



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

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

SBORNÍK REFERÁTŮ

5. ROČNÍKU

ODBORNÉ konference

KONANÉ V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

14. A 15. ÚNORA 2019



Rybářské sdružení
České republiky



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

SBORNÍK REFERÁTŮ
5. ROČNÍKU

ODBORNÉ konference

KONANÉ V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
14. A 15. ÚNORA 2019

Editor
Ing. Martin Urbánek, Ph.D.



EVROPSKÁ UNIE
Evropský námořní a rybářský fond
Operační program Rybářství



Rybářské sdružení
České republiky

Děkujeme všem autorům za poskytnutí příspěvků pro vydání
sborníku, který slouží jako výukový materiál
pro účastníky konference.



EVROPSKÁ UNIE
Evropský námořní a rybářský fond
Operační program Rybářství

Akce je pořádána v rámci řešení projektu OP Rybářství 2014 – 2020:
Konference III; reg. č. CZ.10.5.109/5.2/4.0/18_012/0000590

© Rybářské sdružení České republiky, Lidická tř. 2156/108A, 370 01 České Budějovice 7

Poznámka:

Za jazykovou a věcnou správnost referátu odpovídají jednotliví autoři.
Editor provedl pouze nezbytné úpravy pro tisk sborníku.

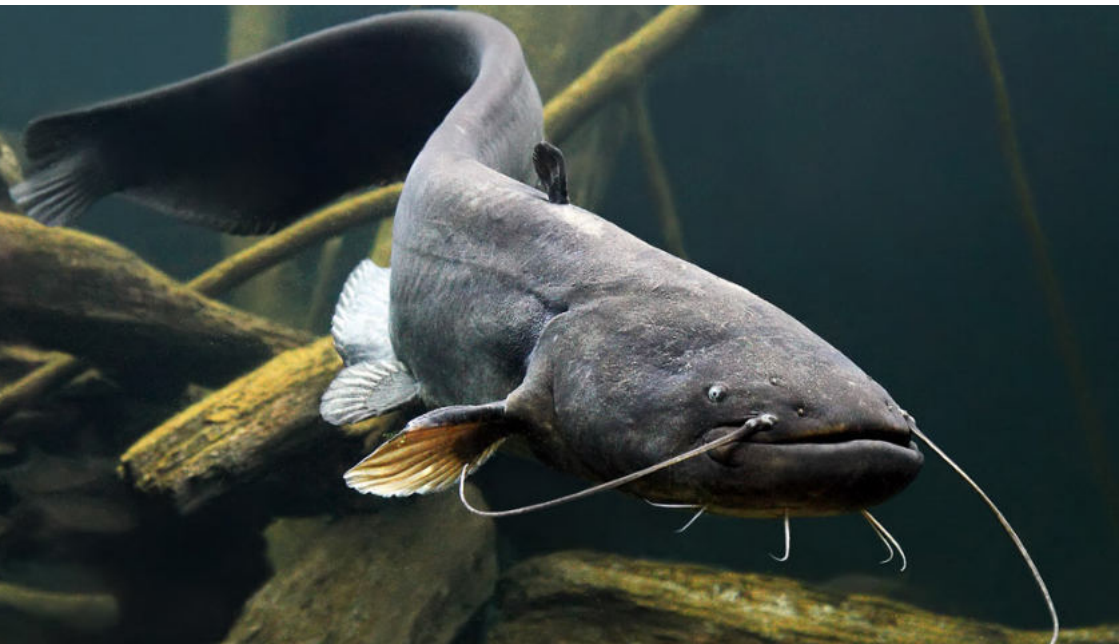
ISBN: 978-80-87699-10-2

14. února 2019

- 8.00-9.00 **Registrace účastníků a coffee break**
- 9.00-9.15 **Úvodní slovo děkana Fakulty rybářství a ochrany vod Jihočeské univerzity, prezidenta, ředitele Rybářského sdružení a hostů**
- 9.15-9.45 **OP Rybářství 2014 – 2020 a příprava OP Rybářství 2021 – 2027**
Ing. Pavel Pojer a kol. (Ministerstvo zemědělství)
- 9.45.-10.15 **Výskyt kapřího „edema“ viru (CEV) v Evropě**
MVDr. Veronika Piačková, Ph.D. a kol. Fakulta rybářství a ochrany vod JU v Českých Budějovicích)
- 10.15.-10.45 **Využití druhové a liniové odolnosti lososovitých ryb v pstruhařství**
Mgr. Eva Syrová a kol. (Veterinární a farmaceutická univerzita Brno)
- 10.45.-11.15 **Coffee break**
- 11.15.-11.45 **Inovace ve zpracování ryb a vývoji rybích výrobků**
doc. Ing. Jan Mráz, Ph.D. a kol. (Fakulta rybářství a ochrany vod JU v Českých Budějovicích)
- 11.45.-12.15 **Využití fytázy ve výživě kapra**
Ing. Ondřej Malý a kol. (Mendelova univerzita v Brně)
- 12.15.-12.45 **„Nové“ cizorodé látky ve vodním prostředí a jejich vliv na vodní organismy**
prof. Ing. Tomáš Randák, Ph.D. (Fakulta rybářství a ochrany vod JU v Českých Budějovicích)
- 12.45-14.00 **Oběd**
- 14.00-14.30 **Jak vysycháme – aneb, opravdu „kazí rybníky hydrologickou bilancí“?**
doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc. a kol. (ENKI, o.p.s., Třeboň)
- 14.30-15.00 **Dálkový průzkum Země (DPZ) - nové možnosti v hodnocení kvality vody rybníků**
RNDr. Jindřich Duras, Ph.D. a kol. (Povodí Vltavy s.p.)
- 15.00-15.30 **Eutrofizace rybníků - jak hodnotit poslední desetiletí, setrvalý problém nebo zlepšení?**
doc. RNDr. Libor Pechar, CSc. a kol. (ENKI ops Třeboň, Zemědělská fakulta JU)
- 15.30-16.00 **Změny kvality vody při vypouštění a výlovu rybníku**
Ing. Ján Regenda, Ph.D. a kol. (Fakulta rybářství a ochrany vod JU v Českých Budějovicích)
- 16.00-16.30 **Diskuze, souhrn a zakončení 1. dne**
- 18.00 – 22.00 **Diskuze a neformální posezení s občerstvením a rybím rautem**

15. února 2019

- 8.00-9.00 **Registrace účastníků a coffee break**
- 9.00-9.30 **Měření kyslíku v produkčních rybnících**
Ing. Vít Frojda (SMOTECH s.r.o.)
- 9.30-10.00 **Genetické zdroje ryb. Stav programu po 25 letech a jeho perspektivy**
prof. Ing. Martin Flajšhans, Dr. rer agr. a kol. (Fakulta rybářství a ochrany vod v Českých Budějovicích)
- 10.00-10.30 **Pohled do ekonomiky akvakulturní produkce v České republice**
Ing. Antonín Vavrečka a kol. (Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze)
- 10.30-11.00 **Možnosti diverzifikace a posílení konkurenceschopnosti české akvakultury**
doc. Ing. Tomáš Polícar, Ph.D. a kol. (Fakulta rybářství a ochrany vod JU v Českých Budějovicích)
- 11.00-11.30 **Využití atraktantů suchozemského hmyzu jako doplňkového potravního zdroje v odchovu násad jelce tloušť (Leuciscus cephalus) a zlatého jesena (Leuciscus idus var. orfus)**
doc. RNDr. Zdeněk Adámek, CSc. a kol. (Fakulta rybářství a ochrany vod JU v Českých Budějovicích)
- 11.30-12.30 **Závěrečná diskuze, anketa, vyhlášení nejlepší přednášky**
- 12.30-14.00 **Oběd**



Obsah

1	OP Rybářství 2014 – 2020 a příprava OP Rybářství 2021 – 2027	7
	Ing. Pavel Pojer a kol. (Ministerstvo zemědělství)	
2	Výskyt kapřího „edema“ viru (CEV) v Evropě	9
	MVDr. Veronika Piačková, Ph.D. a kol. (Fakulta rybářství a ochrany vod JU v Českých Budějovicích)	
3	Využití druhové a liniové odolnosti lososovitých ryb v pstruhařství.....	15
	Mgr. Eva Syrová a kol. (Veterinární a farmaceutická univerzita Brno)	
4	Inovace ve zpracování ryb a vývoji rybích výrobků.....	23
	doc. Ing. Jan Mráz, Ph.D. a kol. (Fakulta rybářství a ochrany vod JU v Českých Budějovicích)	
5	Využití fytázy ve výživě kapra.....	25
	Ing. Ondřej Malý a kol. (Mendelova univerzita v Brně)	
6	„Nové“ cizorodé látky ve vodním prostředí a jejich vliv na vodní organismy	33
	prof. Ing. Tomáš Randák, Ph.D. (Fakulta rybářství a ochrany vod JU v Českých Budějovicích)	
7	Jak vysycháme – aneb, opravdu „kazí rybníky hydrologickou bilancí“?	37
	doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc. a kol. (ENKI, o.p.s., Třeboň)	
8	Dálkový průzkum Země (DPZ) - nové možnosti v hodnocení kvality vody rybníků.....	45
	RNDr. Jindřich Duras, Ph.D. a kol. (Povodí Vltavy s.p.)	
9	Eutrofizace rybníků - jak hodnotit poslední desetiletí, setrvalý problém nebo zlepšení?	51
	doc. RNDr. Libor Pechar, CSc. a kol. (ENKI ops Třeboň, Zemědělská fakulta JU)	
10	Změny kvality vody při vypouštění a výlovu rybníku.....	59
	Ing. Ján Regenda, Ph.D. a kol. (Fakulta rybářství a ochrany vod JU v Českých Budějovicích)	
11	Měření kyslíku v produkčních rybnících	67
	Ing. Vít Frojda (SMOTECH s.r.o.)	
12	Genetické zdroje ryb. Stav programu po 25 letech a jeho perspektivy	73
	prof. Ing. Martin Flajšhans, Dr. rer. agr. a kol. (Fakulta rybářství a ochrany vod JU v Českých Budějovicích)	
13	Pohled do ekonomiky akvakulturní produkce v České republice	79
	Ing. Antonín Vavrečka a kol. (Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze)	
14	Možnosti diverzifikace a posílení konkurenceschopnosti české akvakultury	87
	doc. Ing. Tomáš Polícar, Ph.D. a kol. (Fakulta rybářství a ochrany vod JU v Českých Budějovicích)	
15	Využití atraktantů suchozemského hmyzu jako doplňkového potravního zdroje v odchovu násad jelce tloušťě (<i>Leuciscus cephalus</i>) a zlatého jesena (<i>Leuciscus idus var. orfus</i>).....	93
	doc. RNDr. Zdeněk Adámek, CSc. a kol. (Fakulta rybářství a ochrany vod JU v Českých Budějovicích)	



Ing. Pavel Pojer

Ministerstvo zemědělství, Těšnov 65/17, 11000 Praha 1

Operační program Rybářství 2014 – 2020:

Operační program Rybářství 2014 – 2020 je nástrojem čerpání podpory z Evropského námořního a rybářského fondu a přispívá k provádění Společné rybářské politiky.

Hlavní cíle:

- Zvýšit konkurenceschopnost tradiční akvakultury včetně investic do zachování udržitelné produkce tržních ryb.
- Investovat do recirkulačních zařízení a tím zvýšit produkci.
- Zvýšit podíl zpracovaných ryb, propagovat akvakulturu a podpořit konzumaci ryb.
- Podporovat transfer vědeckých poznatků do podniků akvakultury (produktové a procesní inovace).
- Podporovat formy hospodaření přispívající k zachování či zlepšování stavu životního prostředí a biologické rozmanitosti.

Investice v OP Rybářství 2014 – 2020 směřují především do tradiční akvakultury a intenzivních chovných systémů (recirkulační a průtočné systémy). Další investice směřují do zvýšení podílu zpracovaných ryb, úspěšné propagace akvakultury spojené se zvýšenou spotřebou ryb a podpora transferu vědeckých poznatků do podniků akvakultury.

Současný stav:

Od začátku programového období 2014 – 2020 bylo vyhlášeno 13. výzev, ve kterých bylo zaregistrováno celkem 820 projektů za 1,05 mld. Kč. Do konce roku 2018 bylo vydáno 529 Rozhodnutí o poskytnutí dotace v celkové výši 604 mil. Kč. Proplaceno bylo 230 projektů za 222 mil. Kč. Do konce programového období zbývá zazávazkovat cca 25 % alokace programu.

Největší zájem mají žadatelé o opatření 2.2. a) Investice do akvakultury, 2.4. Recirkulační zařízení a průtočné systémy s dočišťováním a 5.3. Investice do zpracování produktů.

Další výzva pro příjem Žádostí o podporu se bude konat na jaře 2019. Informace o vyhlášených výzvách a další informace o OP Rybářství 2014 – 2020 jsou k dispozici na internetových stránkách www.eagri.cz/dotace.

Nové programové období 2021 – 2027:

Proces přípravy nového programového období byl zahájen konferencí v Tallinnu v říjnu 2017. ČR se aktivně zapojila do tohoto procesu a v březnu 2018 připravila společnou

deklaraci pro podporu sladkovodní akvakultury v novém programovém období. Deklaraci podpořilo celkem 16 členských zemí. V polovině roku 2018 začalo vyjednávání o nové podobě Evropského námořního a rybářského fondu pro roky 2021 – 2027, které stále probíhá. V současném roce ŘO OP Rybářství zahájí přípravy nového operačního programu.



Výskyt kapřího „edema“ viru (Carp Edema Virus; CEV) v Evropě

Piačková, V.¹, Palíková, M.², Matějíčková, K.³, Papežíková, I.², Pojezdal, L.³, Veselý, T.³

¹ Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany

² Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, Palackého tř. 1946/1, 614 42 Brno

³ Výzkumný ústav veterinárního lékařství v.v.i., Hudcova 296/70, 621 00 Brno

V říjnu 2018 se ve Vodňanech uskutečnil mezinárodní workshop na téma „Nová virová onemocnění v chovech kaprovitých ryb“. Workshopu se zúčastnili výzkumníci a veterinární lékaři z České republiky, Německa, Holandska, Velké Británie, Polska, Rakouska, Slovenska, Dánska, Chorvatska, Slovinska, Estonska a Lotyšska. Mezi přednášejícími bylo i několik významných osobností rybí virologie. Většina příspěvků byla věnována virové chorobě, která se v posledních letech postupně objevuje ve všech evropských zemích s chovem kapra nebo koi kapra, a za jejíhož původce je považován Carp Edema Virus; CEV (zatím nemá oficiální český název). Tento příspěvek je shrnutím aktuálních informací, které v rámci přednáškové části workshopu zazněly.

KSD, CEV, KHV....?

V 70. letech minulého století se objevily první zprávy o onemocnění koi kaprů v Japonsku, nazvaném na základě jeho klinického obrazu **Koi Sleepy Disease (KSD)**; spavá nemoc koi kaprů. Za původce byl označen virus později zařazený do čeledi Poxviridae. Vzhledem k tomu, že kromě spavé nemoci byl tento virus detekován i v případech onemocnění plůdku kapra, doprovázeného generalizovaným edémem tkání, dostal název **Carp Edema Virus (CEV)**. Zatím se mu nedostalo oficiálního českého názvu.

Klinicky se onemocnění způsobené CEV nápadně podobá jinému virovému onemocnění, a sice obávané **koi herpesviróze (KHV)**. Pro obě choroby je typická letargie a malátnost ryb, shromažďování u břehů, u hladiny a u přítoku, ztráta únikového reflexu a všeobecná dezorientace. U starších koi kaprů bývá v případě KSD pozorováno typické „usínání“ – jakoby ztráta rovnováhy, polehávání na dně, při vyrušení návrat k normální poloze a pohybu a po chvíli zase upadání do kómatu.

Na povrchu kůže bývají patrné bělavé skvrny nebo mramorování způsobené nadprodukcí mléčné zbarveného kožního slizu. Oči bývají zapadlé, žábry jsou postiženy otokem lístků následovaným různým stupněm a rozsahem nekrózy. Na kůži břicha, na ploutvích a někdy i v očích je patrný nástřik cév nebo krváceniny. Společně mají tyto dvě virózy i to, že postihují výhradně kapra a jeho barevnou varietu koi. Rozdílná je však teplota, při které se obvykle objevují první příznaky: zatímco KHV se obvykle projevuje v létě, při teplotách kolem 23 °C (v literatuře je uváděno rozmezí teplot 18–28 °C), s typickými případy onemocnění a hynutí kaprů způsobenými CEV se setkáváme zpravidla krátce po roztátí ledu, při teplotě vody kolem 8 °C.

Po počáteční fázi „divného chování“ ryb začínají úhyny, které pokračují až do oteplení vody cca na 17–18 °C. Nejsou však vyloučeny ani atypické případy, kdy k prvním projevům onemocnění dochází při vyšších teplotách a úhyny pokračují i nad 20 °C. Ztráty úhynem bývají v postižených obsádkách různé, od 20 do téměř 100 %. Přeživší obsádky pak většinou po zbytek sezóny nevykazují žádné vážné zdravotní problémy. Vzhledem k tomu, že toto onemocnění u nás nejčastěji postihuje velké, mnohdy tržní ryby, které jsou určeny pro vánoční prodej není většinou možno sledovat zdravotní stav stejné obsádky i v následujícím roce. Přežití viru v prostředí zatím nebylo zcela spolehlivě objasněno, ale z našich zkušeností vyplývá, že ryby nově vysazené na jaře do původně CEV-pozitivních rybníků jsou, až na výjimky, bez příznaků a při virologickém vyšetření CEV-negativní.

Co nového v laboratořích?

Výzkum nového virového onemocnění se ubírá několika směry: 1. odhalování vlastností a především genetické podstaty původce, 2. objasňování procesů, které se odehrávají v hostitelském organismu v důsledku infekce CEV, 3. vnímavost různých druhů a plemen ryb, (odhalování možných přenašečů), 4. zdokonalování diagnostických metod a 5. hledání možností prevence.

1. Studie zaměřené na mapování genomu CEV odhalily, že existují dvě rozdílné genoskupiny viru, z nichž druhá se ještě dělí do dvou podskupin. Experimentálně bylo zjištěno, že genoskupina I vyvolává onemocnění doprovázené úhyny u „normálních“ kaprů, zatímco genoskupina IIa působí ztráty především u koi a genoskupina IIb je patogenní pro obojí – kapry i koi. Z dosavadních výsledků výzkumu vyplývá, že genoskupina I se vyskytuje v části Evropy (Velká Británie, Irsko, Německo, Polsko, Česká republika, Nizozemsko, Lotyšsko, Maďarsko, Srbsko a Chorvatsko) a v Severní Americe, zatímco genoskupina II byla prokázána v jiných zemích Evropy (Francie, Rakousko, Švýcarsko, Itálie) a dále v Asii (Indie, Čína, Japonsko, Korea) a v Jižní Americe. Byla vyslovena hypotéza, že na světě není země, kde by CEV nebyl přítomen, že jsou jen země, které jej zatím neumějí diagnostikovat.
2. CEV se u infikovaných ryb v malém množství kopií vyskytuje i ve vnitřních orgánech, ale hlavním cílovým orgánem, kde se virus replikuje, jsou žábry. Zde dochází k destrukci buněk respiračního epitelu a k postupné nekrotizaci tkáně. Důsledkem poškození žaber je omezení schopnosti vylučování amoniaku do vnějšího prostředí a vzestup jeho koncentrace v krevní plazmě, což má na ryby komatózní účinky. Zároveň dochází v důsledku poškození žaberní tkáně k těžké osmotické dysbalanci, což je pravděpodobně hlavní příčina úhynu ryb. Oba tyto patofyziologické procesy mohou být zmírněny aplikací solné koupele.
3. Experimentální infekce jiných druhů – lín obecný (*Tinca tinca*), karas obecný (*Carrassius carrassius*), karas stříbřitý (*Carrasssius gibelio*), okoun říční (*Perca fluviatilis*), plotice obecná (*Rutilus rutilus*) a ouklej obecná (*Alburnus alburnus*) kohabitací s infikovanými kapry nevyvolala u testovaných „nevnímavých“ druhů nástup klinického onemocnění, ale u všech druhů byly zaznamenáni jedinci, v jejichž žábřách, eventuálně kůži byla CEV DNA přítomna, u některých dokonce i 48 dní po kohabitaci.
4. Diagnostika CEV se v současné době opírá především o molekulárně-biologické metody. Jsou k dispozici sady primerů pro detekci virové DNA pomocí konvenční jedno-

nebo dvoukolové PCR (polymerázová řetězová reakce) nebo real-time PCR. Velkým problémem zatím zůstává kultivace viru na buněčných liniích. Doposud se nepodařilo jej na standardních rybích buněčných liniích pomnožit. To je důvod, proč zatím jediným možným způsobem experimentální infekce je kohabitace s nemocnými jedinci.

5. Kromě již zmíněné solné koupele jsou testovány další způsoby, jak ochránit obsádky před onemocněním způsobeným CEV. Jednou z možností je výběr odolnějších plemen, protože podobně jako u KHV, i zde byla prokázána rozdílná vnímavost plemen kapra a jako jednoznačně nejodolnější se jeví amurský sazan.

Rozšíření CEV v Evropě

V rámci workshopu zaznělo také několik příspěvků o výskytu CEV v různých evropských zemích.

Velká Británie (Richard Paley, Centre for Environment Fisheries & Aquaculture Science)
První pozitivní záchyt CEV byl zaznamenán u koi v roce 2011, v roce 2012 poprvé u kaprů. Od té doby bylo každý rok diagnostikováno několik pozitivních případů, nejvíce v roce 2013 (7 případů). Vyšetření bylo provedeno i zpětně u archivovaných vzorků odebraných v minulosti z případů „Syndromu jarních úhynů kaprů“ a přítomnost CEV DNA zde byla prokázána ve vzorcích z let 1998-99 a 2005-2006. Rekapitulace jarních úhynů kaprů ve Velké Británii ukázala, že nejvyšší počet případů byl zaznamenán na začátku tohoto století, že na základě porovnávání sekvencí DNA byl prokazatelný přenos viru mezi lokalitami a že na jedné z lokalit se onemocnění objevilo dvakrát za sebou s odstupem čtyř let, ale pokaždé s jiným genotypem viru. Byl taky zaznamenán případ pozitivního záchytu CEV v importované dodávce ryb, kde se mísilo několik různých genotypů viru. Několikrát byla také prokázána koinfekce s KHV.

Chorvatsko (Dražen Oraić, Croatian Veterinary Institute)
CEV byl poprvé detekován v roce 2016 v lokalitě, kde byly odebrány vzorky v rámci monitoringu KHV. V jedné lokalitě byla zaznamenána koinfekce CEV a KHV. Celkový počet CEV pozitivních případů je malý, ale všechny vzorky byly odebírány při teplotách nad 20 °C.

Polsko (Marek Matras, National Veterinary Research Institute)
Poprvé byl CEV detekován ve vzorcích z kaprů odebraných v letech 2013-14 v rámci veterinárního dozoru cíleného na KHV. Od roku 2015 je diagnostika CEV součástí vyšetření vzorků odebraných na KHV. V letech 2015–18 byly odebrány vzorky ročně ze 42–67 hospodářství, celkem z 218 farem. CEV-pozitivních bylo v jednotlivých letech 21–37% farem (není zřejmé, kolik farem bylo odebíráno opakovaně ve více letech).

Irsko (Neil Ruane, Marine Institute)
První případ KSD byl zaznamenán v roce 2017. Poté byly zpětně analyzovány vzorky odebrané v r. 2016 v obchodech s okrasnými rybami pro diagnostiku KHV. Ze 14 prodejen byly zjištěny 4 pozitivní. V květnu 2018 byly zaznamenány 2 případy úhynu kaprů (mortalita > 80%) na jezerech.

Rakousko (Eva Lewisch, Veterinärmedizinischen Universität Wien)

V Rakousku byl CEV poprvé diagnostikován z případu onemocnění a hynutí koi kaprů r. 2014. Při retrospektivním vyšetření archivních vzorků byla zpětně odhalena přítomnost CEV ve vzorcích z let 2010 – 2013. Všechny zaznamenané případy se týkaly koi kaprů, u kaprů obecných nebyl CEV detekován.

Německo (Verena Jung-Schroers, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover)

Zde bylo doposud testováno 651 terénních vzorků a z nich 248 bylo CEV DNA pozitivních. Vzorky byly odebírány z různých typů lokalit (soukromé rybníčky, rybí farmy, malo i velkoobchody). Nejčtenější pozitivní záchyty byly ve vzorcích odebraných od dubna do července. Při testování vzorků odebraných u velkoobchodníků byla zjištěna přítomnost CEV DNA u 47 % zdravě vypadajících koi kaprů. Nejvyšší počet klinických případů onemocnění s následnou detekcí CEV byl u koi kaprů zaznamenán při teplotách kolem 17 °C, u kaprů kolem 11 °C. Bylo pozorováno, že kapři infikováni CEV onemocněli a hynuli častěji než koi.

Nizozemsko (Olga Haenen, University & Research, Wageningen)

V Nizozemsku byl případ úhynu koi kaprů způsobený CEV poprvé diagnostikován v roce 2013. Poté byly také zpětně testovány odebrané archivované vzorky a zde se objevily pozitivní záchyty až do roku 2004.

