD, M. A. 1980, Effects of temperature, pH, salinity, and inorganic nitrogen on the rate of ammonium oxidation by nitrifiers isolated from wetland environments, *Microbiological Ecology* 6, s. 339 – 347.

KAMSTRA, A., SPAN, J. A., VAN WEERD, J. H., 1996, The acute toxicity and sublethal effects of nitrite on growth and feed utilization of European eel, *Anguilla anguilla* (L.). *Aquacult. Res.* 27, s. 903 - 911

KOPP, R., LANG, Š., BRABEC, T., MAREŠ, J. 2013, *Stanovení základních fyzikálně-chemických parametrů v akvakulturních chovech ryb. CERTIFIKOVANÁ METODIKA*, Mendelova univerzita v Brně, 37 s.

KOUŘIL, J., HAMÁČKOVÁ, J., STEJSKAL, V., 2008, *Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb*. Edice Metodik, JU České Budějovice, VÚRH Vodňany, č. 85, 40 s.

KYUNG, H. C, JONG-OH, K., SEOKKOO K., HONGKEUN P., SUNGPYO K., YOUNG, M. K., 2014, Achieving enhanced nitrification in communities of nitrifying bacteria in full-scale wastewater treatment plants via optimal temperature and pH, *Separation and Purification Technology* 132, s. 697–703

LANG, Š., KOPP, R., BRABEC, T., VÍTEK, T., MAREŠ, J. 2011, *Optimalizace hydrochemických parametrů v recirkulačním systému pro chov ryb: I. Stabilizace kyselinové neutralizační kapacity a snížení toxicity dusitanů v recirkulačním systému dánského typu. OVĚŘENÁ TECHNOLOGIE*, Mendelova univerzita v Brně, 25 s.

LANG, Š., KOPP, R., MAREŠ, J. 2015, *Metodika záběhu biologického filtru v intenzivním recirkulačním zařízení dánského typu pro chov ryb*. CERTIFIKOVANÁ METODIKA, Mendelova univerzita v Brně, 22 s.

MA, C., YU, S., SHI, W., HEIJMAN, S. G. J., RIETVELD, L. C., 2013, Effect of different temperatures on performance and membrane fouling in high concentration PAC-MBR system treating micro-polluted surface water, *Bioresource Technology*, 141, s. 19 - 24.

PITTER, P., 2009, *Hydrochemie*. VŠCHT Praha. 592 s.

SVOBODOVÁ, Z., MÁCHOVÁ, J., POLESZCUK, G., HŮDA, J., HAMÁČKOVÁ, J., KROUPOVÁ, H., 2005, Nitrite Poisoning of Fish in Aquaculture Facilities with Water-recirculating System. *Acta Vet. Brno*, 74, s. 129 - 137

SVOBODOVÁ, Z. (ed.) (1987): *Toxikologie vodních živočichů*. MTZ Olomouc, 232 s.

WANG, S.-Y., LIU, X., WU, L. 2013, Effects of temperature and free ammonia concentration on nitrification between the aerobic granular and the floccular sludges, *Journal of Beijing University of Technology*, 39 (2), s. 297 - 303.

15 Seznam předcházejících publikací

BÁRTŮ, V., KOPP, R., 2004, Exkrece amoniaku u plůdku kapra (*Cyprinus carpio* L.) ve vztahu k různé úrovni proteinu v krmivu. In: 55 let výuky rybářské specializace na MZLU v Brně, Sborník referátů, 114 - 118 (ISBN 80-7157-810-X)

HADAŠOVÁ, L., KOPP, R., 2012, The fluctuation of physicochemical parameters in hypertrophy fishponds during the day and night. In MendelNet 2012 - Proceedings of International Ph.D. Students Conference. Brno: Mendel University in Brno, Faculty of Agronomy, s. 412 - 417

JIRÁSEK, J., MAREŠ, J., KOPP, R., 2004, Předpoklady pro úspěšný odchov raných stadií kapra v kontrolovaných podmínkách. In: VII. Česká ichtyologická konference ve Vodňanech, Sborník referátů, 229-233 (ISBN 80-85887-50-9)

KOPP, R., BRABEC, T., HADAŠOVÁ, L., LANG, Š., LUKAS, V., MAREŠ, J., 2013, Použití aerační techniky na hypertrofních rybnících v letním období. In Chov ryb a kvalita vody II. 1. vyd. České Budějovice: TYP, 2013, s. 17-20. (ISBN 978-80-87699-02-7)

KOPP, R., HADAŠOVÁ, L., LANG, Š., BRABEC, T., MAREŠ, J., 2012, Diurnální změny hodnot rozpuštěného kyslíku a pH v intenzivně obhospodařovaných rybnících. In. Sborník referátů konference 2012 Chov ryb a kvalita vody. České Budějovice, Rybářské sdružení ČR, s. 65 - 72

KOPP, R., LANG, Š., BRABEC, T., MAREŠ, J., 2013, *Stanovení základních fyzikálně-chemických parametrů v akvakulturních chovech ryb. CERTIFIKOVANÁ METODIKA*, Mendelova univerzita v Brně, 37 s, (ISBN 978-80-7375-953-7) (dostupná online na <http://www.rybarstvi.eu/prezentace.html>)

KOPP, R., LANG, Š., BRABEC, T., VÍTEK, T., MAREŠ, J., 2012, Hydrochemické parametry v recirkulačním systému Dánského typu pro chov lososovitých ryb. In. Sborník referátů konference 2012 Intenzivní metody chovu ryb a ochrana kvality vod. Třeboň, Rybářství Třeboň a.s., 29 - 40. (ISBN 978-80-260-1432-4)