Česká republika (Veronika Piačková, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích)

V ČR byl první pozitivní nález CEV DNA v roce 2015 z archivních vzorků odebraných z případů jarních úhynů kaprů z roku 2013. V r. 2017 bylo zahájeno řešení grantového projektu NAZV zaměřeného na monitoring přítomnosti CEV při jarních a podzimních úhynech kaprů a koi kaprů.

Do léta 2018 bylo v Národní referenční laboratoři pro virové choroby ryb testováno celkem 186 směsných vzorků žaber z 930 ks ryb (průměrně 5 ryb na vzorek) na přítomnost CEV. Byly to vzorky odebrané v rámci NAZV projektu, případně archivní vzorky odebírané v minulosti kvůli průkazu KHV. Při použití konvenční PCR byl ve 122 případech (66%) prokázán pozitivní nález CEV DNA. Pozitivní byly jenom vzorky z kaprů a koi kaprů. Kromě nich byly testovány také vzorky z amurů, tolstolobiků, karasů, zlatých karasů, jesenů, parem, candátů a jeseterů. Tyto byly všechny CEV DNA negativní. V žádném vzorku nebyla zaznamenána koinfekce s KHV, ve dvou případech byla prokázána koinfekce s SVCV.

Podzimní CEV

V roce 2017 byl v ČR potvrzen první podzimní případ hynutí kaprů způsobený CEV. Kapři v tržní velikosti byli z produkčního rybníku vyloveni na konci října a převezeni na sádky. Zde po několika dnech začaly ryby v jedné nádrži být letargické, bez reflexů, zaujímaly boční polohu a shromažďovaly se u hladiny a u přítoku. Teplota vody byla v té době 9–11 °C. Začaly se objevovat úhyny, zpočátku sporadické, ale četnost se postupně zvyšovala. Na žádost chovatele byly odebrané vzorky žaber z 10 ryb, ty byly jako dva směsné vzorky (5 ryb v každém) vyšetřeny virologicky. Ani v jednom směsném vzorku nebyla potvrzena přítomnost KHV DNA, ale oba vzorky byly pozitivní na CEV DNA. Následně byl proveden odběr

dalších 15 kusů ryb a ty byly podrobeny důkladnému vyšetření patologicko-anatomickému, parazitologickému, patologicko-histologickému, hematologickému a biochemickému a znovu virologickému, tentokrát v individuálních vzorcích. U všech ryb byl zaznamenán edém žaber a skvrny na kůži, u 6 ryb z 15 byly na žábrách pozorovány nekrotické změny. Lokální hypersekrece kožního hlenu byla zaznamenána na hlavě a bocích dvou ryb. Všechny ryby byly v dobrém výživném stavu. Hematologické vyšetření neukázalo žádnou odchylku od fyziologických hodnot, biochemickým vyšetřením krevní plazmy byla zjištěna zvýšená koncentrace glukózy a lehce zvýšené koncentrace amoniaku, laktátu a alkalické fosfatázy. Parazitologické vyšetření odhalilo pouze mírnou invazi ektoparazitů (*Dactylogyrus* spp., *Trichodina* spp., *Apiosoma* spp., *Schyzocotyle (Bothriocephalus) acheilognathi*). Histopatologickým vyšetřením bylo zjištěno překrvení, destrukce a slepení žaberních lístků, překrvení a dystrofie srdeční svaloviny a zánět stěny střevní. Všechny individuální vzorky žaber byly opět prosté KHV DNA, ale 100 % pozitivní na CEV DNA.

Většina doposud zaznamenaných masivních úhynů kaprů v důsledku CEV se odehrála na jaře, podzimní případy (pokud je nám známo) jsou zatím ojedinělé. Může to být způsobeno tím, že ryby jsou na podzim v lepší kondici než na jaře a imunitní systém je schopen si s infekcí poradit, nebo tím, že při případném podzimním hynutí mají chovatelé obavu z možného průkazu KHV, a proto úhyny nehlásí.

Závěr

Na základě informací přednesených zástupci výzkumných institucí z různých evropských států je možno konstatovat, že prakticky ve všech zemích, kde se vyskytuje kapr, ať už v produkčním, nebo sportovním rybářství, nebo koi kapr v zájmových chovech, je pravděpodobně přítomen také CEV. Z výsledků zpětného vyšetření archivovaných vzorků je také zřejmé, že putuje Evropou už poměrně dlouho. Ztráty způsobené úhynem ryb zatím nejsou příliš vysoké, ale rozhodně by stálo za to tomuto onemocnění věnovat větší pozornost, aby bylo možno vysledovat cesty přenosu infekce a najít účinná preventivní opatření.

K tomuto účelu by mělo přispět i řešení projektu Ministerstva zemědělství, na kterém spolupracují tři výzkumné organizace – Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav veterinárního lékařství a Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. Neobejde se však bez spolupráce s rybářskou praxí, neboť získání terénních vzorků je pro naplnění cílů projektu klíčové. Kdokoliv se proto může v případě výskytu výše popsaných příznaků při teplotě vody do 15 °C obrátit na řešitele projektu, odběry a vyšetření vzorků jsou hrazeny projektem a výsledky jsou prezentovány zcela anonymně. Vzhledem k tomu, že se nejedná o nákazu povinnou hlášením, nevztahují se ani v případě pozitivního výsledku vyšetření na chov žádná mimořádná veterinární opatření ani omezení.

Poděkování

Příspěvek vzniknul za podpory projektu Ministerstva zemědělství QK1710114 Nová virová onemocnění v chovech kapra obecného – diagnostika a prevence a projektů Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy – CENAKVA a PROFISH (CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_019/000869).



Ryby infikované CEV se shromažďují u břehů a u přítoku, ztrácejí únikový reflex.



Nemocné ryby mívají zapadlé oko a edematické až nekrotické žábry.

Eva Syrová¹, Jan Mendel², Ivana Papežíková¹, Jan Mareš³, Veronika Kováčová¹, Miroslava Palíková¹

¹ Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, Ústav ekologie a chorob zvířete, ryb a včel; e-mail: syrovae@vfu.cz

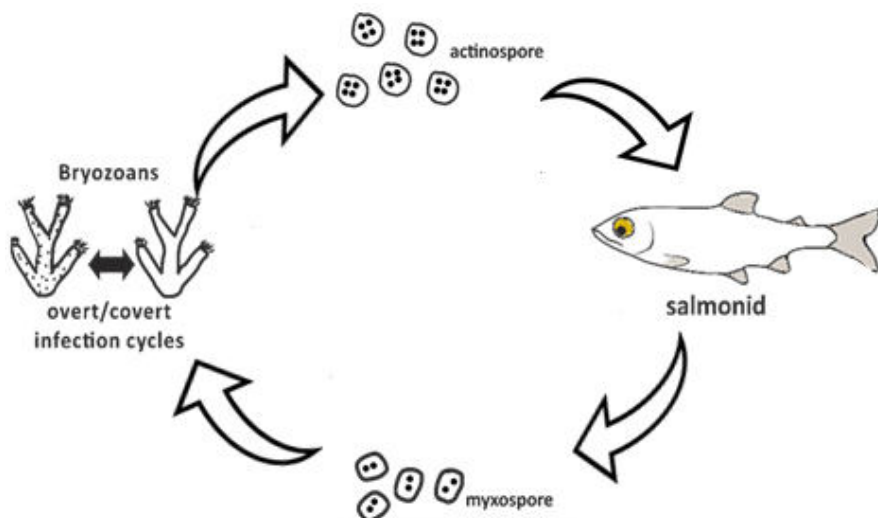
² Akademie věd ČR, Ústav biologie obratlovců

³ Mendelova univerzita v Brně, Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství

Závažné problémy v pstruhařství

V intenzivních chovech nejen po Evropě, ale také například v Severní Americe, působí ekonomické škody závažné endoparazitické onemocnění lososovitých ryb - **proliferativní onemocnění ledvin (PKD)**. V posledních letech je toto onemocnění také čím dál častěji zmiňováno v souvislosti s úbytky lososovitých ryb ve volných vodách (Feist et al., 2001; Okamura et al., 2011).

Původcem je parazit *Tetracapsuloides bryosalmonae* (Myxozoa: Malacosporea). Jedná se o dvojhostitelského původce, který ve svém vývojovém cyklu jako své hostitele využívá sladkovodní mechovky (Bryozoa) jako primární hostitele a lososovité ryby jako příležitostné konečné hostitele. Infekční stádia jsou uvolňována z mechovek do vody, kde plavou a pronikají do lososovitých ryb přes kůži a zejména přes žábry (Obr. 1.). Parazit napadá zejména mladší věkové kategorie ryb a hlavním cílovým orgánem jsou ledviny. Propuknutí onemocnění je závislé také na vyšší teplotě vody a na dalších faktorech, jako například stres či sekundární infekce (Feist et al 2001, Longshaw et al. 2002).



Obr. 1: Vývojový cyklus parazita *T. bryosalmonae*, autor: E. Syrová

U napadených ryb lze v rámci patologického vyšetření nejčastěji pozorovat zvětšenou dutinu tělní, exoftalmus, ascites, zduření ledvin, sleziny, bledá játra a žábry, tmavé zbarvení kůže a drobné uzlíčkovité útvary v orgánech (Hedrick et al., 1993; Palikova et al., 2017). V našich podmínkách bývá morbidita u vnímavé obsádky většinou 100 % a mortalita ryb v intenzivních chovech spojená s PKD se pohybuje kolem 30 %, ale při uplatnění dalších negativních faktorů může mortalita dosáhnout až 95 %. Tato nelichotivá čísla vybízí k hledání účinného řešení.

Dalším problémem v pstruhařství může být **furunkulóza**. Jedná se o závažné onemocnění ryb známé více než 100 let. Vyskytuje se v intenzivních chovech i ve volných vodách na celém světě s výjimkou Austrálie a Nového Zélandu. Ačkoliv název onemocnění vychází z přítomnosti typických hlubokých kožních vředů – furunklů vznikajících při chronickém průběhu onemocnění, chronický průběh ani tvorba furunklů není nejčastější formou onemocnění. Původcem onemocnění je obligátní patogen bakterie *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida*.

Do vodního prostředí se bakterie dostávají s nemocnými rybami, kontaminovanou vodou nebo rybolovným nářadím. Významnou úlohu v přenosu původce hrají i nosiči - vektorů, mezi které patří ryby i jiní vodní živočichové včetně parazitů. Významným faktorem pro šíření infekce je existence skryté formy onemocnění, kdy se přítomnost patogenu neprojeví klinickými příznaky (Plehn, 1911). Takovéto ryby mohou sloužit jako přenašeči. Propuknutí onemocnění je závislé na vyšší teplotě vody a dalších faktorech, jako například stres, vyšší hustota obsádky, náhlé změny teploty vody, sekundární infekce aj.

Onemocnění se vyskytuje v několika formách. Perakutní forma je typická pro plůdek, ryby hynou rychle a ve velkém množství. Akutní forma postihuje juvenilní a dospělé ryby a je charakterizována septikémií, bakterie jsou krví roznášeny do všech orgánů, ryby obvykle hynou za 2–3 dny, mortalita bývá rovněž vysoká. Subakutní a chronický průběh se vyvíjí u starších ryb nebo u ryb vykazujících větší vrozenou odolnost a je doprovázen vznikem abscesů ve svalovině a jejich provalením navenek ve formě hlubokých kožních vředů podobných furunklům. Mortalita je nízká a ryby mohou onemocnění přežít.

Jsou některé druhy lososovitých k onemocněním vnímavější?

Ano. Bylo zjištěno, že mezi lososovitými druhy ryb existují určité rozdíly ve vnímavosti k onemocněním, a tak vzniká velký zájem ze strany chovatelů a rybářských hospodářů najít k intenzivnímu chovu vhodný druh, resp. linii lososovitých ryb z hlediska vyšší odolnosti k onemocněním, a tím minimalizovat jednak ztráty v chovech, ale také riziko šíření onemocnění do volných vod (Grabner and El-Matbouli, 2009).

V případě **PKD** jsou za vnímavé považovány tyto druhy lososovitých ryb: pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*), pstruh obecný (*Salmo trutta*), siven americký (*Salvelinus fontinalis*), lipan podhorní (*Thymalus thymalus*) aj. Je popisována rozdílná mezidruhovná, ale i meziliniiová vnímavost (Grabner and El-Matbouli, 2009). Jako nejvnímavější druh se jeví pstruh duhový (Clifton-Hadley, 1984).

V případě **furunkulózy** je vnímavost lososovitých ryb různá. Jako nejvnímavější druh je uváděn pstruh obecný (*Salmo trutta*) a siven americký (*Salvelinus fontinalis*), naopak pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*) je odolnější. Vnímavý je i lipan podhorní (*Thymalus thymalus*) a další druhy lososovitých ryb. Vnímavost se liší i mezi druhovými liniemi v závislosti na genetickém původu ryb (Marsden et al., 1996).

Čtyři experimenty

Testování druhové a liniové odolnosti lososovitých k PKD

1. Druhová odolnost. V roce 2015 bylo v intenzivním chovu odebráno 50 vzorků ledvin od lososovitých ryb: siven americký (*Salvelinus fontinalis*) dvouroček – 10 vzorků, kříženec sivena amerického a sivena arktického (*Salvelinus alpinus*) dvouroček – 10 vzorků, pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*) – 30 vzorků ročků a dvouročků (dvouročci chováni na RAS 1. a 2. rok). Ryby byly usmrceny, byly posouzeny patologicko-anatomické změny a odebrány vzorky pro laboratorní vyšetření. V laboratoři byl následně původce identifikován pomocí imunohistochemické metody a pomocí molekulárních metod (kvalitativní polymerázová řetězová reakce aneb PCR a kvantitativní real-time PCR) (Kent et al., 1998, Bettge et al., 2009).

Výsledky vyšetření ukazuje Tabulka 1.

Tabulka 1

Patologicko-anatomický nálezn (průměrné hodnoty n jedinců: stupnice 0-4, kdy 0 žádné změny, 4 největší změny) a identifikace původce v ledvinách pomocí IHC (průměrný počet původců v zorném poli mikroskopu při zvětšení 200x), kvalitativní PCR a kvantitativní PCR (qPCR) v roce 2015; +/n = pozitivní jedinci/vyšetření jedinci.

Druh ryby	PA nálezn (+/n)	IHC počet (+/n)	PCR (+/n)	qPCR (+/n)
O. mykiss roček	3,1 10/10	138,7±57,1 10/10	8/10	22,0±2,8 10/10
O. mykiss dvouroček (1.rok RAS)	2,0 9/10	43,4±53,9 5/10	0/8	29,2±5,3 7/10
O. mykiss dvouroček (2.rok RAS)	0,9 6/10	0 0/10	1/10	31,5±1,5 4/10
S. fontinalis dvouroček (1.rok RAS)	0,2 1/10	0 0/10	8/10	32,6±2,5 6/10
kříženec dvouroček (2.rok RAS)	negativní	1,65±1,1 2/10	2/10	31,8±2,1 9/10

2. Liniová odolnost. V roce 2017 bylo vyšetřeno 40 ryb: siven americký (*Salvelinus fontinalis*), původem z Itálie – 10 ryb, siven americký (*Salvelinus fontinalis*), původ Dánsko – 10 ryb, pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*), původ Severní Irsko – 10 ryb, pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*), původ Itálie – 10 ryb. Ryby byly usmrceny, byly posouzeny patologicko-anatomické změny a odebrány vzorky pro laboratorní stanovení, které probíhalo stejným způsobem jako u vzorků z roku 2015 (Kent et al., 1998, Bettge et al., 2009). Výsledky vyšetření ukazuje Tabulka 2.

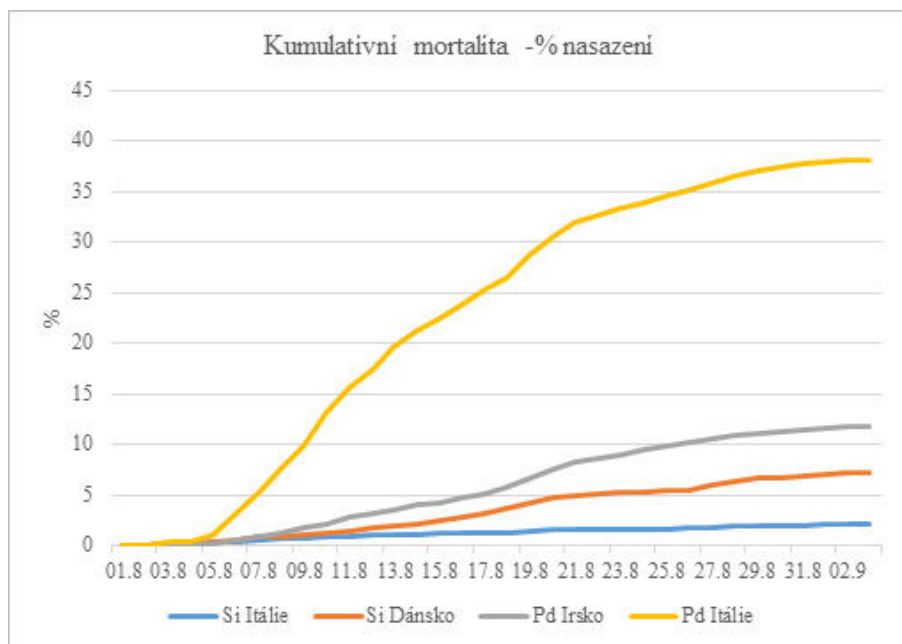
U rybí obsádky byla průběžně zaznamenána mortalita ryb spojená s PKD a Graf 1 ukazuje vyhodnocení kumulativní mortality.

Tabulka 2

Patologicko-anatomický náález u vyšetřených ryb (průměrné hodnoty n jedinců: stupnice 0–4, kdy 0 = žádné změny, 4 = největší změny), výsledky IHC (průměrný počet původců v zorném poli mikroskopu při zvětšení 200x), výsledky kvalitativní PCR a kvantitativní real-time PCR (qPCR); +/n = pozitivní jedinci/vyšetření jedinci.

Druh ryby	PA náález (+/n)	IHC počet (+/n)	PCR (+/n)	qPCR (+/n)
O. mykiss původ S. Irsko	0,5 7/10	0,9±0,7 3/9	10/10	31,2±2,9 8/10
O. mykiss původ Itálie	2,8 10/10	14,0±12,7 3/4	8/10	26,3±5,1 9/10
S. fontinalis původ Itálie	negativní	0 0/10	8/10	30,6±2,1 8/10
S. fontinalis původ Dánsko	0,15 2/10	0,4±0,2 2/10	10/10	29,6±2,9 9/10

Graf 1. Kumulativní mortalita linií pstruha duhového (*O. mykiss*) a sivena amerického (*S. fontinalis*)



Testování druhové a liniové odolnosti lososovitých k furunkulóze

3. Jak je uvedeno výše, za nejvnímavější k furunkulóze je uváděn pstruh obecný a siven americký, pstruh duhový je odolnější. Cílem experimentu bylo zjistit, zda existují rozdíly ve vnímavosti i mezi různými druhy sivenů.

Různé druhy sivenů (*Salvelinus fontinalis*, *S. namaycush* a kříženci sivenů) byly podrobeny experimentální challenge *Aeromonas salmonicida* v dávkách 102, 103 a 104 CFU na rybu. U ryb bylo sledováno přežití a přeživším rybám byla po třech týdnech po aplikaci nejvyšší dávky bakterií odebrána krev na vyhodnocení vybraných imunitních parametrů a poté byly ryby usmrceny. Následně byl vyhodnocen získaný profil imunitní odpovědi u jednotlivých druhů ryb. Experiment probíhal v teplotním rozmezí vody 15 – 17 °C, pH vody bylo 7,6 – 8,3, syčení kyslíkem nad 90 %. Průměrná hmotnost ryb při ukončení experimentu byla (průměr ± SD): siven americký 33,3 ± 8,3g, kříženci 23,9 ± 9,6g, siven obrovský 10,8 ± 4,3g. Výsledky testování ukazuje Tabulka 3 a 4.

Tabulka 3

Hematologické parametry (průměr ± SD)

Druh ryby	Celkový počet erytrocytů (T.l ⁻¹)	Celkový počet leukocytů (G.l ⁻¹)
<i>S. fontinalis</i> n=10	0,84 ± 0,21 ^B	35,0 ± 10,6
kříženec n=8	0,85 ± 0,21 ^B	32,0 ± 13,3
<i>S. namaycush</i> n=8	0,52 ± 0,11 ^A	25,3 ± 8,5

Tabulka 4

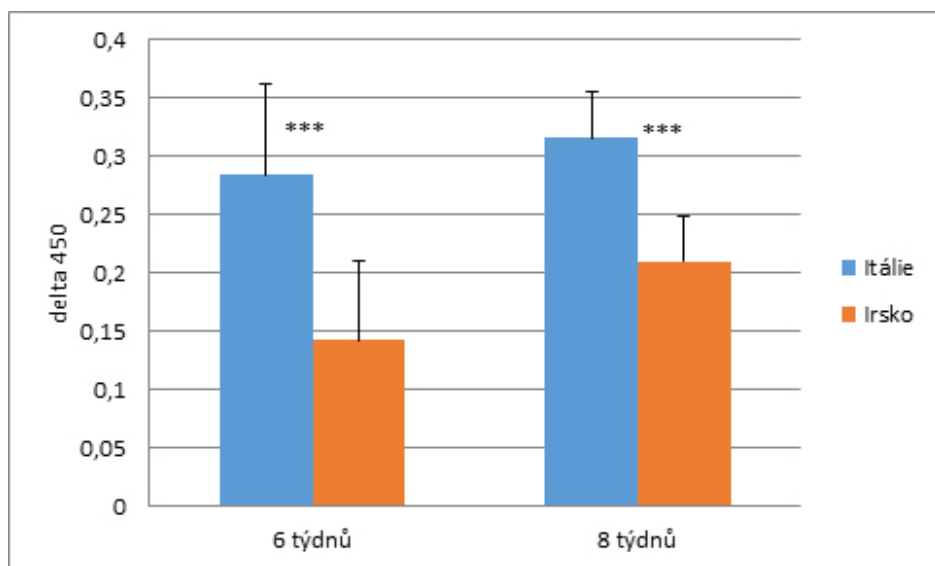
Imunitní parametry (průměr ± SD)

	Oxidativní vzplanutí – integrál CHL (RLU . s)	Celkové imunoglobuliny (mg . ml ⁻¹)	Titr specifických protilátek	Aktivita komplementu (min ⁻¹)
<i>S. fontinalis</i> n=10	477810 ± 192324 ^A	22,3 ± 3,8	0,23 ± 0,07 ^B	95,6 ± 3,3
kříženec n=8	1251333 ± 873063 ^{AB}	21,6 ± 2,2	0,22 ± 0,07 ^b	93,5 ± 4,2
<i>S. namaycush</i> n=8	989916 ± 386255 ^B	23,4 ± 5,0	0,14 ± 0,02 ^{Aa}	97,4 ± 4,4

4. Cílem čtvrtého experimentu bylo zjistit, zda dvě **geneticky odlišné linie pstruha duhového** (jedna původem z Itálie, druhá ze Severního Irsku) vykazující různou odolnost vůči PKD, budou vykazovat i odlišnou vnímavost vůči furunkulóze lososovitých ryb.

Ryby obou linií byly podrobeny v laboratorních podmínkách experimentální infekci *A. salmonicida*. Bakteriální suspenze byla aplikována intraperitoneálně. Dávka 0,1 ml obsahovala 5. 10² bakterií na jednu rybu. Celkem byla challenge provedena u cca 25 ks ryb od každé linie. Průměrná hmotnost ryb linie z Itálie byla 182 ± 42 g, u linie z Irska 194 ± 49 g. Ryby byly odchovávány po dobu 8 týdnů při teplotě 15 °C a krmeny komerční krmnou směsí pro lososovité ryby. Po 6 týdnech od aplikace bylo odebráno z každé skupiny po osmi kusech ryb. Těmto rybám byla odebrána krev pro zjištění titru specifických protilátek proti *A. salmonicida*. Ukončení pokusu bylo po osmi týdnech. Po celou dobu bylo sledováno chování ryb a zaznamenávány úhyny ryb. U uhynulých ryb i u ryb usmrčených po skončení experimentu byla provedena kultivace ze sleziny na krevní agar. V krvi usmrčených ryb byl stanoven celkový počet leukocytů, oxidativní vzplanutí fagocytů (chemiluminiscenčně po aktivaci opsonizovaným zymozanem). V plasmě ryb byla dále stanovena koncentrace celkových imunoglobulinů (srážecí metoda síranem zinečnatým), bakteriolytická aktivita komplementu (chemiluminiscenčně s využitím bioluminiscenčního kmene *Escherichia coli*) a titr specifických protilátek proti *A. salmonicida* (ELISA metoda).

Graf 2. Titr specifických protilátek proti *Aeromonas salmonicida*



Využití druhové a liniové odolnosti lososovitých ryb v pstruhařství

Výsledky potvrdily, že existují rozdíly nejen v druhové, ale i v liniové odolnosti lososovitých ryb k daným onemocněním působícím zdravotní problémy a ekonomické ztráty v chovech a lze je aplikovat při výběru vhodných druhů a linií ryb pro chov.

PKD

Co se druhů týče – siven americký a kříženci sivena jsou odolní k PKD. U sivena amerického byly zaznamenány nevýrazné patologicko-anatomické změny v ledvinách pouze u dvou vzorků ryb původem z Dánska, ale PCR potvrdila přítomnost parazita téměř u všech kusů. Z těchto výsledků je vidět, že i když je parazit *T. bryosalmonae* v těle ryby přítomen, nemusí se nemoc klinicky projevit. Výrazné patologicko-anatomické změny byly zachyceny v různém rozsahu u pstruha duhového. Ryby, které se s patogenem setkaly podruhé, měly výrazně menší patologicko-anatomický nález.

Odlišná liniová vnímavost vůči PKD byla zjištěna zejména u pstruha duhového. Jako prokazatelně odolnější vůči PKD se jevil pstruh duhový původem ze Severního Irsku. U sivena amerického byl mezi liniemi také zjištěn rozdíl ve vnímavosti, ale ne tak výrazný.

Furunkulóza

Co se týče druhové odolnosti sivenů k furunkulóze, z výsledků je patrný jistý rozdíl mezi druhy v reakci na experimentální challenge *A. salmonicida*. I když ryby byly stejného stáří, byly mezi nimi patrné hmotnostní a velikostní rozdíly. Zvýšená mortalita u kříženců a zejména u sivenů obrovských mohla být způsobena právě menší velikostí ryb. Nicméně ze sledovaných imunitních parametrů je patrné, že siven americký, u kterého nedošlo k žádnému úhynu, vykazoval po třech týdnech od aplikace nejvyšší titr protilátek proti *A. salmonicida*, což svědčí o lepší reakci specifického imunitního systému a potažmo o vyšší odolnosti oproti křížencům sivenů a sivenu obrovskému vůči tomuto onemocnění.

I testování liniové odolnosti u pstruha duhového přineslo zajímavé výsledky. Je z nich patrné, že linie pstruhů duhových původem z Itálie reagovala výrazně vyššími titry specifických protilátek a jeví tudíž vyšší odolnost vůči furunkulóze. V porovnání s vnímavostí k PKD je to tedy situace odlišná: linie vykazující vyšší odolnost vůči PKD (původ Irsko) je více vnímavá k furunkulóze.

Pro chov, ve kterém se vyskytují problémy s oběma onemocněními, je tedy nutné zvážit využití vhodných linií ve vztahu k porovnání ztrát působených původci těchto onemocnění a k přihlédnutí k možnostem jejich tlumení, tj. likvidace mechovek a/nebo správný management nasazování ryb do infikovaného systému u PKD vs. použití antimikrobiálních látek a/nebo vakcinace či aplikace imunostimulantů u furunkulózy.

Závěr

Bylo potvrzeno, že existují rozdíly v odolnosti lososovitých ryb vůči daným onemocněním nejen v rámci jejich druhů, ale i v rámci jednotlivých linií. Výběrem těchto vhodných druhů a linií pro chov v intenzivní akvakultuře lze minimalizovat ztráty v chovech, a také riziko šíření onemocnění do volných vod.

Poděkování

Tato studie vznikla za finanční podpory Interní grantové agentury VFU Brno (projekt č. 219/2017/FVHE) a MZe NAZV (projekt č. QJ1510077).

Literatura

- Bettge, K., Segner, H., Burki, R., Schmidt-Posthaus, H., Wahli, T. 2009. Proliferative kidney disease (PKD) of rainbow trout: temperature- and time-related changes of *Tetracapsuloides bryosalmonae* DNA in the kidney. *Parasitology*, 136: 615-625.
- Clifton-Hadley, R.S., Bucke, D., Richards, R.H., 1984. Proliferative kidney disease of salmonid fish: a review. *Journal of Fish Diseases*, 7: 363–377.
- Feist, S.W., Longshaw, M., Canning, E.U., Okamura, B. 2001. Induction of proliferative kidney disease (PKD) in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* via the bryozoan *Fredericella sul-tana* infected with *Tetracapsula bryosalmonae*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 45: 61-68.
- Grabner, D. S., El-Matbouli, M. 2009. Comparison of the susceptibility of brown trout (*Salmo trutta*) and four rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) strains to the myxozoan *Tetracapsuloides bryosalmonae*, the causative agent of proliferative kidney disease (PKD). *Veterinary Parasitology*, 165: 200-206.
- Hedrick, R.P., MacConnell, F., de Kinkelin, P. 1993. Proliferative kidney disease of salmonid fish. *Annual Review of Fish Diseases*, 3: 277-290.
- Kent, M.L., Khattra, J., Hervio, D.M.L., Devlin, R.H. 1998. Ribosomal DNA Sequence Analysis of Isolates of the PKX Myxosporean and Their Relationship to Members of the Genus *Sphaerospora*. *Journal of Aquatic Animal Health*, 10: 12-21.
- Longshaw, M., Le Deuff, R.M. Harris, A.F., Feist, S.W. 2002. Development of proliferative kidney disease in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), following short-term exposure to *Tetracapsula bryosalmonae* infected bryozoans. *Journal of Fish Diseases*, 25(8), 443-449.
- Marsden, M.J., Freeman, L.C., Cox, D., Secombes, C.J., 1996. Non-specific immune responses in families of Atlantic salmon, *Salmo salar*, exhibiting differential resistance to furunculosis. *Aquaculture*, 146: 1–16.
- Okamura, B., Hartikainen, H., Schmidt-Posthaus, H., Wahli, T. 2011. Lifecycle complexity, environmental chase and the emerging status of salmonid proliferative kidney disease. *Freshwater Biology*, 56(4): 735-753.
- Palikova, M., Papezikova, I., Markova, Z., Navratil, S., Mares, J., Mares, L., Vojtek, L., Hyrsil, P., Jelinkova, E. 2017. Proliferative kidney disease in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under intensit breeding conditions: Pathogenesis and haematological and immune parameters. *Veterinary Parasitology*, 238: 5-16.
- Plehn, M., 1911. Die Furunculose der Salmoniden. *Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene, Originale, Abteilung I* 60: 609–624.

Mráz, J.,^a Kašpar, J.,^a Adámková, V.,^b Hora, J.,^c Fuka, Z.^c

^aFROV JU, CENAKVA, Ústav akvakultury a ochrany vod, České Budějovice

^bInstitut klinické a experimentální medicíny, Praha

^cTilapia s.r.o., Tábor

Stravovací návyky z dětství si nese každý jedinec do dospělosti a někdy se těch nesprávných jenom těžko zbavuje. Česká kuchyně posledních let je stále charakteristická přemírou živočišných nevhodných tuků, nedostatkem vlákniny, vysokým obsahem soli, a i přes nejrůznější programy na podporu konzumace ryb je jejich spotřeba v ČR dlouhodobě hluboko pod doporučoványými hodnotami. Ryby a rybí výrobky jsou pro lidský organizmus zdrojem ryбіho proteinu, vitamínů a minerálů a hlavně omega 3 mastných kyselin, které si lidské tělo neumí samo vyrobit. Ty jsou důležité pro prevenci a léčbu kardiovaskulárních onemocnění, rozvoj mozku, nervové soustavy, očí a kognitivních vlastností.

Většina zdravotnických organizací a nutričních odborníků se shoduje, že bychom měli konzumovat ryby alespoň dvakrát týdně. Vzhledem k jejich velkému pozitivnímu vlivu na lidské zdraví je třeba hledat cesty, jak jejich spotřebu v ČR zvýšit. Jednou z možných cest je zaměřit se na zvýšení spotřeby rybích výrobků již v raném věku u předškolních dětí. V tomto věku si děti vytváří své stravovací stereotypy, které si s sebou většinou nesou po zbytek života. Bohužel je nabídka rybích výrobků vhodných pro stravování předškolních dětí velmi omezená. Rybí výrobky buď nesplňují podmínku toho, že nesmí obsahovat kosti, nebo jsou z nutričního pohledu nevhodné (např. předsmažené rybí prsty apod.), nejsou pro děti atraktivní anebo jsou složité na přípravu. Z praxe víme, že je velmi obtížné donutit děti některé výrobky jíst, protože jim nepřipadají atraktivní nebo jim chuťově nejsou blízké. Je proto třeba na základě skutečných připomínek dětí vytvořit výrobky, které budou dětem blízké a budou jimi přijímány.

V rámci realizace inovačního projektu z OP rybářství „Vývoj nových rybích výrobků pro předškolní děti“ vyvíjíme rybí výrobky a receptury pro přípravu rybích pokrmů, které jsou vhodné pro předškolní stravování dětí. Díky tomu dojde k vytvoření rybích výrobků, které napomohou k zvýšení spotřeby ryb u předškolních dětí a v delším horizontu i u dospělé populace. V rámci prezentace bude vysvětlena potřeba konzumace rybích výrobků a jejich vliv na lidské zdraví a vytváření stravovacích stereotypů. Dále bude v rámci ochutnávky představen sortiment vyvinutých rybích výrobků pro předškolní děti.

Poděkování

Výsledky byly získány za finanční podpory MŠMT (projektu CENAKVA) a OP rybářství projektu CZ.10.2.101/2.1/0.0/17_011/0000459 Vývoj nových rybích výrobků pro předškolní děti



Malý Ondřej, Zugárková Iveta, Mareš Jan, Poštulková Eva

odd. Rybářství a hydrobiologie,
Mendelova univerzita v Brně
Zemědělská 1, 613 00 Brno

Úvod

Fosfor je jedním z nejdůležitějších prvků organismu. V přírodě se fosfor vyskytuje v mnoha formách. Zeman et al. (2007) uvádí, že přirozeně se vyskytující fosfor v krmivu nepokrývá potřebu organismu, proto bývá do krmiv přidáván fosfor doplňkový. Nejefektivnější formou doplňkového anorganického fosforu je monokalciium fosfát, který dosahuje stravitelnosti až 94 %. Monokalciium fosfát má vysokou procentuální využitelnost fosforu, ale jeho cenou se stává neekonomickým. Dalším zdrojem doplnění fosforu je rybí moučka. Obsahuje velké množství organického fosforu, který je pro ryby lépe využitelný, ale stravitelnost u kaprovitých ryb nepřesahuje 25 % (Jirásek et al. 2005). V posledních letech je stále větší tlak na snižování podílu rybí moučky v krmivech, proto bývá nahrazována jinými alternativními komponenty převážně rostlinného původu, které tvoří základ krmných směsí pro většinu druhů ryb (Mareš et al. 2015), nebo jsou ryby přikrmovány pouze rostlinnými krmivy.

Rostliny ukládají téměř 80% fosforu ve formě kyseliny fytové, která je pro kaprovité ryby špatně stravitelná a fosfor v ní uložený se stává pro ryby nevyužitelný. Stravitelnost fosforu z kyseliny fytové se u kapra pohybuje v rozmezí 8-35 %. Nevyužitý fosfor odchází do vodního prostředí, zvyšuje ekologickou zátěž prostředí a přispívá k eutrofizaci vod. Kyselina fytová je v průběhu trávicího procesu hydrolyzována pomocí enzymu fytázy, který u ryb chybí. Dodáním enzymu fytázy do krmných směsí je možné docílit zvýšení využitelnosti fytátového fosforu.

Hlavními znaky při působení fytáz je zlepšení dostupnosti a stravitelnosti fosforu z kyseliny fytové, zvýšení dostupnosti minerálních látek a snížení vylučování fosforu výkaly do vodního prostředí (Brož 2002). Fytázy jsou v přírodě velmi hojné. V rostlinách se vyskytují tzv. endogenní fytázy, u přežvýkavých jsou produkovány ve velkém množství prostřednictvím bачorové mikroflóry. U ryb a monogastrů je produkce fytázy téměř nulová (Simmons et al. 1990). Mikrobiální fytázy mají zpravidla větší aktivitu než fytázy endogenní. Endogenní fytázy nejsou u suchých semen rostlin aktivní. Jejich aktivita nastupuje až v období klíčení, aby byly schopny postupně uvolňovat fosfor potřebný pro růst rostliny (Singh 2008). Mikrobiální fytázy jsou nejvíce používány jako alternativa pro výrobu krmných fytáz. Jsou získávány prostřednictvím vláknitých plísní, bakterií nebo kvasinek. Nejvíce se osvědčily fytázy rodu *Aspergillus* (Pandey et al. 2000). Aktivita fytázy je definovaná ve fytátových jednotkách FTU (phytase unit), kdy jedna FTU je množství aktivního enzymu, který uvolní jeden mikromol anorganického fosforu z 0,0015 molárního roztoku fytátu sodného během jedné minuty při teplotě 37 °C a pH 5,5 (Simmons et al., 1990)

Fytázy se dělí do dvou skupin podle toho, kde začíná hydrolyza molekuly fytátu. První skupinou jsou 3-fytázy, které začínají hydrolyzovat na pozici třetího atomu uhlíku kyseliny fytové. Druhými jsou 6-fytázy, u kterých začíná hydrolyza na šestém uhlíku. Většina mikrobiálních fytáz se řadí do první skupiny. Endogenní fytázy potom spíše do skupiny druhé (Selle and Ravindran 2006). Využití fytáz ovlivňuje několik faktorů. Zásadními faktory pro správnou aktivitu fytázy jsou teplota a pH. Endogenní fytázy jsou náchylnější na teplotu prostředí a mají úzké rozmezí pH, ve kterém dokáží aktivně působit (Simmons et al. 1990). Většina fytáz vykazuje nejvyšší aktivitu v rozmezí pH 2,5-5,5. Kapr s jeho trávicím ústrojím bez žaludku a neutrálním pH nedokáže aktivně enzym využívat. Tento problém může být vyřešen přidáním organických kyselin do krmných směsí, například mravenčí nebo citronovou, které dokáží navodit optimální prostředí pro působení fytázy. Další z limitujících faktorů je teplota prostředí pro působení fytázy. Většina průmyslově vyráběných fytáz je citlivější na vyšší teploty. Aktivita fytázy je limitována maximální teplotou v rozmezí 46-60 °C. Při výrobě krmiv granulací či extruzí s použitím sypké fytázy dochází často k převyšování těchto teplot a dochází k denaturaci bílkoviny enzymu. (Cao et al. 2007). Možnost zamezení denaturaci bílkovin tepelným šokem je nástřik kapalné fytázy na hotové granulace. Koncentrovaná fytáza je míchána se stabilizátorem, například se síranem hořečnatým a následně je aplikována na granulace (Vielma et al. 2004).

Přídavek kyseliny citronové pozitivně ovlivňuje aktivitu fytázy, následné rozložení molekuly kyseliny fytové a uvolnění fosforu, který je pro kapra dobře využitelný. Zvýšená stravitelnost uvolněného fosforu z rostlinných komponentů snižuje vylučování fosforu do vodního prostředí a možné následné snížení nebo omezení procesu eutrofizace vod. Otázkou je cena aplikovaných fytáz s kyselinou citronovou.

Metodika experimentů

Naše sledování byla zaměřena na sledování vlivu přídavku fytázového enzymu spolu s kyselinou citronovou do krmiva pro ryby na stravitelnost fosforu. Souběžně pak na zhodnocení vlivu přídavku na produkční a hematologické parametry ryb.

Jako testovaný produkt byla vybrána průmyslově vyráběná fytáza Phyzyme XP 10.000 TPT. Fytáza je produktem společnosti Danisco Animal Nutrition. Tato fytáza je produkována bakterií *E. coli* a je dostupná ve formě tekuté a sypké, kdy pro naše sledování byla vybrána sypká fytáza. Fytáza Phyzyme byla vybrána zejména z důvodu vyšší odolnosti enzymu vůči teplotě až 95 °C. Optimální hodnota pH pro tento enzym je na hladině 4 až 4,5. Z tohoto důvodu byla část diet okyselena kyselinou citrónovou.

Pro experiment bylo připraveno pět diet, jejichž základem bylo krmivo KP1 z VKS Stříbrné Hory s obsahem dusíkatých látek 18%. První z diet byla kontrolní, bez jakýchkoliv přídavků. Poté byly vyrobeny dvě směsi s 500 FUT a 1000 FUT fytázy a dvě směsi se stejným obsahem fytázy, ale s přídavkem 3% kyseliny citrónové. Z důvodu nízkého obsahu dusíkatých látek v KP1 byly diety obohaceny o 10% sójového extrahovaného šrotu, přídavek pellet-dur stabilizoval granulace. Složení jednotlivých diet je uvedeno v tabulce 1.

Tabulka 1 Složení použitých diet.

	kontrola	F500	F1000	F500C3	F1000C3
KP1	90%	90%	90%	87%	87%
sójový šrot	10%				
pellet-dur	0,5%				
fytáza		500 FTU	1000 FTU	500 FTU	1000 FTU
kys. citrónová				3%	3%

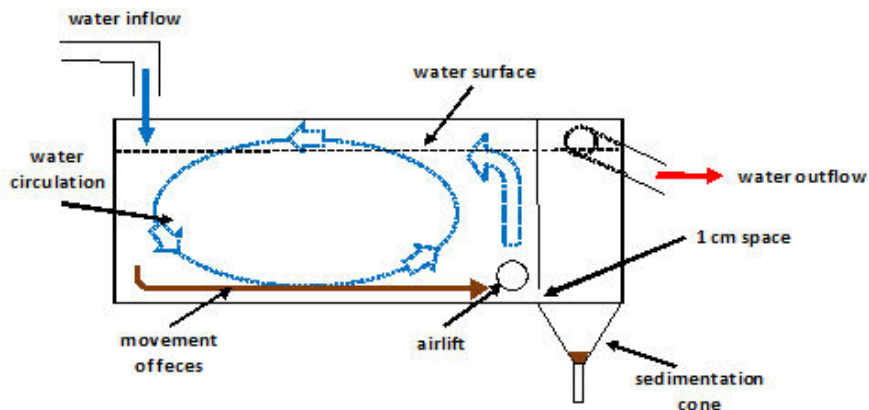
Před zahájením testu bylo základním ověřením účinnosti enzymu fytázy v námi připravených dietách. Tyto analýzy byly provedeny dle EN ISO 30024 Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem Zemědělským. Analýzy zjišťující aktivitu fytázy v dietě byly základním předpokladem dosažení pozitivních výsledků experimentů.

Stravitelnost fosforu

Pro tuto část sledování bylo nasazeno 42 kusů násady kapra obecného, plemene amurský lysec, linie Pohořelická. Ryby o průměrné hmotnosti 85g byly nasazeny do šesti nádrží o objemu 106 litrů. Nádrže jsou speciálně upraveny pro odběr exkrementů ryb (obr. 1) a jsou napojeny na recirkulační systém.

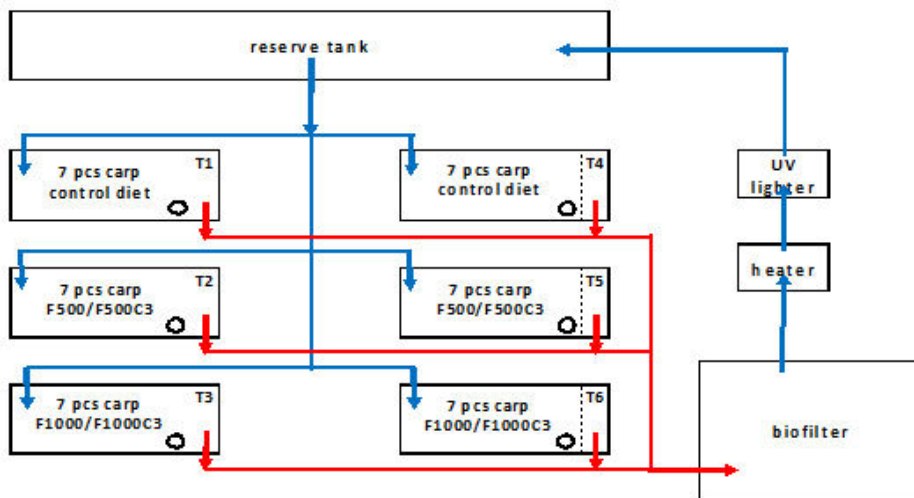
Obrázek 1. Schéma nádrže určené k odběru sedimentujících exkrementů

Vlastní experiment byl rozdělen na dvě části, které probíhaly po dobu 14 dní. V první části



byly testovány diety bez kyseliny citronové a v druhé části diety s kyselinou citronovou vždy v porovnání s kontrolní dietou. Před zahájením experimentu byly ryby po dobu jednoho týdne aklimatizovány na nové podmínky a navykány na nové krmivo, které bylo následně použito v experimentu. Podrobnější specifikace experimentu včetně začlenění nádrží do systému je na obrázku 2. Vzorky výkalů byly odbírány každý den ráno a ukládány do vzorkovnic do mrazicího boxu. Výkaly byly odsávány hadičkou s pipetou a filtrovány přes filtrační papír.

Obrázek 2 Schéma první části experimentů a použitého systému



Sledování stravitelnosti fosforu bylo prováděno indikátorovou metodou (obr. 3), kdy indikátorem byla zvolena endogenní vláknina obsažená v komponentech použitých diet. Použité diety a odebrané vzorky výkalů byly analyzovány na obsah celkového fosforu a obsah vlákniny a následně byla zjištěna stravitelnost fosforu.

Obrázek 3 Výpočet stravitelnosti živiny pomocí indikátorové metody

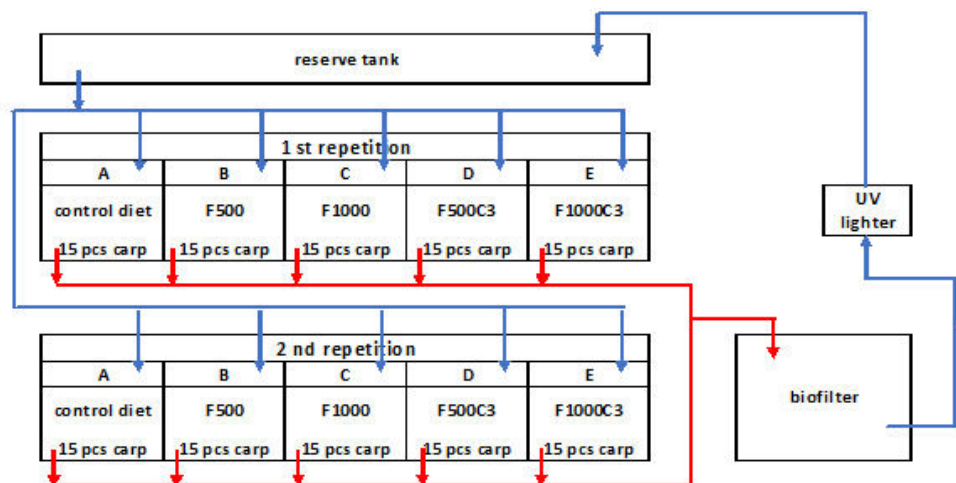
$$\text{stravitelnost živin} = 100 - \frac{\text{indikátor krmiva} \times \text{živina výkalů}}{\text{indikátor výkalů} \times \text{živina krmiva}} \times 100$$

Produkční parametry

Pro tuto část sledování bylo vybráno 150 kusů násady kapra obecného, stejného původu jako v předchozí části. Z důvodu dostatečné biomasy ryb v nádrži byly vybrány ryby o průměrné hmotnosti 134,4g. Ryby byly nasazeny do deseti nádrží o objemu 160litrů, do každé 15 kusů. Do experimentu byly použity diety totožné s první částí sledování. Experiment probíhal ve dvou opakování po dobu 72 dnů (obrázek 4). Týden před zahájením testu byly ryby aklimatizovány na nové podmínky prostředí a navykány na nové krmivo. Rybám bylo krmivo předkládáno 3x denně v celkové dávce 3% obsádky nádrže.

V této části experimentu byl sledován vliv fyty a kyseliny citronové na délkohtmotnostní parametry (celková délka těla Dc, délka těla Dt, výška V, šířka Š a hmotnost W), kondiční ukazatele (Fultonův koeficient vyživenosti Fc, koeficient vyživenosti dle Clarka, indexy vysokohřbetosti Iv a širokohřbetosti Iš) dle Dubský et al. (2003), dále na produkční ukazatele (krmný koeficient FCR, specifická rychlost růstu SGR) dle Mareš et al. (2015), a hematologické parametry dle Svobodová a kol. (2012). Před začátkem experimentu a při jeho ukončení byly ryby individuálně změřeny a zváženy a byly zjištěny základní délkohtmotnostní ukazatele a koeficienty. Při ukončování experimentu byly rybám individuálně odebrány vzorky krve pro následné analýzy.