KOPP, R., ZIKOVÁ, A., BRABEC, T., LANG, Š., VÍTEK, T., MAREŠ, J., 2009, Dusitany v recirkulačním systému rybí farmy Pravíkov. In KOPP, R. "60 let výuky rybářské specializace na MZLU v Brně". 1. vyd. Brno: MZLU Brno, 2009, s. 105 - 110. (ISBN 978-80-7375-358-0)

KOPP, R., LANG, Š., ZIKOVÁ, A., MAREŠ, J., 2008, Změny spotřeby kyslíku a exkrece amoniakálního dusíku u tilapie nilské (*Oreochromis niloticus*) v závislosti na množství proteinu v krmivu. In: KOPP, R. XI. Česká ichtyologická konference. Brno, MZLU v Brně, s. 121 - 125 (ISBN 978-80-7375-246-0)

KOUŘIL, J., MAREŠ, J., POKORNÝ, J., ADÁMEK, Z., KOLÁŘOVÁ, J., PALÍKOVÁ, M., 2008, Chov lososovitých druhů ryb, lipana a síhů. 1. vyd. Vodňany: JU v Českých Budějovicích, s. 63 - 97 (ISBN 978-80-85887-80-8)

LANG, Š., KOPP, R., ZIKOVÁ, A., VÍTEK, T., MAREŠ, J., 2011, Diurnální změny vybraných hydrochemických parametrů na recirkulačním systému dánského typu při různých teplotách vody. Bulletin Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického Vodňany. 2010. sv. 46, č. 4, s. 23 - 32 (ISSN 0007-389X)

LANG, Š., VÍTEK, T., KOPP, R., ZIKOVÁ, A., BRABEC, T., PFAU, R., MAREŠ, J., 2010, The Danish model trout farm Pravíkov (ČR); A first year and a plans for future. [online]. 2010. URL: <http://www.rybarstvi.eu/dok%20rybari/stepan.pdf>

LANG, Š., KOPP, R., BRABEC, T., VÍTEK, T., MAREŠ, J., 2011, *Optimalizace hydrochemických parametrů v recirkulačním systému pro chov ryb: I. Stabilizace kyselinové neutralizační kapacity a snížení toxicity dusitanů v recirkulačním systému dánského typu.* OVĚŘENÁ TECHNOLOGIE, Mendelova univerzita v Brně, 25 s. (ISBN 978-80-7375-597-3) (dostupná on-line na <http://www.rybarstvi.eu/prezentace.html>)

LANG, Š., KOPP, R., MAREŠ, J., 2012, Dynamika spotřeby kyslíku ponořené části biofiltru recirkulačního systému dánského typu. In Soukalová, K. (ed.) - XIII. Česká ichtyologická konference - sborník abstraktů. 1. vyd. Brno: Tribun EU S.R.O., 2012, 54 s.

LANG, Š., KOPP, R., MAREŠ, J. 2015, Nabíhání filtrů na studenovodním RAS dánského typu. In Sborník příspěvků Potenciál recirkulačních akvakulturních systémů (RAS) pro české produkční rybářství. 1. vyd. Jesenické nakladatelství Jena Šumperk: Jihočeská univerzita V Českých Budějovicích FROV Vodňany, s. 52 - 56 (ISBN 978-80-7514-028-9.)

LANG, Š., KOPP, R., MAREŠ, J. 2015, *Metodika záběhu biologického filtru v intenzivním recirkulačním zařízení dánského typu pro chov ryb,* CERTIFIKOVANÁ METODIKA, Mendelova univerzita v Brně, 22 s, (ISBN 978-80-7509-375-2) (dostupná on-line na <http://www.rybarstvi.eu/prezentace.html>)

MAREŠ, J., KOPP, R., BRABEC, T., 2011, Nové metody v chovu ryb. In Intenzivní metody chovu ryb a ochrany kvality vod. 1. vyd. Třeboň: Rybářství Třeboň Hld.a.s., 2011, s. 5 - 13

POŠTULKOVÁ, E., KOPP, R., LANG, Š., BRABEC, T., 2012, Změny kvality vody při vypouštění rybníka. In Čiamporová-Zaťovičová Z. (ed.) 2012: XVI. konferencia Slovenskej limnologickej spoločnosti a České limnologickej společnosti - Zborník príspevkov, 25. - 29., Jasná, 235 s. 1. vyd. Bratislava: NOI, s. 73 - 76

VÍTEK, T., MAREŠ, J. 2009, Flow velocity conditions in the trout farm based on recirculation system of danish technology. IN KOPP, R. "60 let výuky rybářské specializace na MZLU v Brně". 1. Vyd. Brno: MZLU Brno, s. 179 - 180. (ISBN 978-80-7375-358-0)

VÍTEK, T., KOPP, R., LANG, Š., BRABEC, T., MAREŠ, J., 2011, *Technická řešení a možnosti efektivní regulace průtokových poměrů v zařízeních pro intenzivní chov ryb dánského typu*. Uplatněná certifikovaná metodika, Č. R01/15VD46246/2011-16230/Nmet — CERTIFIKOVANÁ METODIKA, Mendelova univerzita v Brně, 20 s (ISBN 978-80-7375-571-3) (dostupná on-line na <http://www.rybarstvi.eu/prezentace.html>)

Ověřená technologie ovlivnění záběhu biologického filtru v intenzivním recirkulačním zařízení dánského typu pro chov ryb

Lang Štěpán, Kopp Radovan, Mareš Jan

Vydavatel: Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno.

Tisk: Ediční středisko Mendelovy univerzity v Brně

Vydání: první, 2015

Náklad: 100 ks

ISBN 978-80-7509-380-6