Obrázek 4 Schéma druhé části experimentu a použitého systému

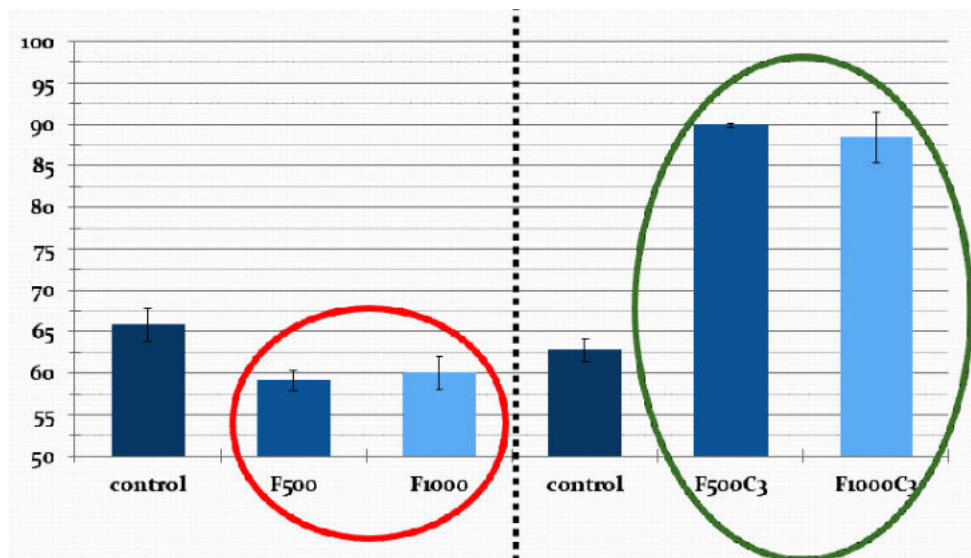


Výsledky a diskuze

Výsledky analýzy aktivity fytázy poukazují na přítomnost tzv. endogenní fytázy. V kontrolní dietě byla zjištěna aktivita fytázy 257 FTU, což představuje právě endogenní fytázu. V dietách s přídavkem 500 FTU bylo zjištěno průměrně 761 FTU a v dietách s přídavkem 1000 FTU bylo zjištěno 1350 FTU. Tyto výsledky ukazují vyšší výslednou aktivitu fytázy v dietách než byla požadována, což je dáno především přítomností endogenní fytázy.

Stravitelnost fosforu

Graf 1 Stravitelnost fosforu u použitých diet



Z grafu 1 je patrné výrazné zvýšení stravitelnosti fosforu v případě diet F500C3 a F1000C3 oproti všem ostatním dietám. U kontrolních diet byla zjištěna stravitelnost 64,3%. Stejně tak v dalších studiích (Malý 2015) byla zjištěna stravitelnost fosforu z KP1 okolo 64%. V levé části grafu je zaznamenána stravitelnost fosforu u diet bez přídavku kyseliny citronové. Z těchto byla dosažena stravitelnost dokonce nižší, než u diety kontrolní. Tento trend byl opět potvrzen i ve studii Malý (2015), kde byla použita fytáza Natuphos. Můžeme tedy usuzovat, že v případě použití běžných tzv. kyselých fytáz nedojde k žádnému ovlivnění stravitelnosti bez okyselení směsi. V případě okyselení těchto směsí třemi procenty kyseliny citronové, došlo k velmi významnému zvýšení stravitelnosti fosforu! Stravitelnost byla navýšena o 27,13%, respektive o 25,66% ($p=0,0017$). Přídavek kyseliny citronové velmi výrazně ovlivnil účinnost enzymu přidaného do krmiva. Stejných výsledků bylo dosaženo i v dalších studiích. Promkunthong et al. (2010) došel k podobným výsledkům také u kapra obecného. Baruah et al. (2005) prokázal zvýšení stravitelnosti fosforu při použití 500 FTU a 3% kyseliny citronové u druhu Labeo rohita. Dále bylo zjištěno, že hladina fytázy nemá v tomto případě vliv na výši stravitelnosti fosforu. Podobné výsledky byly prezentovány ve studii Nwanna and Schwarz (2007), kde byla zjištěna významně vyšší stravitelnost, ovšem bez větších rozdílů u různých hladin enzymu.

Produkční parametry

Tabulka 2 Produkční parametry ryb při použití testovaných diet

	kontrola	F500	F1000	F500C3	F1000C3
FCR	2,44	2,52	2,46	1,97	1,97
SGR	0,99	0,91	0,91	1,09	1,12
FCR / SGR	2,46	2,77	2,70	1,81	1,76
přírůstek (g)	2015	1807	1803	2335	2457
přírůstek (%)	100,75	89,99	90,51	115,99	120,68

Ze získaných dat je patrné, že diety s přídavkem fytázy a kyseliny citronové významně ovlivňují produkční parametry. V obou případech okyselených diet byl zjištěn o téměř 20% nižší krmný koeficient ($p=0,002$) a o 11% vyšší hodnota specifické rychlosti růstu ($p=0,004$). Tyto hodnoty poukazují na vyšší efektivitu krmiva a snižování krmných nákladů. Khajehpour (2012) prezentuje stejný trend vývoje těchto hodnot u kapra obecného krmeného rostlinnými krmivy s 500 FTU, při použití enzymu Natuphos 5000G. Naopak Danwitz (2016) dosáhl opačných výsledků. V tomto případě byly ovšem použity diety na bázi rybí moučky a řepkového oleje. Na pozitivní vliv okyselených krmiv poukazuje i přírůstek ryb, který u obou těchto diet přesáhl 100% počáteční hmotnosti ryb za dané období.

Délkohmotnostní parametry

Tabulka 3 Délkohmotnostní parametry ryb (mm)

	kontrola	F500	F1000	F500C3	F1000C3
Dc	244,38±20,32	245,95±25,74	244,63±31,59	258,23±26,46	266,35±25,35
Dt	186,70±17,69	188,30±20,90	186,53±26,57	198,05±22,89	203,98±20,66
V	72,83±6,93	72,95±9,87	70,73±10,76	76,00±9,84	76,72±8,24
Š	37,30±3,85	38,33±7,69	36,96±4,68	38,90±4,52	39,82±3,34
W (g)	256,70±70,15	259,43±89,08	255,20±94,71	289,88±96,17	301,56±67,75

V případě sledovaných délkohmotnostních parametrů došlo k průkaznému zvýšení celkové délky těla Dc (**p=0,008**) a délky těla Dt (**p=0,01**) při zkrmování okyselené diety s 1000 FTU fytázy. V žádném z ostatních parametrů nedošlo k významnému ovlivnění těchto hodnot vlivem použité diety.

Kondiční ukazatele a hematologické parametry

Ze získaných dat bylo zjištěno, že použité diety nemají žádný významný vliv na kondiční ukazatele ryb a hematologické parametry krve ryb.

Závěr

Chov kapra má v české historii velmi hluboké kořeny. Kapr je hlavní chovanou rybou v rybních, která je přikrmována krmivy rostlinného původu, zejména pak obilovinami nebo krmnými směsmi na bázi obilovin. Fytátový fosfor obsažený v obilovinách je pro kapra téměř nestravitelný. V naší studii jsme se zaměřili na zlepšení stravitelnosti tohoto fosforu prostřednictvím okyselení diety v kombinaci s fytázou a zjištění vlivu těchto diet také na různé další parametry vypovídající o kvalitě chovu a zdravotním stavu ryb.

Závěrem můžeme tedy říct, že přídavek enzymu fytázy spolu s kyselinou citronovou má velice významný vliv na zlepšení stravitelnosti fosforu, která je o více než 25% vyšší než u krmiva KP1. Dalším pozitivním zjištěním že zlepšení konverze krmiva o téměř 20% a zvýšení procentuálního denního přírůstku o 11%. V případě dalších sledovaných parametrů došlo k prokázání vlivu krmiva pouze na celkovou délku těla a délku těla. Co se týče ostatních délkohmotnostních parametrů, kondičních ukazatelů či parametrů hematologických, nebyl zde prokázán žádný vliv krmiva oproti kontrolní skupině krmené běžně používaným krmivem KP1.

Vzhledem k velice nízkému množství enzymu, které je zapotřebí pro zvýšení stravitelnosti, není jeho přídavek do krmiva ekonomicky náročný. Velkoobchodní cena námi používané čisté fytázy se na světovém trhu pohybuje okolo 6 dolarů za kilogram, což v dávce 500 FTU představuje navýšení ceny jednoho kilogramu krmiva o méně 0,01 Kč. Co se kyseliny citronové týká, námi používá kyselina je na trhu realizována přibližně za 160 Kč za kilogram. Při přídavku 3% do krmiva by došlo k navýšení ceny krmiva zhruba o 4,5 Kč. Naopak by bylo možné snížit množství doplňkového monokalciium fosfátu. Z hlediska krmných nákladů je jistě i snížení krmného koeficientu o více než 20%.

Úprava krmných směsí fytázou a kyselinou jistě není žádný velký zásah do ekonomiky

chovu, v případě krmení tržních ryb by cena krmiva stoupla o cenu zpracování pšenice do granulované formy.

Použitá literatura

- Baruah K., Pal A. K., Sahu N. P., Jain K. K., Mukherjee S. C., Debnath D. 2005: Dietary protein level, microbial phytase, citric acid and their interactions on bone mineralization of *Labeo rohita* (Hamilton) juveniles. *Aquaculture Research*, 36, 803–812.
- Brož J., 2002: *Krmné enzymy ve výživě drůbeže*. Veterinářství. 52. 111-113. Dostupné na: <http://vetweb.cz/krmne-enzymy-ve-vyziv-drubeze/>
- Cao L., et al., 2007: Application of microbial phytase in fish feed. *Enzyme and Microbial Technology*. 40. 497-507.
- Danwitz, A. et al. 2016. Dietary phytase supplementation in rapeseed protein based diets influences growth performance, digestibility and nutrient utilization in turbot (*Psetta maxima* L.). *Aquaculture*, 450: 405-411.
- Dubský K., Kouřil J., Šrámek V., 2003: *Obecné rybářství*. 1. vydání. Informatorium, Praha. 308 s. ISBN 80-7333-019-9.
- Jirásek J., et al., 2005: *Potřeba živin a tabulky výživové hodnoty krmiv pro ryby*, 2. vyd., Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 69 s., ISBN 80-7157-832-0.
- Khajepour, G. et al. 2012. Dietary Crude Protein, Citric Acid and Microbial Phytase and Hematocrite of Common Carp, *Cyprinus carpio* L, Juveniles. *World Journal of Zoology*, 7(2): 118-122.
- Malý O., 2015: *Retence fosforu krmiva v chovech ryb*. Diplomová práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně.
- Mareš J., Novotný L., Palíková M. 2015. *Akvakultura – základy výživy a krmení ryb*. 1st ed., Brno: Mendelova univerzita v Brně.
- Nwana, L.C., Schwarz, F.J. 2007. Effect of supplemental phytase on growth, phosphorus digestibility and bone mineralization of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture Research*, 38: 1037-1044.
- Pandey A., et al., 2005: New developments in solid state fermentation. I – bioprocesses and products. *Process Biochemistry*. 35. 1153-1169.
- Phromkunthong W., et al., 2010: Interaction of phytase RONOZYME®(PI) and citric acid on the utilization of phosphorus by common carp (*Cyprinus carpio*). *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 32(6). 547-554.
- Selle P. H., Ravindran V., 2006: Microbial phytase in poultry nutrition. *Animal Feed Science and Technology*. 135. 1-41.
- Simmons P. C. M., et al. 2002: Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. *British Journal Nutrition*. 64. 525-540.
- Singh P. K., 2008: Significance of phytic acid and supplemental phytase in chicken nutrition: a review., *World's Poultry Science Journal*. 64(4), 553-580.
- Svobodová Z., Pravda D., Modrá H., 2012: *Metody hematologického vyšetřování ryb*. Vodňany: Fakulta rybářství a ochrany vod JČU České Budějovice.
- ÚKZÚZ. 2009. *Stanovení aktivity fytázy*. ČSN EN ISO 30024 (467040). Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský.
- Vielma J., et al., 2004: Top-spraying soybean meal based diets with phytase improves protein and mineral digestibility but not lysine utilization in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), *Journal of Aquaculture Research*. 35(10), 955-964.
- Zeman et al., 2007: *Jak splnit požadavky systému "cross-compliance" v oblasti výživy a krmení zvířat*. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7375-124-1

Randák T., Grabic R., Žlábek V.

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Zátíší 728/III, 389 25 Vodňany

V důsledku průmyslového rozvoje se během jednoho století dramaticky zvýšilo množství chemických, které člověk používá. Většina nových chemických sloučenin se nakonec objeví i v životním prostředí jehož součástí jsou i vodní ekosystémy. Přítomnost cizorodých látek ve vodním prostředí je významným faktorem ovlivňujícím zdravotní stav ryb, jejich reprodukci, chování i hygienickou kvalitu.

Hlavní zdroje znečištění vodního prostředí cizorodými látkami

V minulosti se na znečišťování vodního prostředí nejvíce podílela průmyslová výroba. V důsledku vypouštění odpadních vod z průmyslových podniků se do toků dostávala řada chemických sloučenin. Mezi nejvýznamnější znečišťující látky patřily toxické kovy (rtuť – Hg, kadmium – Cd či olovo – Pb) a organochlorované sloučeniny (polychlorované bifenylly – PCB, hexachlorcyklohexan – HCH, hexachlorbenzen – HCB, dichlordifenyltrichloretan – DDT, dioxiny). Po zavedení dokonalejších čistírenských technologií, zákazu výroby a používání řady nebezpečných látek už nejsou přísuny škodlivin z těchto zdrojů do vody tak podstatné. Většina těchto sloučenin však v životním prostředí stále přetrvává a může ovlivňovat i organizmy. Problémem jsou hlavně kontaminované usazeniny v tocích a v nádržích a také staré ekologické zátěže nacházející se poblíž vodních toků. Cizorodé látky z usazenin a skládek se do vodního prostředí neustále uvolňují a kontaminují potravní řetězce, jejichž součástí jsou i ryby.

Dalším významným zdrojem znečištění vodního prostředí cizorodými látkami je **zemědělství**. Zemědělská výroba je v našich podmínkách v současnosti významně zaměřena na produkci plodin využitelných jako zdroj tzv. biopaliv – zejména řepky a kukuřice. Zastoupení těchto plodin v osevních postupech je nepřiměřeně vysoké. Jejich pěstování je spojeno s **masivní aplikací pesticidů** a zejména v případě kukuřice i s intenzivní půdní erozí, jejíž důsledkem je degradace půdního fondu, zanášení koryt vodních toků, rybníků a přehradních nádrží. Obrovským problémem jsou pro vodní prostředí i kvalitu podzemních a povrchových vod používané pesticidy. Jen v případě pěstování řepky se během 1 vegetační sezony porost ošetřuje až 20 krát, přičemž se používá více jak 10 druhů pesticidů. Tyto látky ale samozřejmě působí i na necílové organizmy. Je nutno si uvědomit skutečnost, že testování bezpečnosti účinných látek těchto přípravků je prováděno pouze na několika málo druzích organismů, které se používají v laboratorních testech. Bohužel se zjišťuje, že existují významné rozdíly v citlivosti různých druhů podobných organismů vůči stejné účinné látce. Např. u různých druhů raků byly zjištěny i řádové rozdíly v citlivosti vůči stejnému pesticidu. Citlivější vůči působení cizorodých látek jsou juvenilní stadia. Účinné látky aplikovaných pesticidů se v životním prostředí rozkládají na různé degradační produkty (často neznámé), o jejichž toxicitě prakticky neexistují žádné informace. Přestože

koncentrace pesticidů v povrchových i podzemních vodách jsou na první pohled nízké (obvykle ng - µg/l), bylo u řady z nich prokázáno negativní působení na vodní organizmy i v těchto koncentracích. Plošné používání pesticidů vede i ke kontaminaci zdrojů pitné vody. Dle údajů ČHMÚ z roku 2016 bylo 72 % monitorovaných vodárenských zdrojů podzemních vod kontaminováno pesticidy.

Velmi významným zdrojem znečištění vodního prostředí širokým spektrem cizorodých látek jsou **komunální odpadní vody**. Po rozsáhlé výstavbě čistíren odpadních vod (ČOV) v nedávné minulosti se sice výrazně zlepšila kvalita vody v našich tocích, a to především z hlediska zatížení organickými látkami a nutrienty, nicméně stávající čistírenské technologie nedokáží efektivně odstranit řadu cizorodých látek. Tyto látky se prostřednictvím „vyčištěných“ odpadních vod vypouštěných z ČOV dostávají do vodního prostředí, kde mohou ovlivňovat přítomné organizmy. Mezi tyto sloučeniny patří především široká skupina označovaná jako PPCP (Pharmaceuticals and Personal care Products) sloučeniny zahrnující léčiva (hormonální přípravky, léky na snižování vysokého krevního tlaku, antibiotika, antirevmatika, antiepileptika atp.), parfémy, složky kosmetických přípravků, saponáty a jejich degradační produkty, atp. Celková účinnost odstranění PPCP na mechanicko-biologických ČOV se v našich podmínkách pohybuje okolo 70 %. Účinnost odstranění polutantů z odpadních vod se mění během roku, kdy se snižující se teplotou klesá i účinnost čištění.

Jednotlivé pesticidy či PPCP sloučeniny se ve vodním prostředí vyskytují v relativně nízkých koncentracích (řádově ng – µg/l vody), proto se označují jako **mikropolutanty**. Nicméně výsledky aktuálních studií ukazují, že i tyto nízké koncentrace mohou ovlivňovat volně žijící organizmy a jejich společenstva. Navíc v prostředí nepůsobí jednotlivé látky samostatně, ale dohromady – dochází k tzv. „**koktejl**“ **efektu**. Vzhledem ke skutečnosti, že výsledky různých monitoringů prokazují přítomnost těchto koktejlů v povrchových i podzemních vodách včetně zdrojů pitné vody, je nutno se problematikou přítomnosti mikropolutantů v životním prostředí intenzivně zabývat.

Rizika spojená s přítomností cizorodých látek ve vodním prostředí

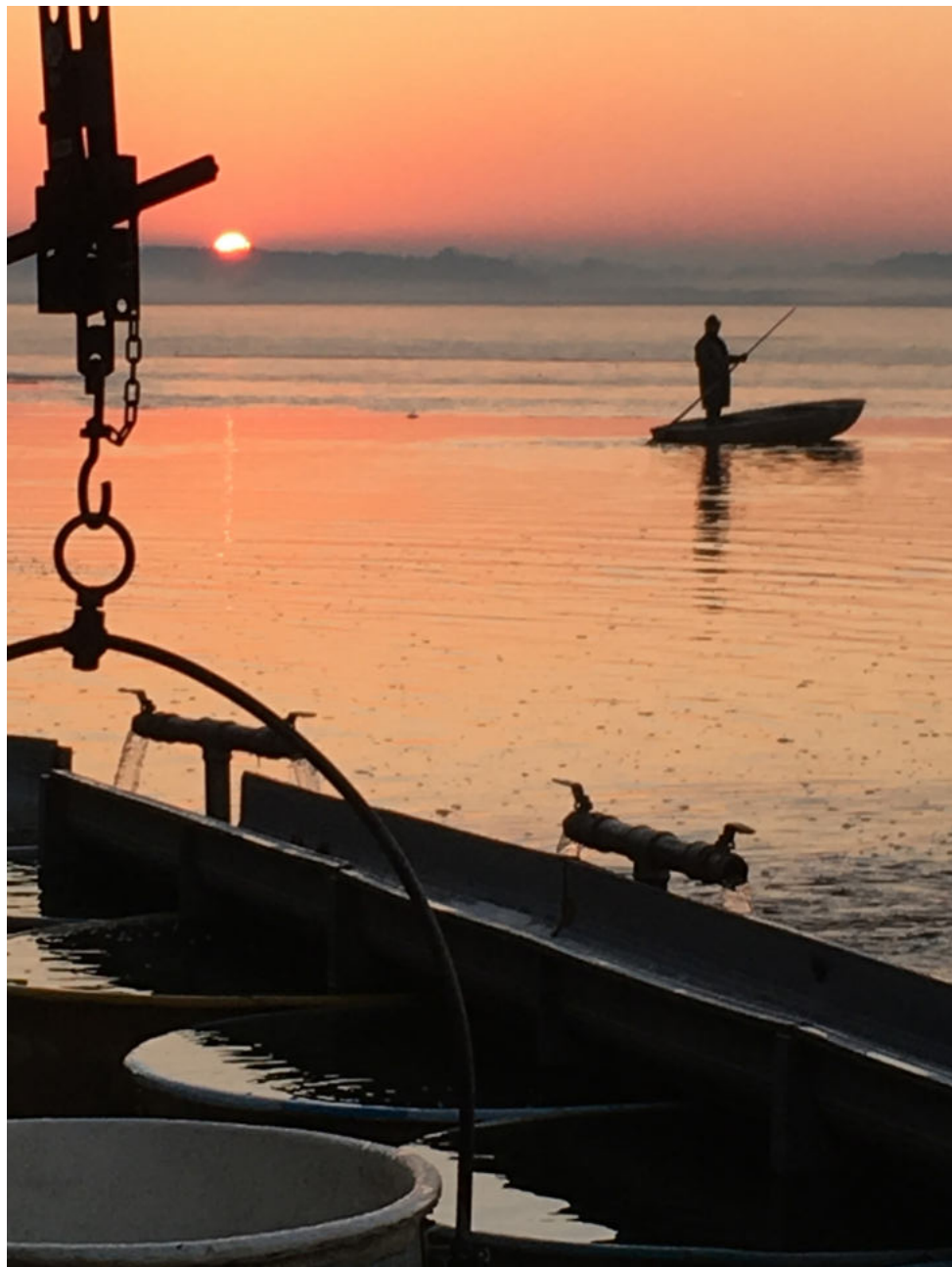
Kontaminace vodního prostředí cizorodými látkami může ovlivňovat nejen hygienickou kvalitu masa ryb, které člověk konzumuje, ale může mít i negativní vliv na organizmy žijící v kontaminovaném prostředí, což má mnoho ekologických souvislostí.

Z hlediska **hygienické kvality** (konzumovatelnosti) jsou v rybách sledovány i legislativně limitovány vybrané cizorodé látky – toxické kovy Hg, Cd a Pb; dále perzistentní organochlorované polutanty (POPs – PCB, HCH, DDT, dioxiny) a pak také některé sloučeniny používané v chovech ryb k tlumení a prevenci onemocnění (malachitová zeleň, antibiotika, atp.). Nejvíce problematická z hlediska kontaminace svaloviny ryb žijících ve volných vodách a v rybnících je jednoznačně **rtuť**. Tento kov má schopnost kumulace v organismech, tzn., že nejvyšší koncentrace jsou nalézány u starších ryb. Z hlediska zatížení jednotlivých tkání jsou nejvyšší koncentrace v běžně zatížených lokalitách obvykle detekovány ve svalovině, v silně zatížených lokalitách pak v játrech. Obecně nejvyšší hodnoty obsahu rtuti ve svalovině se vyskytují u druhů stojících na konci potravních řetězců, tzn. u dravých druhů ryb. Obsah celkové rtuti ve svalovině ryb pocházejících z neznečištěného prostředí v našich podmínkách nepřesahuje hodnotu 0,2 mg.kg⁻¹ svaloviny. V rybnících jsou obvykle nalé-

zány hodnoty obsahu rtuti ve svalovině ryb nižší než $0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$. Nejvyšší koncentrace rtuti v rybách jsou v rámci ČR nalézány v rybách vyskytujících se v nádrži Skalka u Chebu a na středním toku Labe (mezi Pardubicemi a Mělníkem). V těchto lokalitách dochází také poměrně často k překračování hygienického limitu pro obsah rtuti ve svalovině ryb stanoveného evropskou směrnicí ES č. 1881/2006 ($0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ svaloviny; 1 mg. mg.kg^{-1} u štiky). K občasnému mírnému překročení hygienického limitu dochází u větších dravců i v dalších lokalitách. Na rozdíl od rtuti jsou v případě ryb nejvyšší koncentrace Cd a Pb nalézány v ledvinách a v játrech. Ve svalovině jsou obvykle koncentrace těchto kovů minimální a hluboko pod hygienickými limity. POPs mohou být problematické u ryb s vysokým obsahem tuku ve svalovině (např. úhoř říční) zejména v lokalitách pod velkými průmyslovými aglomeracemi. Nejvyšší koncentrace POPs v rybách jsou nalézány v Odře pod Ostravou. Hygienické limity jsou však překračovány pouze výjimečně. Konzumace masa **kapra obecného**, který je v našich revírech nejčastěji lovenou rybou, z hlediska obsahu cizorodých látek **zdravotní riziko nepředstavuje**, a to ani ve více zatížených lokalitách. Kapři se do revírů vysazují až v lovných velikostech (obvykle tříleté ryby) a do té doby vyrůstají v podmínkách rybníčních chovů. V rybníčních chovech jsou obvykle zjišťovány naprosto minimální koncentrace cizorodých látek v mase chovaných ryb. Nejvíce kaprů sportovní rybáři odloví krátce po vysazení a případný negativní vliv dané lokality je tudíž nevýznamný.

Mikropolutanty (např. PPCP, pesticidy) dle současných znalostí nepředstavují riziko pro konzumenty rybiho masa. Naprostá většina těchto sloučenin se nekumuluje v mase ryb. Vyšší zdravotní riziko pro člověka představuje konzumace nedostatečně vyčištěné pitné vody obsahující zbytky těchto látek. Toto je zejména problém menších zdrojů pitné vody – např. studní nacházejících se v oblastech s intenzivním zemědělstvím. Přítomnost koktejlu PPCP látek a pesticidů ve vodním prostředí však může představovat významné **riziko pro vodní organismy** a ekosystémy. Farmaka i pesticidy jsou obecně biologicky vysoce účinné látky, což znamená, že **ovlivňují organismy již ve velmi nízkých koncentracích**. V největších koncentracích jsou PPCP zpravidla nalézány v tocích či nádržích, do kterých jsou zaústěny výtoky z ČOV či nečištěných komunálních odpadních vod. Výsledný vliv přítomného „koktejlu“ cizorodých látek na přítomné vodní organismy závisí na jeho koncentraci. Koncentrace cizorodých látek pocházejících z výtoků z ČOV ve vodním prostředí příslušných recipientů narůstají se snižujícím se nařazením vypouštěných vod z ČOV vodou recipientu (toku, nádrže), do kterého jsou zaústěny. Nejhorší situace je na menších tocích, kde jsou nižší průtoky a voda vypouštěná do nich z ČOV je méně nařazena. Na základě stávajících znalostí je možno říci, že pokud podíl vypouštěné „vyčištěné“ odpadní vody tvoří přibližně více než 10 % průtoku recipientu, lze předpokládat poměrně významný negativní vliv přítomných cizorodých látek na vodní organismy. V těchto lokalitách může docházet k významným změnám biodiverzity, poruchám rozmnožování, chemickému stresu, změnám chování organismů, atp. Přítomnost antibiotik nebo antivirotik v životním prostředí způsobuje i vývoj rezistence bakterií a virů. Chemický stres může způsobit fyziologické i histopatologické změny v exponovaných organizmech. Látky ovlivňující hormonální systémy (tzv. endokrinní disruptory), např. syntetické hormony používané v antikoncepci, mohou ovlivňovat rozmnožování, analgetika, antidepresiva a další psychicky aktivní látky včetně drog ovlivňují chování exponovaných organismů.

Působení mikropolutantů v ekosystémech je stále velkou neznámou. Je pravděpodobné, že mohou významně ovlivňovat biodiverzitu ekosystémů, efektivitu transformace živin v potravních řetězcích i vodní cyklus. Na druhou stranu je v případě dlouhodobě exponovaných organismů zřejmá jejich adaptace na tuto situaci.



Jan Pokorný, Petra Hesslerová

ENKI, o.p.s., Třeboň

Prožili jsme další suchý rok. Zvyšuje se počet tropických dnů. Meteorologové vysvětlují sucho tlakovou výší, která se vytvořila nad Evropou a rozpouští se v ní fronty postupující od Atlantiku. Klimatologové ve svých modelech předpovídají pokračování sucha a vzestup průměrné teploty i v dalších letech a volají po snižování emisí oxidu uhličitého a dalších skleníkových plynů, aby nevzrůstal skleníkový efekt.

Je pozoruhodné, že doporučení Mezivládního panelu pro klimatickou změnu (IPCC) pro politiky se zaměřuje pouze na snižování emisí skleníkových plynů a nezmiňuje, jak zvyšujeme teploty odvodněním, odstraněním vegetace. Evidentní funkci vody a vegetace v distribuci sluneční energie a oběhu vody lze přitom snadno demonstrovat. Nevíme ovšem jak ukázat, že zvýšené koncentrace oxidu uhličitého a metanu jsou příčinou dramatického nárůstu letních teplot, poklesu dešťových srážek a celkového vysychání krajiny. Naproti lze snadno ukázat, jak odvodnění a odlesnění vedou k nárůstu teplot a vysychání a jak hospodařením s vodou a vegetací v krajině a ve městech zásadním způsobem ovlivňujeme místní klima. Pokud odvodňujeme v globálním měřítku a to se děje, potom už se nejedná o klima místní či regionální, ale o klima globální. V průběhu tisíců let mnohé předchozí civilizace vysychaly, i když nespalovaly fosilní paliva. Tyto civilizace se ovšem rozvíjely postupně v různých částech světa. Lidstvo dnes obhospodařuje všechna obyvatelná území. Na severní polokouli je klimatická změna patrnější nežli na jižní polokouli, severní polokoule má větší plochu kontinentů (40%), nežli polokoule jižní.

Lesy a rybníky vypařují vodu a tudíž kazí vodní bilanci?

Je známo, že z rybníků, lesů a mokřadů obecně se vypařuje voda. Logicky uvažováno: suché sklizené pole a vydlážděná plocha neztrácí vodu výparem, zatímco les, mokřad a zejména vodní plocha vypařují evidentně vodu a proto zhoršují vodní bilanci. S takovou argumentací se setkáme v médiích, na odborných konferencích i při jednání Poradního sboru Koncepce ochrany před následky sucha pro území ČR (schválena vládou ČR v červenci 2017). Výpar vody porosty je považován velmi často za „nutné zlo“, za „nedokonalost přírody“, kdy rostliny otevírají průduchy, aby přijímaly oxid uhličitý, a přitom jim utíká voda. Zemědělský výzkum se proto zaměřuje na rostliny, které spotřebovávají co nejméně vody, tedy na rostliny s co nejnižším transpiračním koeficientem (Pokorný 2019).

V tomto příspěvku se snažíme vysvětlit, že naše logika nás může klamat. Ukážeme, že vysychání se děje právě prostřednictvím odvodněných, suchých ploch, které se přehřívají, a ukážeme, že evapotranspirace je perfektní systém vyrovnávání teplot a navíc přitahuje vodu.

Vzestupné proudění vzduchu z ohřátých ploch

Sluneční záření dosahující za jasného dne intenzity $1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ **ohřívá povrch odvodňené plochy až na 60°C** . Od přehřáté plochy se ohřívá vzduch a stoupá vzhůru. Tohoto vzestupného turbulentního proudění využívají ptáci, znají je dobře rogalisté a piloti malých i velkých letadel. Vzduch o teplotě 40°C a relativní vlhkosti 20% obsahuje 10 g vody v m^3 ve formě vodní páry. I při velmi pomalém vzestupném proudění $0,1 \text{ m/s}$, vystoupá za jednu hodinu nad 1 m^2 do atmosféry 360 m^3 ohřátého vzduchu, který odnesl $3,6 \text{ kg}$ vody. Je známo, že vzestupné proudění vzduchu z ohřátých ploch dosahuje běžně rychlosti několika metrů za sekundu; za hodinu potom vystoupá „se suchým“ ohřátým vzduchem vysoko do atmosféry 36 kg vody. Ohřáté plochy potom „nasávají“ vzduch z okolí, tedy ze sousedního lesa, mokřadu rybníka a teplý vzduch tak intenzivně vysouší okolí.

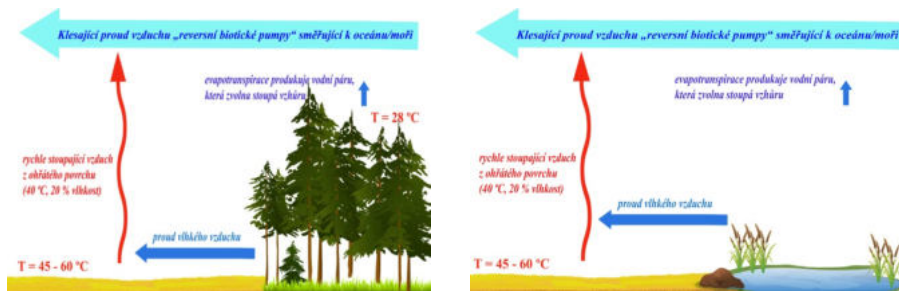
Odborným jazykem řečeno: na suchých odvodněných plochách se většina sluneční energie spotřebovává na ohřev povrchu, ohřátý povrch se ochlazuje vzduchem a ohřátý vzduch stoupá turbulentním pohybem vzhůru (zjevné teplo, pocitové teplo, sensible heat). Do zjevného tepla tak přechází za slunného letního dne několik set wattů na metru čtverečním (Brom, Pokorný 2017).

Vodní plocha a vegetace zásobená vodou se ochlazuje výparem vody.

Samotný les, mokřad, rybník vypařuje pouze několik mm vody za den, tedy pouze několik litrů vody z m^2 , do vodní páry se tak váže za den několik kWh sluneční energie; několik stovek wattů se spotřebovává na výpar vody z 1 m^2 . Sluneční energie se váže do vodní páry a tou je vzduch téměř nasycen a stoupá pomalu vzhůru, protože povrch korun lesních stromů, mokřadu a vodní hladiny je chladný, nevytváří se na nich zjevné teplo, které by pohánělo vzestupný proud. Vzduch nasycený vodní párou stoupá pomalu vzhůru a brzy dosahuje rosného bodu, tvoří se místní odpolední/večerní srážky, část vypařené vody se tak vrací. Při srážení (kondenzaci) vodní páry na vodu kapalnou klesne tlak vzduchu (odpařením 1 litru vody kapalně vznikne na 1200 litrů vodní páry a naopak). Po kondenzaci vodní páry poklesne tlak a nasává se vzduch z okolí. Pokud je tento krátký oběh vody zachován na velkých plochách, přichází na pevninu snadno proudění od oceánů.

Rozsáhlé lesní porosty a vlhká krajina obecně přitahují vodu

Je známým faktem, že na rozsáhlých zalesněných plochách prší i hluboko v kontinentech (Amazonie, Kongo, Sibiř), tam kde les chybí, ustávají srážky několik set km od pobřeží. Evropa ztrácí lesy a trvalou vlhkou vegetaci, lesy ztrácí i Sibiř. Teorie biotické pumpy vysvětluje mechanismus, kterým lesy vodu přitahují a „pumpují“ atmosférickým prouděním z oceánu na pevninu. Pevnina je v tom případě příjemcem/akceptorem dešťových srážek a oceán jejich donorem. Teorie biotické pumpy též vysvětluje, jak se s odlesněním a odvodňováním krajiny obrací proudění mezi oceánem a pevninou – pevnina se přehřívá a chladnější oceán s vyšší evaporací přitahuje vodu (akceptor) a vysušuje pevninu (Makarieva et al. 2009). Opakujeme tak chybu četných historických civilizací, které vyschly, aniž spalovaly uhlí a jiná fosilní paliva.



Obr. 1 Vysychání krajiny následkem odvodněných ploch, které se přehřívají. Ohřátý vzduch o nízké relativní vlhkosti stoupá vzhůru, nedosahuje rosného bodu a je odnášen do oceánu. Vzduch o teplotě 40 °C a relativní vlhkosti 20 % obsahuje 10g vody ve formě vodní páry. Za hodinu vytlačí vzestupné turbulentní proudění nad m² do atmosféry řádově tisíce m³ metrů vzduchu a s tím i desítky kg vody.

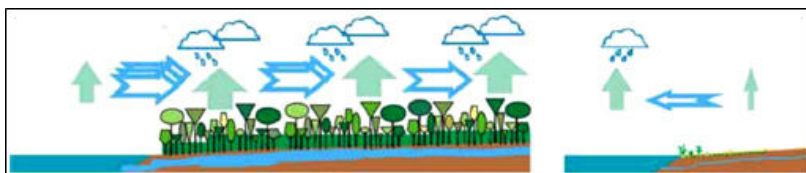
Pozorované ztráty vody v krajině musíme hledat právě v popsaném vzestupném proudění ohřátého vzduchu stoupajícího z přehřátých ploch. Roční průměry dešťových srážek se statisticky mění málo, podobně i odtok vody v řekách. Srážkové odtokové poměry se příliš nemění, přesto vysycháme, příčinu je nutno hledat v tzv. atmosférických řekách, tedy ve změnách proudění ohřátého vzduchu, který v letních dnech, kdy ohřátý vzduch nepozorovaně odnáší násobně více vody, nežli ji měříme v tocích. Zde by pomohla spolupráce s leteckými meteorology.

Podle teorie Biotické pumpy záleží dodávka vody z oceánu na pevninu na stavu vegetačního pokryvu. Evoluce vyřešila dva zásadní a obtížné problémy: jak dopravit atmosférickou vlhkost daleko do vnitra pevniny a jak tento transport setrvale udržet. Les má vysokou pokryvnost listoví (listová plocha nad jedním metrem čtverečním) a má proto i vysokou evapotranspiraci (transpirace + evaporace z povrchu), která může být vyšší nežli evaporace z povrchu oceánu. Následkem intenzivní evapotranspirace obsahuje vzduch nad lesem vysoký obsah vodní páry, která v noci kondenzuje, jak vlhký vzduch adiabaticky (bez výměny tepla s okolím) stoupá vzhůru. Při kondenzaci vodní páry na vodu kapalnou klesá tlak vzduchu nad lesem. Například objem 22 400ml vodní páry se při kondenzaci na vodu zmenší na 18ml, voda ve stavu vodní páry má tedy více než 1000x vyšší objem nežli stejné množství vody v kapalném stavu (Avogadrův zákon). Pokles tlaku vzduchu má za následek vzestup vzduchu vzhůru nad les. Vzniká tak horizontální gradient tlaku, neboli díky sníženému tlaku vzduchu se nasává vzduch horizontálně z okolí, za určitých okolností se může nasávat vzduch z oceánů. Vlhký vzduch z oceánu zrychluje kondenzaci vodní páry nad lesem, což zesiluje transport vodní páry z oceánu na pevninu. Vzduch zbavený určitého množství vodní páry se vrací zpět nad oceán ve vyšší vrstvě atmosféry, nežli je proud vlhkého vzduchu z oceánu. Neboli vlhký vzduch přicházející z oceánu proudí v nižší vrstvě atmosféry nežli vzduch zbavený vlhkosti, který odchází k oceánu a uzavírá tak cyklus transportu vody z oceánu na pevninu (obr. 2). Odlesňováním se ovšem tento transport narušuje. Odlesněná a odvodněná krajina se přehřívá.

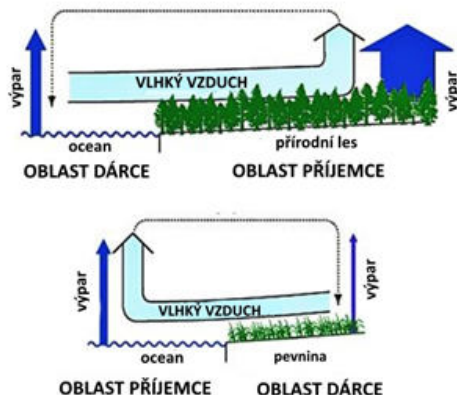


Obr. 2. Oběh vody mezi pevninou a oceánem poháněný sluneční energií prostřednictvím výparu a kondenzace vodní páry (podle Makarieva et al. 2009).

- Intenzivní výpar nad lesními porosty > zvýšená kondenzace > snížení tlaku > pokles vertikálního tlakového gradientu > pohyb vzduchu mimo lesy > nasátí vzduchu od oceánů
- Vzduch od oceánů je vlhký > podpora procesů biotické pumpy
- Po vypadnutí srážky > suchý vzduch se vrací zpět nad oceány

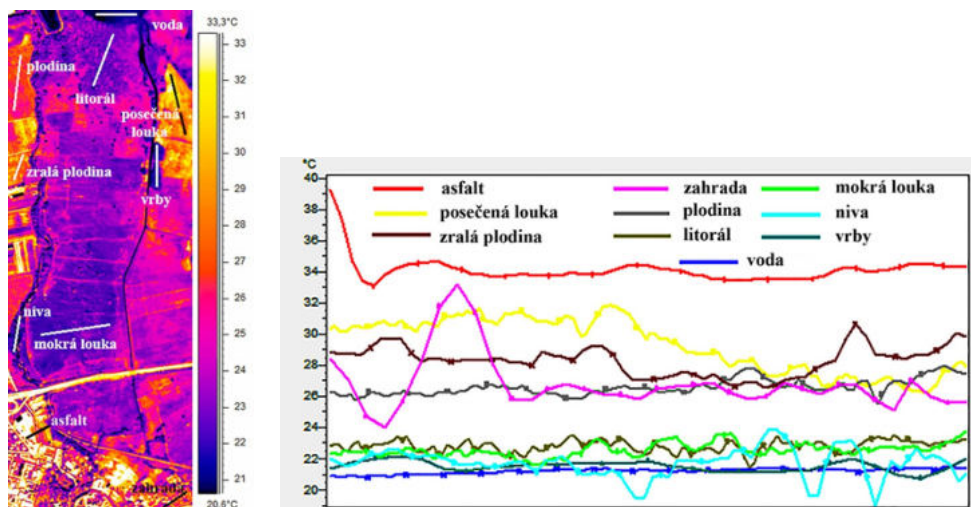


Obr. 3 Les a krajina s dostatkem vody v soutěži s oceánem vítězí (přitahuje vodu, levá část). V tomto případě je les oblastí příjemce (akceptor), protože vlhký vzduch přijímá, a oceán je oblastí poskytovatele (donor), protože vlhký vzduch dodává. Pokud krajinu odlesníme a odvodníme, probíhá kondenzace vodní páry převážně nad oceánem. Oceán tak odebírá ("krade") vodu kontinentu. To je mechanismus dlouhodobého vysychání oblastí, které člověk zbavil vegetace a vody. V určitém stavu přehřívání se převažující proudění vzduchu otočilo a krajina se vysouší (pravá část obrázku)



Obr. 3 Převažující výpar nad kontinentem (příjemce) zajišťuje převažující proudění vlhkého vzduchu od oceánu (dárce). Odvodněná a přehřátá krajina se stává dárce vody pro oceán.

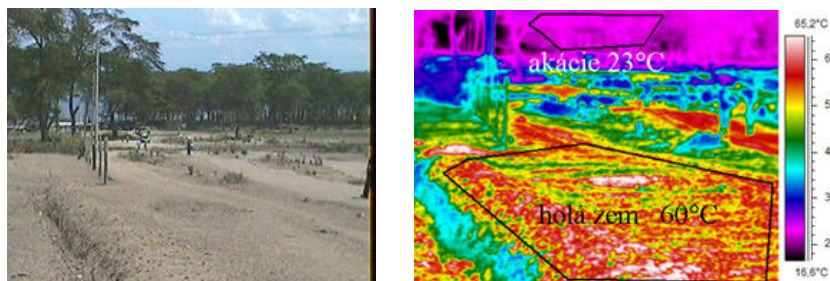
Krajinný pokryv určuje distribuci slunečního záření a tím i povrchovou teplotu



Obrázek 4. Termovizní obrázek okolí Třeboně pořízený v letním slunném dnu ukazuje rozložení povrchových teplot různého krajinného pokryvu. Hladina vody a mokřady mají povrchovou teplotu do 24 °C, zralé plodiny, posečená louka mají povrchovou teplotu okolo 30 °C. Asfaltový povrch má teplotu okolo 35 °C. (Pokorný et al. 2017)

Příklad z tropů

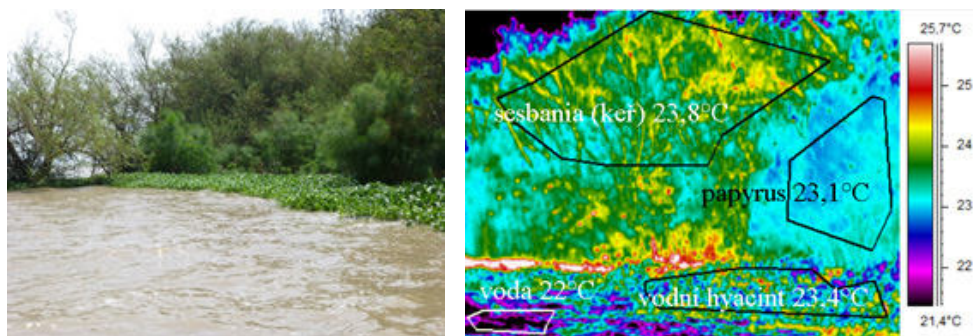
Jezero Naivasha v Keni (cca 140 km², nadmořská výška 1880 m) je Ramsarskou lokalitou. Jezero je důležitým zdrojem vody a ryb a poskytuje obživu několika milionům obyvatel, v litorálu a jezera jsou rezervace původní zvěře. V souvislosti s odlesňováním komplexu Mau Forest v horní části povodí jezera, došlo ke změně režimu srážek, dříve pravidelná střídání období dešťů a období sucha jsou nepravidelná, přicházejí dlouhá období bez srážek vystřídaná povodněmi. Správcové jezera si kladli otázku, zda rozsáhlé porosty šáchoru (Papyrus) svoji evapotranspirací neokrádají jezero o vodu. Uvádíme příklady ze studie, kterou jsme v této oblasti dělali před několika lety (Pacini et al. 2017).



Obr. 5. Pohled na pobřeží jezera s akáciovým lesem. Písek (holá zem) má povrchovou teplotu 60 °C, akácie na obzoru 23 °C.



Obr. 6. V porostu akácií je teplota okolo 20 °C. Stromy snižují svojí evapotranspirací teplotu o 40 °C ve srovnání s osluněným písekem.



Porost šáchoru (*Cyperus papyrus*, šáchor papírodárný) v jezeru Victoria má za slunného dne teplotu okolo 23 °C. Teplota celého pobřežního porostu a hladiny vody je velmi vyrovnaná v rozsahu 22 – 24 °C. Takový porost, podobně jako rákosina v našich podmínkách tlumí vzestupné proudění ohřátého vzduchu. Milhy nad porosty a nad vodní hladinou snižují příkon slunečního záření.

Je pozoruhodné, že v posledních dekádách se zvyšují extrémní teploty v okolí jezera a snižují se noční teploty. Vysvětlujeme si to ztrátou vody následkem nadměrné pastvy a přeměny litorálu na zemědělská pole – v noci se zvýšilo vyzařování tepla vůči chladné obloze. V padesátých a šedesátých letech 20. století nebylo jezero teplotně stratifikováno, poslední dobou je teplotní stratifikace běžná. Netlumila dříve vysoká vzdušná vlhkost příkon přímého slunečního záření?

Závěry

Výpar vody z vodní hladiny a výdej vody porosty (evapotranspirace) představují dokonalý způsob vyrovnávání teplot v krajině.

Rozlehlé lesní porosty a mokřady mají dostatek srážek i několik tisíc km od oceánů, hluboko ve vnitrozemí. Zachovalé lesní porosty a mokřadní plochy zprostředkovávají výparem vody proudění vlhkého vzduchu z oceánů. Mechanismus „přitahování vody“ z oceánů vysvětluje teorie biotické pumpy.

Předchozí civilizace vysychaly a nespalovaly fosilní paliva. Odlesnění a odvodnění krajiny vede k jejímu přehřívání. Odvodněná krajina se nechladí výparem vody.

Vzestupný proud vzduchu ohřátého od vysušených ploch odnáší vodní páru vysoko do atmosféry a voda se nevrací ve formě mlhy, rosy a drobných srážek. Pokud jsou odvodněny rozsáhlé plochy kontinentů, obrací se směr proudění vzduchu směrem k oceánu a ohřátý vzduch odnáší vodní páru z pevniny. Takové vysoušení není zaznamenáno monitoringem srážkově odtokových poměrů.

Podmínkou setrvalého hospodaření v krajině je její dostatečné ochlazování výparem vody ve vegetační sezóně. Vyrovnávají se tak teploty mezi místy i v čase. Sluneční energie je využita k produkci rostlin a současně k ochlazování.

Podle IPCC hodnota radiačního zesílení (zvýšení skleníkového efektu od roku 1750 do současné doby) je $1 - 3 \text{ W.m}^{-2}$. Voda a vegetace převádějí do výparného tepla několik set W.m^{-2} , fotosyntézou se váže do biomasy několik až 10 W.m^{-2} . Přesnost měření slunečního záření je nižší než 1%. Hodnota radiačního zesílení způsobeného nárůstem koncentrace skleníkových plynů byla vypočtena, je příliš nízká, aby ji šlo změřit.

Literatura

- Brom, J. and Pokorný, J. (2017). Hydrologie mokřadů, vodní cyklus a klima. In: Čížková, H., Vlasáková, L. and Květ, J. (eds), 2017. Mokřady: Ekologie, ochrana a udržitelné využívání. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice. Str. 313-332, ISBN: 978-80-7394-658-6
- Makarieva, A.M., Gorshkov, V.G., B.-L. Li (2009), Precipitation on land versus distance from the ocean: Evidence for a forest pump of atmospheric moisture. Ecological Complexity, 6, pp. 302-307
- Pacini, N., Hesslerová, P., Pokorný, J., Mwinami, T., Edward H.J. Morrison, E.H.J., Anthony A. Cook, Sikun Zhang, S., David M. Harper, D. M. 2018. Papyrus as an ecohydrological tool for restoring ecosystem services in Afrotropical wetlands, Ecohydrology & Hydrobiology, Volume 18, Issue 2, April 2018, Pages 142-154
- Pokorný, J., Hesslerová, P., Huryňa, H., Harper, D., 2017, Nepřímý a přímý termodynamický vliv mokřadů na klima – část 2., Vodní hospodářství, 67, 21 – 24
- Pokorný, J. 2018, Vysycháme vlastním přičiněním – ztráta trvalé vegetace vede k extrémům teplot. Echo 36, pp 30 - 35
- Pokorný, J., (2019) Evapotranspiration. In: Fath, B.D. (editor in chief) Encyclopedia of Ecology, 2nd edition, vol. 2., pp. 292–303. Oxford: Elsevier. © 2019 Elsevier B.V. All rights reserved.
- Autoři: doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc., RNDr. Petra Hesslerová, Ph.D. ENKI, o.p.s. Třeboň, Dukelská 145, 37901

Email: pokorny@enki.cz, www.enki.cz

Jakub Brom¹⁾, Jindřich Duras³⁾, Michal Marcel³⁾, Jan Potužák³⁾, Mohammadmehdi Saberioon²⁾, Václav Nedbal¹⁾, Petr Císař²⁾, Pavel Souček²⁾

¹⁾Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, Katedra krajinného managementu, Studentská 1668, 370 05 České Budějovice, e-mail: jbrom@zf.jcu.cz

²⁾Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Ústav komplexních systémů, Zámek 136, 373 33 Nové Hradky, e-mail: cisar@frov.jcu.cz

³⁾Povodí Vltavy, státní podnik, Denisovo nábřeží 14, 301 00 Plzeň, e-mail: jindrich.duras@pvl.cz

Úvod

Znalost kvality vody ve vodních nádržích je důležitá z celé řady důvodů, ať už se jedná o nádrže využívané pro vodárenské účely, hodnocení vod pro rekreační účely, ale také jde například o monitoring vlivu hospodářského využívání rybníků při chovu ryb.

Hodnocení kvality vody probíhá zpravidla na základě odběrů vody z vodní nádrže: měření fyzikálních, chemických a biologických ukazatelů kvality vody *in situ* (v terénu) a následně v laboratoři. Hodnocení kvality vody tímto způsobem, zejména ve větších nádržích, podává informaci o kvalitě vody v místě odběru v daném čase. Protože nelze *a priori* uvažovat o homogenitě kvality vodního prostředí, jsou vzorky vody odebírány na různých místech a z různé hloubky vodního sloupce. Abychom získali dobrou představu o charakteristikách nádrže, je potřeba odebrat velké množství vzorků, jejichž analýza je značně časově a finančně náročná.

Dálkový průzkum Země (DPZ) může posloužit jako vhodný nástroj pro doplnění informací o kvalitě vody ve vodních nádržích a její prostorové distribuci. DPZ, oproti tradičním metodám vzorkování vody, umožňuje nepřímou odhadnout některé důležité ukazatele kvality vody na kvalitativní i kvantitativní úrovni v prostorovém kontextu. Metodou, kterou DPZ v tomto případě používá, je tzv. obrazová spektrometrie. Jde o přístup, při kterém je pomocí radiometru měřeno elektromagnetické záření odražené od objektů (tzv. spektrální reflektance), jeho intenzita a kvalita v různých vlnových délkách v rámci daného zájmového území. Prostorové rozlišení je následně dáno velikostí obrazového bodu (pixelu). Pro analýzu kvalitativních ukazatelů jsou použity části elektromagnetického spektra (spektrální pásy), které nějakým způsobem korespondují, resp. jsou citlivé na změnu daného parametru. Jedná se většinou o ukazatele, které se nějakým způsobem opticky projevují, např. obsah fotosyntetických barviv, zákal vody, obsah huminových látek apod. V současné době existuje celá řada studií, které ukazují velmi těsný vztah mezi spektrální reflektancí a některými parametry kvality vody. Např. Gitelson (2000), Gitelson et al. (2004), Gurlin et al. (2011), Vinciková et al. (2015) a další autoři ukazují velmi těsný vztah mezi spektrální reflektancí v červené a blízké infračervené oblasti spektra a obsahem chlorofylu *a*. Vinciková et al. (2015, 2013) dále ukazuje velmi dobrou shodu pro obsah celkových nerozpuštěných látek ve vodě. Schalles and Yacobi (2000) ukazují vztah mezi spektrálním projevem vody a obsahem dalších barviv, jako jsou fykocyanin a karotenoidy. To pro použití v praxi

znamená možnost rozlišit např. sinicové vodní květy od vegetačního zákalu zelených řas nebo rozsivek. Můžeme předpokládat, že pomocí metod DPZ lze odhadovat též některé parametry, které nemají přímý spektrální projev. Jde o chemické a fyzikální ukazatele, které úzce korespondují s obsahem fotosyntetických barviv, obsahem nerozpuštěných látek a zákalem.

Rozvoj techniky a výpočetních metod přinesl v posledních několika letech nové možnosti získávání a zpracování spektrálních dat. V prvním případě se jedná o vývoj nových senzorů a zvýšení množství použitelných dat. Druhý případ zahrnuje aplikaci moderních metod zpracování dat, jako je využití metod umělé inteligence a strojového učení.

Cílem příspěvku je představit stručný přehled systémů DPZ využitelných pro hodnocení kvality vody ve vodních nádržích a seznámit čtenáře se softwarem RemoteGuard, vyvíjeným Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích pro účely hodnocení kvality vody ve vodních nádržích na základě kombinace metod DPZ a moderních metod zpracování dat.

Systémy dálkového průzkumu Země využitelné pro hodnocení kvality vody v nádržích

Hodnocení kvality vody v nádržích lze provádět pomocí celé řady dostupných systémů. K dispozici jsou v podstatě tři zdroje prostorových spektrálních dat: družicové systémy, letecké systémy a bezpilotní technologie. Družicových systémů je k dispozici několik desítek, nicméně pro účely hodnocení kvality vody v podmínkách ČR jsou využitelné pouze družicové systémy s vysokým a velmi vysokým prostorovým rozlišením (metry až desítky metrů). Významným omezením pro výběr družicového systému je spektrální rozlišení použitých senzorů. V úvahu připadají systémy se spektrálními pásy v červené a blízké infračervené oblasti, pomocí kterých lze identifikovat např. množství chlorofylu a nerozpuštěných látek. Dalším důležitým omezením družicových systémů je frekvence snímkování, tedy časové rozlišení a pořizovací cena dat.

Jako vhodné systémy se jeví družice Landsat 8 OLI/TIRS a Sentinel 2. V obou případech se jedná o multispektrální systémy s prostorovým rozlišením 30 m v případě družice Landsat a 10 a 20 m v případě družice Sentinel 2. Družice Sentinel 2 nabízí větší počet spektrálních pásem využitelných pro analýzu kvality vody. Perioda snímkování je v případě družice Landsat 16 dnů, v případě družice Sentinel 2 pět dnů, nicméně vzhledem k překryvu snímkaného území v letových páslech družice Sentinel 2 je pro většinu území ČR perioda snímkování dva až tři dny. Přestože jsou data pořizována s poměrně vysokou časovou frekvencí, je využitelnost dat značně ovlivněna průběhem počasí, respektive výskytem oblačnosti v zámjovém území. V obou případech jsou data poskytována bezplatně.

Další možností je využití komerčních systémů. Jejich výhodou je velmi vysoké prostorové rozlišení (desítky cm až několik m), nevýhodou je nesystematické snímkování (data je potřeba objednat předem), zpravidla nízké spektrální rozlišení (panchromatické snímky nebo RGB + NIR snímky) a většinou relativně vysoká pořizovací cena snímku, která se pohybuje v řádu desítek tisíc Kč v závislosti na použitém systému a velikosti snímkaného území.

Dalším systémem vhodným pro analýzu kvality povrchových vod je letecké hyperspektrální snímkování. K dispozici jsou systémy pořizující data spektrální reflektance v celém spektrálním rozsahu krátkovlnného záření (ca od 350 do 2500 nm). Výhodou je možnost využití velmi podrobné spektrální informace, velmi vysoké prostorové rozlišení (desítky cm až metry) a do určité míry i časová flexibilita snímkování. Nevýhodou je značná technická a časová náročnost předzpracování (geometrické a radiometrické korekce) a následné analýzy dat a do značné míry i cena pořízení dat. Do skupiny hyperspektrálního snímkování můžeme zařadit též možnost záznamu fluorescence, nicméně v současné době se jedná o experimentální záležitost.

Posledním přístupem, který zmíníme je využití bezpilotních technologií. Jedná se o využití leteckých modelů a dronů osazených záznamovým zařízením. Využívány jsou především multispektrální senzory zaznamenávající spektrální informaci ve viditelné a blízké infračervené oblasti elektromagnetického spektra. Výhodou těchto systémů je velmi vysoké prostorové rozlišení (v řádu centimetrů) a časová flexibilita snímkování. Nevýhodou je možnost snímkování relativně malého území během krátkého časového intervalu, kdy jsou podmínky snímkování přibližně konstantní. V závislosti na letové výšce, použitém záznamovém zařízení a nosiči se jedná zpravidla o jednotky až desítky ha.

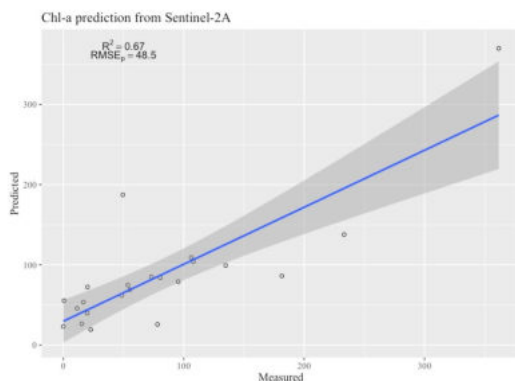
Software RemoteGuard

RemoteGuard je software vyvíjený na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích pro účely hodnocení kvality vody prostřednictvím satelitních dat. Důvodem pro vytvoření software byla v první řadě potřeba hodnotit plošnou heterogenitu parametrů kvality vody vodních nádrží a její časové změny. Druhým důvodem bylo zvýšení nabídky bezplatně poskytovaných satelitních dat, která jsou pro daný účel vhodná. Jedná se o data družic Sentinel 2 Evropské kosmické agentury (ESA).

Koncepce fungování software RemoteGuard je založena na odhadu daného parametru, např. obsahu chlorofylu a ze spektrálních družicových dat prostřednictvím matematického modelu, který definuje vztah mezi spektrálními daty a sledovaným parametrem. Obecným předpokladem modelu je nelineární vztah proměnných. Z tohoto důvodu byl pro analýzu dat použit přístup strojového učení a použitou metodou je metoda Support Vector Regression (SVR). Metoda SVR vychází z metod řízené klasifikace dat a pro účely dalšího textu ji můžeme chápat jako černou skříňku.

Jak už vyplývá z názvu metod strojového učení, dochází k postupnému „učení“ použitého modelu, respektive k jeho trénování pomocí měřených dat. Modelu jsou předávána na jedné straně spektrální družicová data (v tomto případě proměnné generované z 9 spektrálních pásem Sentinelu 2 a 21 vypočtených spektrálních indexů (kovariance), u kterých se očekává, že zlepší prediktivní schopnost) a na straně druhé data získaná terénním měřením z odběrů vzorků a jejich laboratorní analýzy. Model vyhodnotí vztah mezi spektrálními a terénními daty a výsledek může být následně použit pro predikci sledovaného parametru. Určitou nevýhodou modelu je potřeba velkého množství trénovacích dat, výhodou je naopak poměrně vysoká přesnost odhadu bez potřeby aktuálních terénních dat k použitému družicovému snímku. Např. testování modelu pro data z roku 2017 ukázalo

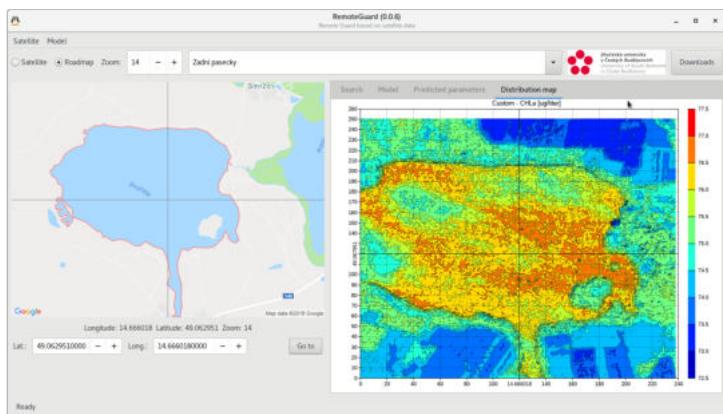
vcelku vysokou prediktivní schopnost pro množství chlorofylu a v oblasti Nadějské rybniční soustavy ($R^2 = 0,67$). Zařazením trénovacích dat z roku 2018, získaných ve spolupráci s Povodím Vltavy, státní podnik, předpokládáme významné zvýšení prediktivní schopnosti modelu. Trénovací data budou doplňována i v dalších letech. Výsledek predikce chl a softwarem RemoteGuard pro rok 2017 ukazuje obr. 1.



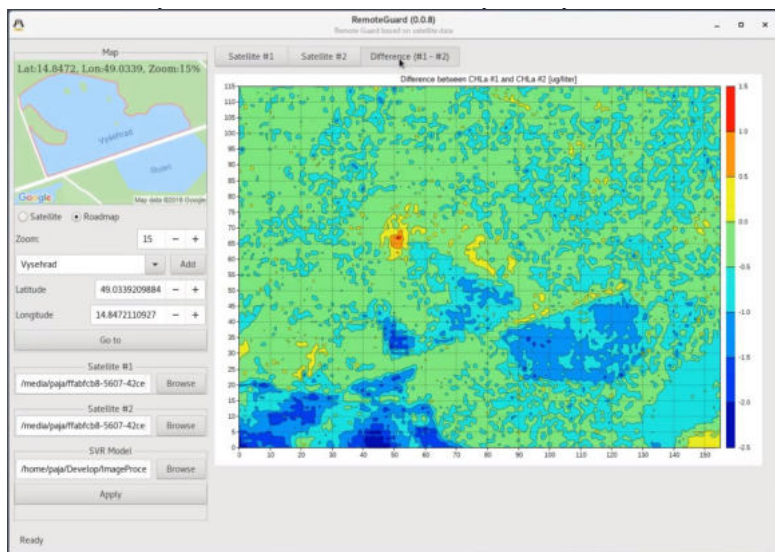
Obr. 1. Predikce obsahu chl a pomocí software RemoteGuard pro oblast Nadějské rybniční soustavy v roce 2017. Vodorovně data měřená, svisle hodnota předpovězená modelem.

Řetězec zpracování dat softwarem RemoteGuard zahrnuje vedle trénovací a prediktivní části ještě několik dílčích procesů, jako je výběr vodní nádrže a její identifikace, výběr a stažení satelitních dat pro určitý termín nebo interval termínů, radiometrické korekce satelitních dat, výpočet prostorové distribuce zvoleného parametru, obrazové a tabelární zobrazení výsledku a export vypočtených dat.

Software RemoteGuard je koncipovaný ve dvou variantách, první provádí odhad daného parametru pro zvolený termín definovaný termínem snímkování, druhá varianta provádí komparativní analýzu dvou různých termínů. Uživatelské prostředí software RemoteGuard ukazují obrázky 2 a 3.



Obr. 2. Uživatelské prostředí software RemoteGuard. Varianta pro odhad parametru.



Obr. 3. Uživatelské prostředí software RemoteGuard. Varianta pro komparativní analýzu dvou termínů.

Software RemoteGuard bude vyvíjen i v následujícím období. Pozornost bude věnována zejména trénování prediktivního modelu a bude zaměřena na uživatelské pohodlí při zpracování dat. Licence software bude mít proprietární charakter.

Předpokládané využití

Pokud by se podařilo zavést do běžné praxe využívání DPZ, jak je popsáno výše, bude to znamenat velký krok kupředu. Jedná se zejména o:

- Hodnocení vývoje sinicových vodních květů v průběhu jedné vegetační (koupací) sezóny. Sinice mohou být větrem nahnány do různých míst nádrže, kde se hromadí, takže v praxi často dochází k tomu, že odebraný vzorek situaci podhodnotí nebo naopak nadhodnotí. Jiný den se po změně podmínek může hladinový povlak přestěhovat v rámci nádrže jinak a může se zdát, že se situace celé nádrže nějak změnila. Výsledky DPZ mohou být zpracovány i tak, že lze vypočítat nějaké charakteristické (průměrné) číslo pro celou nádrž nebo její část. Tak lze podstatně objektivněji hodnotit celou sezónu.
- Porovnávání vývoje sinicových vodních květů na jedné přehradní nádrži v jednotlivých letech. Opět s využitím propočtů nějaké „průměrné hodnoty“ lze mnohem objektivněji sledovat třeba dlouhodobé trendy nebo vliv suchého období atd.
- Získání základních informací o velkém počtu vodních nádrží zároveň, navíc v průběhu sezóny a také v různých letech. To by mohlo přispět především k lepšímu přehledu o stavu rybníků, které není možné přímo vzorkovat např. z důvodu kapacity laboratoří. Pravděpodobně by bylo možné získat také informace o rybnících s převahou rozsivek a odlišit je od „sinicáků“. To vše by pak mělo mít dopad na plány monitoringu jak pro kontrolní tak pro výzkumné účely.

Poděkování

Práce byla finančně podpořena projektem TAČR Gama TG03010027 Posílení aktivit pro of-of-concept na Jihočeské univerzitě, dílčí projekt PoC 01-05 RemoteGuard.

Použitá literatura

- Gitelson, A.A., 2000. Remote estimation of phytoplankton density in productive waters. *Advances in Limnology* 55, 121–136.
- Gitelson, A.A., Khanbilvardi, R., Shteinman, B., Yacobi, Y., 2004. Remote Estimation of Phytoplankton Distribution in Aquatic Ecosystems, in: *Engineering, Construction, and Operations in Challenging Environments*. Presented at the Ninth Biennial Conference on Engineering, Construction, and Operations in Challenging Environments, American Society of Civil Engineers, League City, Houston, Texas, United States, pp. 255–262. [https://doi.org/10.1061/40722\(153\)36](https://doi.org/10.1061/40722(153)36)
- Gurlin, D., Gitelson, A.A., Moses, W.J., 2011. Remote estimation of chl-a concentration in turbid productive waters — Return to a simple two-band NIR-red model? *Remote Sensing of Environment* 115, 3479–3490. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.08.011>
- Schalles, J.F., Yacobi, Y.Z., 2000. Remote detection and seasonal patterns of phycocyanin, carotenoid and chlorophyll pigments in eutrophic waters. *Ergebnisse der Limnologie* 55, 153–168.
- Vinciková, H., Hanuš, J., Pechar, L., 2015. Spectral reflectance is a reliable water-quality estimator for small, highly turbid wetlands. *Wetlands Ecology and Management* 23, 933–946. <https://doi.org/10.1007/s11273-015-9431-5>
- Vinciková, H., Pechar, L., Hanuš, J., 2013. Měření a využití spektrální odrazivosti (reflectance) slunečního záření z hladiny povrchových vod: certifikovaná metodika. ENKI o.p.s., Třeboň.

Eutrofizace rybníků – jak hodnotit poslední desetiletí, setrvalý problém nebo zlepšení?

Pechar L.^{1,2}, Baxa M.¹, Benedová Z.¹, Kröpfelová L.¹, Musil M.^{1,2}, Šulcová J.¹

¹ ENKI o.p.s. Třeboň, Dukelská 145, 379 01 Třeboň

² Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, Studentská 1668, 370 05 České Budějovice

Úvod

Eutrofizace povrchových vod u nás patrně kulminovala v 80. letech minulého století. Intenzifikace veškeré hospodářské činnosti, zemědělského využívání krajiny a zvyšování produkce potravin se projevilo v celkovém zhoršování kvality povrchových vod. Pojem eutrofizace vod v sobě zahrnuje jak příčiny, tj. nárůst dostupných živin, tak důsledky v podobě zvýšené produkce především rostlinné složky vodních ekosystémů (Hrbáček 1981). Klíčovou živinou je fosfor, který se do vody dostával jak z nadbytečného užívání hnojiv, tak z nedostatečně čištěných odpadních vod.

Eutrofizace rybníků, na rozdíl od ostatních povrchových vod, měla odlišný charakter. Záměrné dodání živin mělo za cíl zvýšit produktivitu a výnos ryb. Zhruba do 70. let minulého století byla tato opatření hospodářsky úspěšná. Ale jak vzrůstala celková hospodářská aktivita a intenzita zemědělství, tak se rybníky stávaly stále více i recipientem difuzního znečištění, byly více zatěžovány živinami z komunálních zdrojů a zemědělských podniků. V 90. letech projevy eutrofizace rybníků kulminovaly. Zvýšené rybí obsádky a nadbytek živin, zejména P, měly synergický efekt. Výsledkem byly pravidelné vysoké biomasy fytoplanktonu s převahou sinic.

Společensko-politické změny na konci století se dramaticky projevily poklesem zemědělských aktivit, zároveň umožnily a urychlily řadu potřebných kroků v oblasti ochrany vod. Do národní legislativy byla implementována rámcová směrnice 2000/60EC pro vodní politiku a byla realizována opatření, která směřovala k omezení jak zdrojů znečištění, tak ke zlepšení samotného stavu vodních útvarů.

Dobře to dokumentují změny v koncentracích fosforu ve Vltavě, na profilu Slapy, které v letech 1990 – 2005 poklesly o polovinu (z 0,095 mg/L na 0,045 mg/L) Kopáček a kol. (2017).

V 90. letech došlo k výraznému omezení intenzivního zemědělského hospodaření, zejména poklesly dávky aplikovaných hnojiv na zemědělskou půdu. Téměř 10x se snížilo vápnění zemědělských pozemků. Tyto změny se zřetelně projevily ve snížení obsahu rozpuštěných látek, tj. hlavních kationtů (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) a aniontů (SO_4^{2-} , Cl^- , včetně HCO_3^- , tj. alkality vody). Nicméně koncentrace fosforu a množství fytoplanktonu zůstávají v rybnících stále na velmi vysoké úrovni, přestože v posledním desetiletí dochází k omezení hnojení rybníků (Pechar 2015).

Otázkou zůstává, zda vysoká míra eutrofizace je setrvalý stav a pokud ano, co je příčinou, že jak koncentrace fosforu, tak množství biomasy zůstávají beze změny na vysoké nepřiznivé úrovni.

Zdroje a rozsah zpracovaných dat

Výsledky presentované v tomto příspěvku pocházejí především z dlouhodobého a systematického sledování třeboňských rybníků. Od let 1990 a 1991 je v intervalech 10 let, vždy v dvouleté kampani, podrobně monitorován soubor 43 rybníků Rybářství Třeboň a.s. V letech 1992, 2002 a 2012 byly realizovány odběry na 97 – 103 lokalitách. K dispozici jsou údaje z monitoringu experimentálních rybníků Horák, Baštýř, Fišmistr a Blaník z Nadějské soustavy a od roku 1990 až do současnosti je téměř každou sezónu sledován rybník Rod.

Na tomto výzkumu se podílely: v 90. letech Botanický ústav AV ČR v Třeboni, po roce 1998 společnost ENKI o.p.s. a Zemědělská fakulta JU v Českých Budějovicích. Monitoring rybníků byl realizován ve spolupráci s akciovou společností Rybářství Třeboň, která významně podporovala tyto aktivity po celou dobu. V posledních letech byl výzkum rybníků podpořen také projekty VaV MŽP SP/2d3/209/07 a pilotními projekty OP Rybářství CZ.1.25/3.4.00/11.00387, CZ.1.25/3.4.00/13.00445 a projektem GAČR 17-0931S. V neposlední řadě byly výzkumné aktivity motivovány a podpořeny Správou CHKO Třeboňsko. Velkou výhodou tohoto souboru dat je skutečnost, že po celou dobu, tj. od 90. let jsou používány stejné nebo srovnatelné metody chemických analýz rybníčních vod i stejné metodické postupy při zpracování biologického materiálu. Zúčastněné laboratoře pravidelně a úspěšně absolvují kontrolní analýzy v rámci národního programu mezilaboratorních zkoušek.

Přestože je k dispozici rozsáhlý a komplexní materiál, rybníční oblast Třeboňsko má, ostatně jako každá rybníční oblast, svoje specifické podmínky. To, že lze získané výsledky zobecnit, lze podpořit srovnáním s jinými soubory dat, které v rámci sledování rybníků pro AOPK ČR realizovali Faina, Příkryl, (2003, cf. Strnadová 2015) a v roce 2015 Pithart a kol. (2017).

Eutrofizace rybníků a změny po roce 1990

Dostupné údaje dobře dokumentují, že maximální míra eutrofizace rybníků nastala koncem 80. a počátkem 90. let minulého století. Na Třeboňsku se víc než v jiných větších rybníčních oblastech projevoval efekt hnojení prasečí kejdou. V 70. letech aplikace kejdy významně podpořila růst produkce ryb. Velké množství aplikované kejdy poskytovalo nejen dusík a fosfor pro rozvoj primárních producentů, ale i organickou hmotu, která stimulovala heterotrofní mikrobiální produkci bakterií a nálevníků. Je však třeba připomenout, že aplikace kejdy nebyla jen otázkou rybářské praxe, ale také způsob její likvidace, který zahrnoval i aplikaci na zemědělské kultury. V konečném důsledku se živiny stejně dostaly do vodotečí a z části opět do rybníků. Aplikace statkových hnojiv však byla od 70. a 80. let zcela běžná praxe, jak zvyšovat úživnost rybníků a rybníční produkci, v rámci celostátní působnosti oborového podniku Státní rybářství. Vysokou míru eutrofizace z konce 20. století potvrzují data i z jiných rybníčních oblastí, např. Lednické rybníky (Příkryl 1996).

V Tab. 1 (část A) jsou uvedené průměrné hodnoty vodivosti, alkality (vyjádřené jako koncentrace hydrogenuhličitanů, HCO_3^-), koncentrace celkového dusíku (TN), celkového fosforu (TP) a chlorofylu (jako měřítka biomasy fytoplanktonu). Zatímco hodnoty vodivosti i alkality mezi roky 1990 až 2011 výrazně klesly, parametry, které určují míru eutrofizace, zůstávají na stejné, značně vysoké úrovni. V části B, tab. 1 jsou uvedeny průměrné hodnoty TN, TP a koncentrace chlorofylu sumarizované z dat Faina a Přikryla 2003, (cf. Strnadová, 2015) a Pitharta a kol. (2017). Je zajímavé, že jak rozsáhlý soubor dat z rybníků v rámci celé republiky (Faina, Přikryl, roky 1996–2003) tak i nevelký soubor z roku 2015 vykazují značnou podobnost s daty z Třeboňska. To naznačuje, že klíčové procesy určující stupeň eutrofizace jsou značně robustní a mohou působit podobně i v ostatních rybníčních oblastech. Druhou zajímavou skutečností je, že v letech 2012–2014 a 2015 jsou zjištěny nejnižší koncentrace celkového fosforu. Nicméně jak hodnoty celkového N, tak chlorofylu zůstávají beze změny.

Tabulka 1

A. Klíčové parametry chemismu rybníčních vod (vodivost a koncentrace hydrogenuhličitanů HCO_3^-) a míry eutrofizace (celkový dusík (TN) a fosfor (TP), chlorofyl, jako měřítka množství fytoplanktonu) – Třeboňsko

B. Parametry eutrofizace (celkový dusík (TN) a fosfor (TP), chlorofyl, jako měřítka množství fytoplanktonu), v rámci České republiky

A. Třeboňsko, 43 rybníků					
Období	Vodivost $\mu\text{S}/\text{cm}$	HCO_3^- mg/L	TN mg/L	TP mg/L	Chlorofyl $\mu\text{g}/\text{L}$
1990–91	361	125	2,60	0,29	121
2000–01	246	82	2,27	0,29	140
2010–11	197	71	2,70	0,27	127
2012–14	209	77	2,57	0,22	120
B. Různé rybníky v rámci ČR					
1996–2003	11 oblastí, 62 rybníků		3,13	0,28	90
2015	4 oblasti, 11 rybníků		2,13	0,20	102

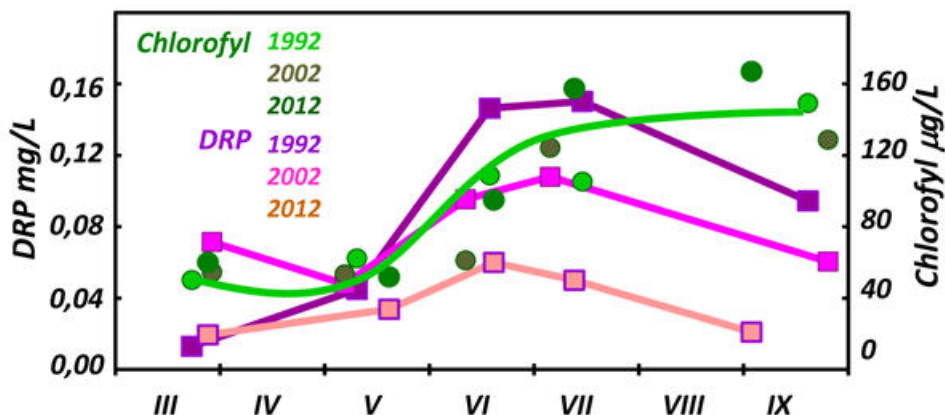
Koncentrace a formy fosforu v rybníční vodě

Fosfor je v sladkovodních ekosystémech nejčastějším limitujícím prvkem. Nedostatek fosforu byl nepochybně ve většině našich rybníků ještě počátkem 50. let minulého století. Malá dostupnost této hlavní živiny byla příčinou nízké produktivity rybníčních ekosystémů a nízkých výnosů ryb. S rozšířením aplikace superfosfátu došlo k výraznému navýšení koncentrací rozpuštěného reaktivního fosforu (DRP). Reaktivní fosfor je považován za měřítka fosfátů, tj. dostupného minerálního fosforu pro primární producenty, sinice, řasy a vodní vegetaci. Koncentrace DRP v 60. – 70. letech dosahovaly běžně 0,10 – 0,20 mg DRP/L. Nabídka dostupného fosforu však nemohla být plně využita. V zooplanktonu se běžně vyskytovaly velké perloočky, které účinně omezovaly růst fytoplanktonu. Teprve eliminace účinně filtrujícího zooplanktonu vyššími rybami obsádkami umožnila růst fytoplanktonu a častý vznik vodních květů. Synergický efekt vysokých rybích obsádek a dostatku fosforu

vedl k významnému nárůstu biomasy sinic a řas a zvýšení primární produkce. Koncentrace DRP během vegetační sezóny klesaly až na 0,01 mg DRP/L. Až 90 % fosforu bylo vázáno v biomase fytoplanktonu. Ještě v 80. letech se přísun fosforu navyšoval nebo byl udržován na úrovni okolo 10 kg P/ha. V 90. letech se poměrně často vyskytovala paradoxní situace, kdy velký podíl z celkového fosforu zůstal jako rozpuštěný reaktivní fosfor (DRP). Koncentrace DPR dosahovaly hodnot 0,05 až 0,10 mg DRP/L, přestože množství chlorofylu bylo řádově vyšší než v 70. letech 20. století. Taková distribuce forem fosforu (tj. velký podíl DRP vůči TP) společně s velkou biomasou fytoplanktonu svědčí o extrémním nadbytku fosforu (Pechar 2015).

Změny v koncentraci rozpuštěného reaktivního fosforu od roku 1992

Od konce 90. let patrně dochází ke snižování hnojení rybníků. V současnosti činí celkový přísun fosforu (v hnojení i krmení) v průměru 4 kg P/ha (nepubl. data pro Rybářské sdružení, Regenda 2013). Nicméně koncentrace chlorofylu je v posledních 25 letech stále stejně vysoká. Mírně nižší hodnota celkového fosforu v letech 2012 – 2014 ještě nedává příliš důvodů k optimismu. Nicméně porovnání sezónních trendů koncentrací DRP v sezónách 1992, 2002 a 2012 ukazuje na jejich zřetelný pokles. Zatímco průměrné letní koncentrace DRP v roce 1992 přesahovaly 0,12 mg/L v roce 2012 se pohybovaly jen do 0,05 mg DRP/L (Obr. 1). Pokles koncentrací DRP byl zaznamenán už v roce 2002. Naproti tomu koncentrace chlorofylu a sezónní průběh zůstává stejný. Jednotlivé hodnoty, ze všech tří sezón, lze aproximovat jednou křivkou. Nárůst fytoplanktonu začíná v květnu a v červnu, maxima je dosaženo v srpnu až v září.

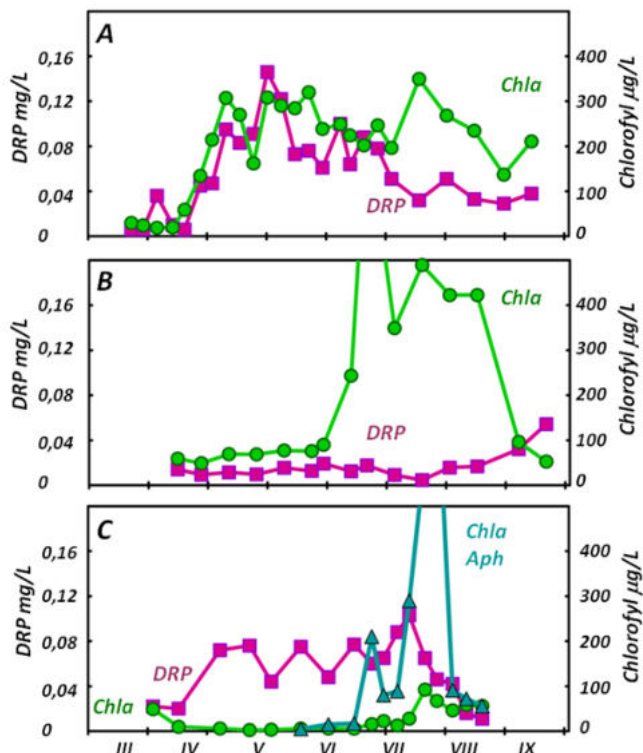


Obr. 1 Sezónní průběhy koncentrací chlorofylu-a rozpuštěného reaktivního fosforu (DRP), třeboňské rybníky v letech 1992 (97 lokalit), 2002 (103 lokalit) a 2012 (98 lokalit). Koncentrace chlorofylu jsou v grafu vyneseny jako samostatné body (jednotlivé sezóny 1992, 2002 a 2012 jsou rozlišeny barevným odstínem zelené). Zelená křivka znázorňuje zjednodušený sezónní trend, který v posledních desetiletích zůstává stejný.

Změny v koncentraci rozpuštěného reaktivního fosforu od roku 1993 na rybníce Rod

Pokles koncentrace DRP v roce 2010 oproti hodnotám z roku 1993 je dobře patrný na Obr. 2 (A, B). Během sezóny 1993 je velmi zřetelný nadbytek DRP. Maximální koncentrace (0,15 mg DRP/L) je dosaženo v první polovině sezóny, dokonce společně s rozvojem fytoplanktonu. V roce 2010 se koncentrace DRP po celou sezónu pohybují okolo 0,02 mg DRP/L, jen v září se mírně zvyšují. Přestože koncentrace DRP jsou v roce 2010 nízké, dochází v polovině sezóny k enormnímu rozvoji vodního květu sinic. Maximální koncentrace chlorofylu přesáhla 600 $\mu\text{g/L}$ a velká biomasa fytoplanktonu (sinic) se udržela po celou letní sezónu.

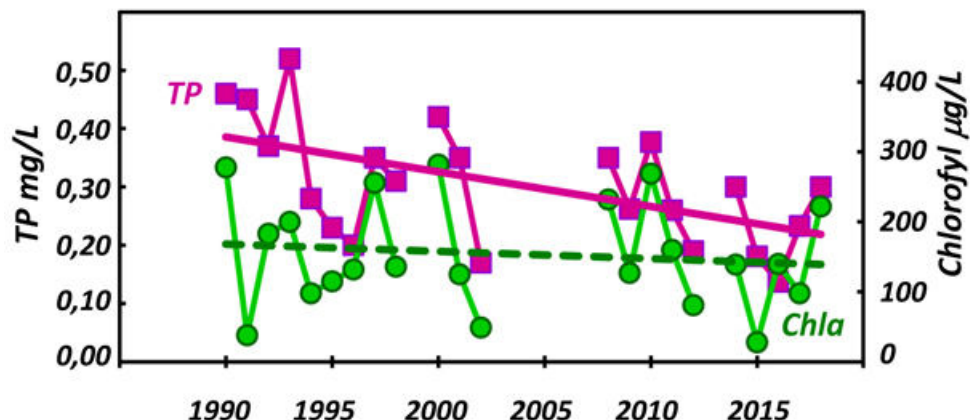
Odlišná situace nastala v roce 2014 (Obr. 2 C). V tomto roce byl rybník Rod poprvé zcela bez obsádky kapra. Po celou sezónu v zooplanktonu dominovaly velké perloočky a v srpnu se vytvořil silný vodní květ sinice *Aphanizomenon flos-aquae*. Maximální koncentrace chlorofylu dosáhla extrémní hodnoty 860 $\mu\text{g/L}$. Zároveň je patrné, že koncentrace DRP dosahovaly hodnoty, které byly běžné v 90. letech. Znamená to, že velký podíl fosforu zůstal nevyužitý v rozpuštěné formě, což ukazuje na stále velkou zásobu fosforu v rybníce. V situaci, kdy chyběla rybí obsádka, došlo k intenzivní mobilizaci fosforu, který však nebyl efektivně využit.



Obr. 2 Sezónní průběhy koncentrací chlorofylu (*Chla*), chlorofylu v sinici (*ChlaApha*) a rozpuštěného reaktivního fosforu (DRP), rybník Rod 1993 (A), 2010 (B), 2014 (C).

Změna v koncentraci celkového fosforu a chlorofylu na rybníce Rod od roku 1990

Rybník Rod je přírodní rezervace a od roku 2000 je rybářské hospodaření omezeno limity, které stanovila CHKO Třeboňsko. Od roku 2008 je rybník nasazován nižší obsádkou (70 kg kapra/ha). Ještě před rokem 2008 bylo víceméně vyloučeno hnojení a aplikace krmiv je také limitována. Od roku 2014 prakticky do současnosti je „experimentálně“ vyloučena kapří obsádka zcela. Průměrné sezónní koncentrace celkového fosforu, i přes značné oscilace, vykazují od roku 1990, sestupnou tendenci. To je patrně příznivý důsledek nižšího přísunu fosforu. Nicméně koncentrace chlorofylu se v dlouhodobém horizontu nemění (Obr. 3).



Obr. 3 Změny v koncentraci celkového fosforu (TP) a v koncentraci chlorofylu (Chla), rybník Rod 1990 – 2018.

Souhrn

Zřetelný pokles koncentrací rozpuštěného reaktivního fosforu (DRP) ukazuje, že v posledních 20 letech došlo s největší pravděpodobností ke snížení přísunu fosforu do rybníků. Takové hodnocení potvrzuje i dlouhodobé sledování rybníku Rod, kde je minimálně 10 let vyloučeno přímé hnojení.

Nižší koncentrace DRP, ani pokles koncentrace celkového fosforu zaznamenaný na rybníce Rod, nebyly doprovázeny úbytkem biomasy fytoplanktonu. To ukazuje, že fosfor je pro fytoplankton v rybnících stále v dostatečném množství.

Rozvoj fytoplanktonu tak není limitován vyčerpáním fosforu, ale jinými faktory, např. při vysoké hustotě biomasy bude limitující nedostatek světla ve vodním sloupci. Proto se změny v koncentraci fosforu a v jeho distribuci zatím neprojevují v úbytku fytoplanktonu, ve zvýšení průhlednosti, tj. ve vizuálním zlepšení kvality rybníční vody.

Absence ryb, úplná eliminace kapra na rybníce Rod v roce 2014, způsobila významnou změnu v planktonu ve srovnání s předcházejícími sezónami. Zároveň došlo k výrazné mobilizaci fosforu, který byl po většinu vegetační sezóny jen málo využit. Nicméně koncem léta enormní nabídka dostupného fosforu patrně stimulovala mimořádně intenzivní rozvoj vodního květu sinice *Aphanizomenon flos-aquae*.

Pokles koncentrací TP ani chlorofylu není v celkových výsledcích zatím patrný, ale pozitivní je, že případy nadbytku DRP nejsou tak časté. Snad by to mohl být začátek změny a snižování eutrofizace rybníků.

Poděkování:

Zpracování příspěvku bylo realizováno v rámci projektů GAČR 17-0931S a interního projektu GA Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích GAJU 081/2016/Z

Literatura

- Faina, R., Přikryl, I.: Projekt VaV 640/8/00 "Management rybníkářského hospodaření šetrného k přírodě": Závěrečná zpráva ENKI o.p.s. Třeboň, 2003.
- Hrbáček, J.: Produkční vztahy, výchozí struktura pro posuzování faktorů eutrofizace údolních nádrží. Academia Praha 1981, 58 pp.
- Kopáček, J., Hejzlar, J., Porcal, P., Posch, M.: Trends in riverine element fluxes: A chronicle of regional socio-economic changes. Water Research 125:374-383.
- Pechar, L.: Století eutrofizace rybníků – synergický efekt zvyšování zátěže živinami (fosforem a dusíkem) a nárůstu rybích obsádek. Vodní hospodářství 2015, 65(7):1-6.
- Pithart, D., Přikryl, I., Melichar, V., Křesina, J., Vlasáková, L. (eds.): Ekologický stav mokřadů České republiky. Belec, z.s. Praha 2017, 239 pp.
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/EC ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.
- Strnadová, J.: Chemismus rybníčních vod ČR – dlouhodobý vývoj chemismu rybníčních vod – efekt eutrofizace. – Diplomová práce, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2015, 94 pp.



Regenda, J., Vágner M., Rutegwa M., Dofek J., Drozd B.

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Ústav akvakultury a ochrany vod, Na Sádkách 1780, 370 05 České Budějovice, regenda@frov.jcu.cz

Úvod

Rybníky jsou důležitou součástí hydrologického systému v České Republice. Chov ryb v nich je však v některých kruzích považován za významný zdroj znečištění povrchových vod, zejména co se týče fosforu. Na druhou stranu nové studie ukazují na skutečnost, že kvalita vody v rybnících odráží rovněž stav jejich povodí. V kvalitě vody v rybnících hrají důležitou roli i další faktory, zahrnující trofickou úroveň, kvalitu sedimentů, intenzitu hospodaření, manipulaci s hladinou, způsob výlovu a vypouštění vody (odtok povrchové nebo spodní vrstvy vody) (Potužák a Duras, 2015). Rybníky rovněž přirozeně integrují veškeré dopady hospodářské činnosti v povodí (Duras a kol., 2015). Rybníční ekosystém často zlepšuje kvalitu povrchových vod, zejména tam, kde je jejich kvalita na přítoku do rybníka špatná. Na straně druhé, ji však může rovněž zhoršovat, a to zejména u živinově chudých vod (Kalenda a kol., 1982; Adámek a kol., 2010; Rozkošný a kol., 2011). Za jednu z klíčových funkcí rybníků v krajině je možné považovat jejich schopnost zadržovat živiny, zejména fosfor.

Jedna z nejdůležitějších odlišných charakteristik lidmi vytvořenými rybníky oproti přírodním jezerům je periodický výlov rybí obsádky. Proces výlovu rybníka způsobuje více či méně závažné odnosy nerozpuštěných látek, které jsou bohaté na různé sloučeniny a živiny, zejména pak fosfor (Kalenda a kol., 1982; Butz, 1988; Banas a kol., 2002; Vallod a Sarrazin, 2010). Pokud dojde k pohybu sedimentu v důsledku snížení vodní hladiny a zmenšení prostoru pro rybí obsádku, tak s postupným vypouštěním, se úměrně zvyšují hodnoty celkového fosforu a nerozpuštěných látek. Tyto zvýšené hodnoty jsou patrné již od okamžiku silného zakalení vody způsobeného pohybem ryb při malém objemu vody v rybníce (Mikšíková, 2011). Hodnoty odtoku živin, uváděnými výše uvedenými autory, jsou v první fázi vypouštění rybníků nízké a obvykle se shodují s jeho celoročními hodnotami zjišťovanými u výpusti. Mikšíková a kol. (2012) sledovali vypouštění a výlov dvou rybníků o velikosti 10 a 14 ha. Produkce ryb v nich byla na úrovni 500–600 kg.ha⁻¹ a probíhala obvyklým polointenzivním způsobem. Jeden z rybníků měl loviště a kádiště pod vzdušnou stranou hráze. V průběhu vypouštění dosahovala úroveň nerozpuštěných látek (NL105) desítek miligramů na litr a postupně vzrůstala k 100 mg.l⁻¹. Obsah celkového fosforu (TP) byl v rozmezí 0,115 až 0,252 mg.l⁻¹, resp. 0,081 až 0,259 mg.l⁻¹. Den před výlovem, kdy bylo v rybnících již méně vody, dosahovala koncentrace NL₁₀₅ již řádově stovky miligramů na litr. Koncentrace TP se rovněž zvýšila na 0,446, resp. 1,160 mg.l⁻¹. Ráno při výlovu se však koncentrace NL105 zvýšila velmi výrazně na 3 720 až 11 000 mg.l⁻¹ u rybníka s klasickým lovištěm, resp. 9 440 až 139 000 mg.l⁻¹ u rybníka s výlovem v podhráží. Podobně reagovala i koncentrace TP, která se v průběhu výlovu pohybovala na úrovni 5 až 17,4 mg.l⁻¹, resp. 11,4

až 127 mg.l⁻¹. Vyšší koncentrace byly zaznamenány u rybníků s výlovem v podhrází. To je poněkud překvapivé zjištění, neboť výlov v podhrází je obecně považován za nejšetrnější způsob výlovu jak pro ryby, tak i z hlediska odnosu sedimentu z nádrže.

Změny kvality vody při výlovu dvou rybníků (Vysočina a jižní Morava) sledovali rovněž Poštulková a kol. (2012). Z jejich výsledků vyplývá, že na rybníce Medlov (28,5 ha) byla v průběhu jeho vypouštění průměrná koncentrace TP 0,22 mg.l⁻¹, zatímco při výlovu vzrostla na 0,98 mg.l⁻¹ (průměr). Podobně na tom byla rovněž koncentrace TOC, která při vypouštění rybníka dosahovala průměrné hodnoty 20,39 mg.l⁻¹, zatímco maximální hodnota 53 mg.l⁻¹ byla zjištěna na konci výlovu. Mnohem větší dynamiku změny koncentrace však vykazoval TN, který měl průměrný obsah 2,4 mg.l⁻¹, ale jeho minimum bylo 1,2 mg.l⁻¹, resp. maximum 7,7 mg.l⁻¹. Na Jaroslavickém rybníku (188,7 ha) byla průměrná koncentrace TP při vypouštění 0,26 mg.l⁻¹ a při vlastním výlovu vzrostla na maximum 0,76 mg.l⁻¹. Průměrná koncentrace TOC byla na tomto rybníku poněkud vyšší, a to 28,24 mg.l⁻¹, přičemž minimum bylo 13,40 mg.l⁻¹, resp. maximum na konci výlovu až 45,40 mg.l⁻¹. Koncentrace zjištěné pro TN však byly poněkud nižší a dosahovaly v průměru 1,60 mg.l⁻¹, přičemž maximum činilo jen 5,50 mg.l⁻¹.

Stejné trendy ve změně kvality vody uvádějí rovněž zahraniční autoři z výlovu rybníků s chovem sumečka tečkovaného (*Ictalurus punctatus*) v USA (Boyd, 1978; Schwartz a Boyd, 1994) a pro extenzivní rybníky s obsádkou kapra a doplňkových ryb ve Francii (Banas a kol., 2002; Banas a kol., 2008).

Materiál a metodika

Rybníky

Sledování kvality vody při vypouštění a výlovu rybníka proběhlo na 12 rybnících, jejichž charakteristiku ukazuje tabulka 1. Sledovány byly jak jarní výlovy (4x), tak podzimní výlovy (8x). Jednalo se o plůdkové výtažníky (2x), výtažníky (4x), tak i hlavní rybníky (6x).

Tabulka 1. Charakteristika sledovaných rybníků

Rybník	Výměra (ha)	Objem vody (m ³)	Obsádka	Datum výlovu	Poznámka
ST	46,69	480 000	K ₂ – K ₃	9. – 10.11. 2017	hlavní, jedno horko, V/N
ČE	22,13	205 000	K ₂ – K ₄	16. 11. 2017	hlavní, dvě horka, V/N
BL	2,69	35 000	K ₀ – K ₁	11. 4. 2018	plůdkový výtažník, PO
RO	4,28	72 000	K _{1,2} – K _{2,3}	13. 4. 2018	výtažník, jedno horko, PO
LU	2,58	22 000	K ₁ – K ₂	20. 4. 2018	výtažník, jedno horko, PO
PR	8,17	70 000	K ₀ – K ₁	23. 4. 2018	plůdkový výtažník, PO
JO	4,91		K ₁ – K ₂	19. 10. 2018	výtažník, jedno horko, PO
ŠV	6,52		K ₃ – K ₄	29.10.2018	hlavní, jedno horko, PO+V/N
MA	33,77	205 000	K ₂ – K ₄	30.– 31.10. 2018	hlavní, dvě horka, V/N
SE	45,01	421 000	K ₂ – K ₄	6. – 7. 11. 2018	hlavní, dvě horka, V/N
VI	21,52	187 000	K ₂ – K ₃	14. 11. 2018	hlavní, dvě horka, PO
SA	7,92		K ₁ – K ₂	20. 11. 2018	výtažník, jedno horko, PO

V/N – vatka / nevod, PO – podložní síť

Voda

V rámci našeho sledování byla odebírána voda na výtoku z rybníka ve vývařšti, resp. ve stoce pod rybníkem v různých fázích vypouštění a výlovu rybníku. Rybníky sledované na podzim 2017 a jaře 2018 byly vzorkovány od večera před vlastním výlovem. U rybníků sledovaných na podzim 2018 byl vzorkován již samotný průběh vypouštění a strojní rybníků, včetně vody z rybníku, před zahájením vypouštění.

Základní fyzikálně chemické parametry vody byly v průběhu celého sledování měřeny pomocí multiparametrální sondy YSI EXO 2: Teplota vody ($^{\circ}\text{C}$); Vodivost – SPC ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$); TDS ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$); Salinita (ppt.); Rozpuštěný kyslík ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$); Nasycení vody kyslíkem (%); pH; ORP (mV); Chlorofyl a ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$); BGA-PC ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$); fDOM (RUF) a Turbidita (NTU).

Vlastní odběr vzorků vody pro laboratorní analýzy probíhal pomocí teleskopické tyče s 1 000 ml plastovou kádinkou na konci. Jednotlivé dílčí vzorky vody byly slévány do větší plastové nádoby o objemu 20 l. Interval pro odběr dílčích vzorků dosahoval 5–15 minut z důvodu eliminace náhodného zachycení kvalitativně odlišného typu vody. K vzorkování jednotlivých fází výlovu bylo přistoupeno vždy s určitým časovým odstupem od jejich zahájení. Směsný vzorek vody byl následně homogenizován intenzivním proléváním a mícháním. Takto homogenizovaný vzorek byl poté naléván do plastových vzorkovnic o objemu 1 litr pro stanovení obsahu nerozpuštěných látek při 105 a 550 $^{\circ}\text{C}$ (NL_{105} a NL_{550}), celkového uhlíku (TC), celkového organického uhlíku (TOC), celkového dusíku (TN); do 100 ml plastových kelímků pro stanovení celkového fosforu (TP), celkového železa (Fe), vápníku (Ca), draslíku (K) a hořčíku (Mg). 25 ml plastové lahvičky byly použity pro sběr vzorků pro stanovení rozpuštěného fosforu ($\text{P}_{\text{rozp.}}$) a rozpuštěného železa ($\text{Fe}_{\text{rozp.}}$). Tento vzorek byl navíc na místě upraven filtrací přes jednorázový nylonový filtr s velikostí ok 0,45 μm . Takto odebrané vzorky vody byly odevzdány hned po výlovu k dalšímu zpracování do akreditované vodohospodářské laboratoře Povodí Vltavy, s.p. v Českých Budějovicích.

Průtok vody stokou pod rybníkem byl měřen pomocí tlakového čidla umístěného v upraveném profilu stoky. Na začátku sledování bylo provedeno měření rychlosti vody pomocí flowmetru Flowtracker (SonTech) v profilu při různé intenzitě vypouštění vody (3–6x). Z těchto dat byla sestavena konsumpční křivka pro daný profil. Množství vody ($\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$), bylo stanoveno výpočtem z výšky vodní hladiny v profilu měřené v intervalu 1 min. a odpovídající hodnotě v grafu konsumpční křivky.

Výsledky

Fyzikálně chemické parametry vody

Ze sledovaných fyzikálně chemických parametrů vody jsou z hlediska chovu ryb, resp. bezpečného výlovu rybníku důležité teplota vody a koncentrace kyslíku. Teplota vody je výrazným způsobem ovlivněna průběhem počasí. Jako rizikové byly identifikovány zejména jarní výlovy komor, kdy jsme v roce 2018 díky rychlému nástupu jara zaznamenali teploty vody odpoledne den před výlovem na úrovni 16,41–26,71 $^{\circ}\text{C}$. Obdobně vysoké hodnoty byly naměřeny i v závěru výlovu (13,3–18,53 $^{\circ}\text{C}$) před polednem. Zvyšování teploty vody je umocňováno prodlužováním fotoperiody, jakož i malým objemem vody v závěru strojní a černou barvou vody i bahna. Na druhé straně obsah kyslíku je přes den udržován

na slušné úrovni díky fotosyntéze. Obsah kyslíku se proto jeví jako problematický především nad ránem před výlovem a následně ve spojení se začínající pohybovou aktivitou v prostoru loviště (stavění kádí, plašení ryb). Vysoká koncentrace ryb na malém prostoru při obvyklém intenzivním vypouštění vody před zátahem / zvednutém podložky zvyšuje turbiditu, díky čemuž klesá také obsah kyslíku až k 1 mg.l^{-1} . Po uklidnění situace v lovišti (vydávání ryb ze sítí) se kyslíkové poměry opět poněkud zlepši. Z hlediska obsahu kyslíku je pro ryby nejkritičtější závěr výlovu, kdy nezřídka klesá obsah kyslíku ve vodě k nule. Tato skutečnost je doprovázená „troubením“ kaprovitých ryb jak v lovišti, tak i ve stoce.

Hodnota pH v průběhu vypouštění a výlovu rybníku obvykle postupně klesala, v některých případech až o 2 stupně. To je dáno zvyšováním koncentrace organických látek (a dostupného CO_2).

Laboratorní analýzy vody

Ze všech sledovaných parametrů se na tomto místě s ohledem na prostor zmíníme jen o nerozpouštěných látkách – sušených (NL_{105}), celkovém dusíku (TN) a fosforu (celkovém – TP, rozpuštěném – $\text{P}_{\text{rozp.}}$ a partikulovaném – $\text{P}_{\text{partik.}}$). Jejich průměrné hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 2 až 4. Hodnoty jsou uváděny jak za všechny sledované rybníky společně, tak i odděleně podle typu rybníků (plůdkový výtažník, výtažník, hlavní rybník). Jelikož jsou sledované rybníky velmi různorodé co do velikosti, typu obsádky a způsobu výlovu, je v některých případech počet vzorků omezen.

U všech třech uvedených parametrů (NL_{105} , TN a TP) můžeme pozorovat postupný nárůst jejich koncentrací v čase. Obsah NL_{105} se ve srovnání s napuštěným rybníkem ($58,83 \text{ mg.l}^{-1}$) postupně zvýšil při vypouštění až na dvojnásobek ($126,64 \text{ mg.l}^{-1}$), zatímco TN se zvýšil jen o 20 % na ($3,52 \text{ mg.l}^{-1}$) a TP o 40 % (na $0,59 \text{ mg.l}^{-1}$). Ráno před výlovem dosahoval obsah NL_{105} ve srovnání s napuštěným rybníkem už pětinašobku ($298,58 \text{ mg.l}^{-1}$). Množství TN a TP se však zvýšilo o něco méně a to 2,3x, resp. 2,4x. Zahájení vlastního výlovu znamená další, mnohem výraznější nárůst zakalení vody a tím i zvýšení obsahu prakticky všech sledovaných parametrů. Plašení ryb, jakož i vlastní zvedání podložky, resp. zátaž, zvyšuje hodnotu NL_{105} na cca $1\,900 \text{ mg.l}^{-1}$, TN na $20\text{--}30 \text{ mg.l}^{-1}$ a TP přibližně na 5 mg.l^{-1} , tedy dosahuje dvanáctinásobku hodnot měřených u napuštěného rybníku. Ještě větší hodnoty jsou pak zjištěny při přetahování tažné sítě s rybou ke kádšti, resp. její jadření (NL_{105} až $4\,500 \text{ mg.l}^{-1}$). Vydáváním ryb ze sítí se situace v lovišti poněkud uklidní a hodnoty všech parametrů poklesnou na úroveň, která byla zjištěna při stavění kádí. Případný další zátaž spojený s plašením ryb zvyšuje opět koncentrace všech sledovaných parametrů na hodnoty vyšší, než byly zjištěny u prvního zátažu (NL_{105} $3\,410 \text{ mg.l}^{-1}$; TN $46,42 \text{ mg.l}^{-1}$; TP $7,97 \text{ mg.l}^{-1}$). Tato skutečnost je daná menším objemem vody v lovišti a vyšší intenzitou pohybu ryb. Následné vydávání ryb ze sítí znamená pokles zakalení vody, ale ne už tak výrazný jako při prvním zátažu (NL_{105} $2\,444 \text{ mg.l}^{-1}$; TN $11,44 \text{ mg.l}^{-1}$; TP $4,81 \text{ mg.l}^{-1}$). Vydávání sítě po druhém zátažu je obvykle kratší a v jeho průběhu dochází k intenzivnímu vypouštění zbylé vody z loviště. Často je zahájen dolovek ryb po okraji loviště na kesery. Dolovek ryb na kesery je spojen s větší pohybovou aktivitou v lovišti, intenzivním vypouštěním a celkově malým objemem vody v lovišti. Tato skutečnost výrazně zvyšuje koncentraci všech parametrů (NL_{105} $7\,579 \text{ mg.l}^{-1}$; TN $73,42 \text{ mg.l}^{-1}$; TP $18,74 \text{ mg.l}^{-1}$). Po ukončení vlastního výlovu ryb je

obvykle ponecháno vypustné zařízení otevřeno a dochází k volnému povrchovému odtoku vody z prázdného loviště. Za této situace je prakticky vyloučená možnost sedimentace unášeného sedimentu v lovišti. Díky tomu jsou ve stoce pod rybníkem zjištěny extrémní koncentrace všech sledovaných parametrů. Průměrný obsah NL_{105} vzrostl na 26 900 mg.l⁻¹, ale jejich maximální hodnota dosahovala na jednom rybníce až 60 tis. mg.l⁻¹. Obdobně narostla i koncentrace TN v průměru na 313,09 mg.l⁻¹ a zjištěné maximum bylo až 1 000 mg.l⁻¹. Průměrné množství TP při povrchovém odtoku za loviště bylo jištěno na úrovni 65,73 mg.l⁻¹ (max. 210 mg.l⁻¹).

Při pohledu na změny v kvalitě vody při vypouštění a výlovu rybníku podle typu obsádky, jsou zjištěny velmi podobné trendy. Rozdíl je však s ohledem na biomasu ryb v absolutních hodnotách jednotlivých ukazatelů (viz. tabulka 2 až 4). Není asi překvapením, že plůdkové výtažníky mají nižší hodnoty než výtažníky a hlavní rybníky. Poněkud nečekané je však zjištění, že výtažníky mají v některých fázích výlovu vyšší hodnoty NL_{105} , TN a TP, ve srovnání s hlavními rybníky (stavění kádí, zátah / zvedání podložky, vydávání ze sítě a dolovku na kesery). Vysvětlením této skutečnosti může být pro výtažníky typická vysoká biomasa obsádky koncentrovaná na menší ploše loviště ve srovnání s rozlehlějším prostorem loviště hlavního rybníka.

Tabulka 2. Dynamika změny nerozpuštěných látek – sušených (NL_{105}) podle fáze vypouštění / výlovu a typu rybníků (mg.l⁻¹)

NL_{105}	Všechny rybníky (12 ks)		Plůdkové výtažníky (2 ks)		Výtažníky (4 ks)		Hlavní rybníky (6 ks)	
	Počet vzorků	Průměr±SD (mg.l ⁻¹)	Počet vzorků	Průměr±SD (mg.l ⁻¹)	Počet vzorků	Průměr±SD (mg.l ⁻¹)	Počet vzorků	Průměr±SD (mg.l ⁻¹)
rybník	6	58,83±22,94	0		2	49,00±18,00	4	63,75±23,55
vypouštění	11	126,64±70,32	2	87,00±63,00	4	135,50±64,27	5	135,40±72,24
večer před výlovem	11	248,82±158,48	2	161,00±119,00	3	138,00±47,69	6	333,50±155,90
ráno před výlovem	12	298,58±338,12	2	126,50±73,50	4	230,00±62,05	6	401,67±447,94
stavění kádí	9	841,11±786,91	1	110,00±0,00	3	1 430,00±595,37	5	634,00±737,61
plašení	7	1 871,67±1 457,78	0		2	540,00±130,00	4	2 537,50±1 359,86
zátah / zvedání položky	10	1 936,00±1 287,03	2	325,00±5,00	3	2 833,33±1 167,14	5	2 042,00±981,35
jadření, přetažení sítě	2	4 500,00±800,00	0		0		2	4 500,00±800,00
vydávání sítě	9	827,78±624,94	2	240,00±50,00	2	1 750,00±350,00	5	694,00±395,86
plašení ryb II.	4	2 920,00±1 617,90	0		2	3 450,00±2 250,00	3	2 566,67±821,92
zátah II.	6	3 410,00±3 046,36	1	8 800,00±0,00	0		5	2 332,00±2 040,56
vydávání sítě II.	5	2 444,00±3 584,14	0		1	9 600,00±0,00	4	655,00±234,36
dolovka na kesery	12	7 579,17±5 145,77	2	7 825,00±7 175,00	4	8 500,00±5 253,42	6	6 883,33±4 038,32
povrchový odtok	11	26 900,00±19 837,75	1	11 000,00±0,00	4	22 500,00±10 735,46	6	32 483,33±23 631,22

Tabulka 3. Dynamika změny celkového fosforu (TP) podle fáze vypouštění / výlovu a typu rybníků (mg.l⁻¹)

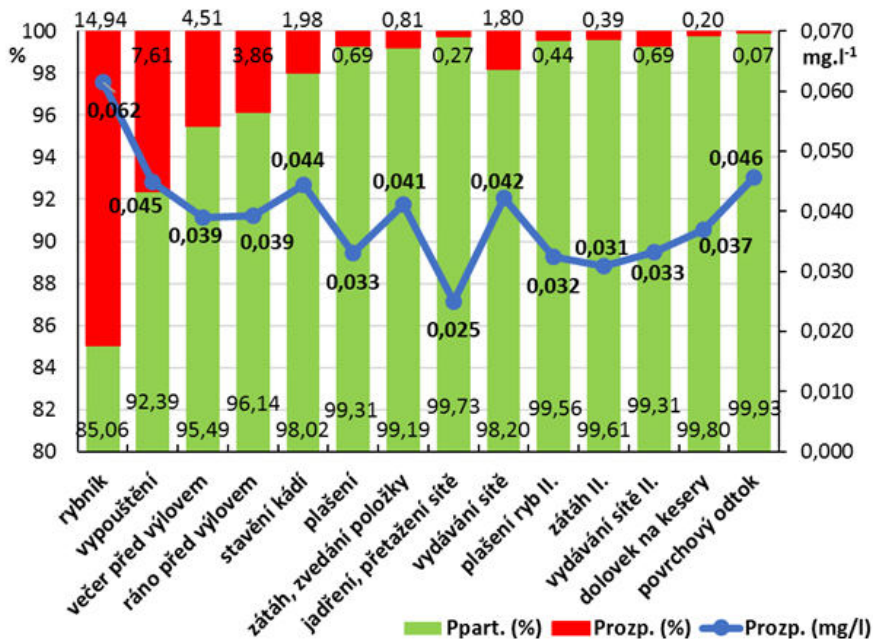
TP	Všechny rybníky (12 ks)		Plůdkové výtažníky (2 ks)		Výtažníky (4 ks)		Hlavní rybníky (6 ks)	
	Počet vzorků	Průměr±SD (mg.l ⁻¹)	Počet vzorků	Průměr±SD (mg.l ⁻¹)	Počet vzorků	Průměr±SD (mg.l ⁻¹)	Počet vzorků	Průměr±SD (mg.l ⁻¹)
rybník	6	0,41±0,12	0		2	0,30±0,15	4	0,47±0,05
vypouštění	11	0,59±0,30	2	0,69±0,41	4	0,63±0,35	5	0,52±0,17
večer před výlovem	11	0,86±0,41	2	0,84±0,47	3	0,65±0,36	6	0,98±0,37
ráno před výlovem	12	1,02±0,88	2	0,81±0,39	4	0,91±0,28	6	1,16±1,19
stavění kádí	9	2,24±2,12	1	0,72±0,00	3	3,83±2,22	5	1,59±1,66
plašení	6	4,82±3,57	0		2	2,00±0,50	4	6,23±3,61
záťah / zvedání položky	10	5,09±3,08	2	1,75±0,25	3	7,43±2,36	5	5,03±2,79
jadření, přetažení sítě	2	9,20±3,80	0		0		2	9,20±3,80
vydávání sítě	9	2,35±1,62	2	1,35±0,25	2	3,95±1,75	5	2,11±1,42
plašení ryb II.	5	7,40±6,83	0		2	12,10±8,90	3	4,27±0,57
záťah II.	6	7,97±7,68	1	22,00±0,00	0		5	5,16±4,85
vydávání sítě II.	5	4,81±6,63	0		1	18,00±0,00	4	1,52±0,73
dolovek na kesery	12	18,74±13,99	2	23,70±21,30	4	22,18±14,56	6	14,80±8,19
povrchový odtok	11	65,73±51,44	1	53,00±0,00	4	84,50±72,89	6	55,33±30,67

Tabulka 4. Dynamika změny celkového dusíku (TN) podle fáze vypouštění / výlovu a typu rybníků (mg.l⁻¹)

TP	Všechny rybníky (12 ks)		Plůdkové výtažníky (2 ks)		Výtažníky (4 ks)		Hlavní rybníky (6 ks)	
	Počet vzorků	Průměr±SD (mg.l ⁻¹)	Počet vzorků	Průměr±SD (mg.l ⁻¹)	Počet vzorků	Průměr±SD (mg.l ⁻¹)	Počet vzorků	Průměr±SD (mg.l ⁻¹)
rybník	6	2,82±0,61	0		2	2,00±0,20	4	3,23±0,22
vypouštění	11	3,52±1,69	2	2,65±0,55	4	3,53±1,54	5	3,861,97±1,97
večer před výlovem	11	5,47±2,83	2	4,60±1,50	3	2,87±0,69	6	7,072,74±2,74
ráno před výlovem	12	6,07±3,62	2	3,55±0,05	4	5,00±0,82	6	7,62±4,52
stavění kádí	9	10,91±8,42	1	3,60±0,00	3	12,37±3,64	5	11,50±10,36
plašení	6	31,72±32,30	0		2	7,70±1,10	4	43,73±33,64
záťah / zvedání položky	10	20,57±15,32	2	5,30±0,60	3	20,37±11,92	5	26,80±15,88
jadření, přetažení sítě	2	59,00±31,00	0		0		2	59,00±31,00
vydávání sítě	9	11,41±7,62	2	3,75±0,25	2	18,00±5,00	5	11,84±7,31
plašení ryb II.	5	25,40±12,75	0		2	27,50±16,50	3	24,00±9,20
záťah II.	6	46,42±45,00	1	120,00±0,00	0		5	31,70±33,63
vydávání sítě II.	5	11,44±7,22	0		1	25,00±0,00	4	8,05±2,78
dolovek na kesery	12	73,42±52,24	2	81,50±68,50	4	73,00±33,89	6	71,00±55,68
povrchový odtok	11	313,09±263,80	1	97,00±0,00	4	297,50±147,20	6	359,50±321,00

Fosfor

Fosfor patří mezi klíčové eutrofizační prvky vnitrozemských vod. Je proto zajímavé sledovat, jak v návaznosti na zvýšení NL_{105} roste i obsah TP. Naproti tomu koncentrace Prozp. zůstává přibližně na stejné úrovni (Graf 1). Tato skutečnost vede k tomu, že podíl vázaného fosforu – Ppartik., roste z 85 % (v rybníku) na 96 % (ráno před výlovem) a v průběhu vlastního výlovu se drží většinou nad 99 %. V závěru sledování – povrchový otok vody z loviště dosahuje dokonce v průměru 99,93 %. To je s ohledem na absolutní hodnoty TP (průměr 65,73 $mg.l^{-1}$) vcelku pozitivní zjištění.



Graf 1. Dynamika změny podílu rozpuštěného fosforu (Prozp.) a partikulovaného fosforu (Ppart.) podle fáze vypouštění / výlovu, průměr za všechny rybníky (% a $mg.l^{-1}$)

Závěr

- V průběhu vypouštění a strojení rybníků dochází k postupnému nárůstu obsahu sledovaných parametrů (NL_{105} , TN a TP).
- Největší nárůst hodnot byl zjištěn ve spojení s aktivním pohybem ryb a lidí v lovišti (stavění kádí, plašení ryb, zátah / zvedání podložky, jadření sítě, dolovek na kesery apod.). Naopak k poklesu hodnot docházelo vždy při uklidnění situace v lovišti (vydávání ze sítě, čekání na auto, noc, apod.).
- Koncentrace Prozp. se v průběhu vypouštění a výlovu rybníka výrazně nemění i když hodnoty TP se zvyšují výrazně.
- Podíl vázaného fosforu (Ppartik.) se postupně zvýšil z 85 % (rybník) až na 99,93 %

(povrchový odtok z loviště) a v průběhu vlastního výlovu dosahuje hodnot nad 99 %.

- Na kvalitu vody vytékající z rybníků má vliv počasí, typ obsádky a její biomasa, typ vypustného zařízení a způsob manipulace s vodou. Změny v čase mohou být s ohledem na fázi výlovu velmi dynamické a výrazné.

Poděkování

Výsledky byly získány v rámci projektu CZ.01.1.02/0.0/0.0/16_084/0010345 Instalace uzavřených okruhů na sádkách ryb, zadržení vody v krajině a minimalizace produkce škodlivin a opětovné využití živin v rybníčním hospodářství (OP PIK) a za finanční podpory MŠMT ČR prostřednictvím projektů CENAKVA (CZ.1.05/2.1.00/01.0024) a CENAKVA II (LO1205 v rámci programu NPU I).

Seznam literatury

- Adámek, Z., Helišic, J., Maršálek, B., Rulík, M., (2010). Aplikovaná hydrobiologie. Vodňany Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, FROV, Vodňany.
- Banas D., Masson G., Leglize L., Pihan J-C (2002). Discharge of sediments, nitrogen (N) and phosphorus (P) during the emptying of extensive fishponds: effect of rain-fall and management practises. *Hydrobiologia* 472: 29-38.
- Banas D., Masson G., Leglize L., Usseglio-Polatera, P., Boyd, C. E., (2008). Assessment of sediment concentration and nutrient loads in effluents drained from extensively managed fishponds in France, *Environmental Pollution* (152) 679–685.
- Boyd, C. E., (1978). Effluent from Catfish Ponds during Fish Harvest. *J. Environ. Qual.* (7) 1:59–62.
- Butz I. (1988) Situation of fish – farm effluents in Austria. *Monistettuja Julkaisu* (Helsinki) 47:4-12.
- Duras J., Potužák J., Marcel M., Pechar L. (2015). Rybníky a jakost vody. *Vodní hospodářství* 7:16 – 24.
- Kalenda M., Vojtěch V., Gergel J. (1982). Obsah některých živin a látek vypouštěných rybníků ve vodě. *Československé rybníkářství*. 1: 8-16.
- Mikšíková K. (2011) Sledování množství nerozpuštěných látek a celkového fosforu v průběhu vypouštění rybníční nádrže. *Juniorstav*. 3. *Vodní hospodářství a vodní stavby*. 7s.
- Mikšíková, K., Dostál, T., Vrána, K., Rosendorf, P., (2012). Transport sedimentu a fosforu při výlovu malých vodních nádrží. *Vodní hospodářství* (6), s. 203–208.
- Poštulková, E., Kopp, R. Lang. Š., Brabec, T., (2012). Změny kvality vody při vypouštění rybníka. In: XVI. *Konference ČLS a SLS*, 25 – 29. júna Jasná, s. 126–129.
- Potužák J., Duras J. (2015) Nutrient retention in fishponds – importance, assessment and possible use. *Vodní hospodářství* 65(7):7-15(in Czech).
- Rozkošný M., Adámek Z., Heteša J., Všeticková L., Marvan P., Sedláček P. (2011) Impact of pond management on the water ecosystems of streams in the South Moravia region. *VTEI* 1/2011
- Schwartz, MF., Boyd, CE.(1994) Effluent quality during harvest of channel catfish from watershed ponds. *Progressive fish-culturist* 56: 25-32.
- Vallod D., Sarrazin B (2010). Water quality characteristics for draining and extensive fish farming pond. *Hydrol. Sci. J.* 55(3): 394–402.

Frojda V.¹, Lauda J.¹, Zvonař L.², Kotrč V.², Strunecký O.³

¹Smotek s.r.o., Nerudova 36, 370 04 České Budějovice

²Rybářství Nové Hradky s.r.o., Štiptůň 78, 374 01 Nové Hradky

³Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Ústav akvakultury a ochrany vod, Na Sádkách 1780, 370 05 České Budějovice

V závislosti na oteplování klimatu dochází v posledních letech v letním období k snižování nasycení vod rozpuštěným kyslíkem. V oboru produkčního rybářství lze do budoucna usuzovat na růst potřeby přesnějšího sledování koncentrace rozpuštěného kyslíku v obhospodařovaných vodách. Jedná se o lepší monitoring průběhu denních cyklů kyslíku a zejména pak vzniku, trvání a průběhu kyslíkových deficitů, které se v poslední době stávají nezanebatelným rizikovým faktorem hromadného úhynu rybích obsádek.

Analýza problematiky měření kyslíku ukázala, že naprostou většinu realizovaných měření provádí pracovníci jednotlivých rybářství v rámci výkonu své běžné činnosti. Jedná se převážně o nepravidelná, příležitostná měření přenosnými měřicími přístroji, bez odpovídající archivace a interpretace měřených dat. Zároveň jsme identifikovali zvýšené požadavky na kontrolu, servis a kalibraci přenosných měřících zařízení a tudíž do značné míry i problematickou přesnost a spolehlivost realizovaných měření.

Hlavní důvody průběžného měření rozpuštěného kyslíku

Koncentrace rozpuštěného kyslíku je důležitým faktorem přežití a přírůstku ryb. Vhodné načasování a množstevní optimalizace krmných dávek v závislosti na vývoji koncentrace kyslíku může vést ke zvýšení efektivity využití krmiva, viz. teorie kyslíkového cyklu. Rozpuštěný kyslík je zároveň citlivým indikátorem nestability vodního prostředí. Na průběžný monitoring koncentrace rozpuštěného kyslíku lze v tomto smyslu nahlížet jako na základní varovný systém, podobně jako na teploměr chladící kapaliny motoru automobilu.

Ekonomická motivace průběžného měření kyslíku, příklad:

Vodní plocha	50	ha
Stanovení hodnoty sledovaného majetku		
Obsádka ryb	0,5	t/ha
Tržní hodnota ryb	50	Kč/kg
Hodnota obsádky celkem	1 250 000	Kč
Úspora nákladů na krmivo za rok		
Příkrm za vegetační období	2	t/ha
Hodnota příkrmu včetně závozu	4 500	Kč/t
Potencionál úspory krmiva	10	%
Hodnota úspory krmiva	45 000	Kč

Úspora nákladů na aeraci autom. regulací za rok		
Cena elektrické energie	4,50	Kč/kWh
Příkon aerátoru	2	kW
Aerace červen-zář, vypnuto ze 40%	1152	h
Hodnota úspory	10 368	Kč
Úspora výjezdů za rok		
Mzdové náklady na výjezd - 1h	200	Kč
Osobní vůz 6 Kč/km, á 10km výjezd	60	Kč
Počet uspořené výjezdů za rok	10	X
Hodnota úspory	2 600	Kč
Provozní úspora celkem za rok	57 968	Kč

Požadavky na automatický měřicí systém rozpuštěného kyslíku

Základní požadavky:

- průběžné měření 24h denně
- plně automatický provoz zařízení
- prodloužené servisní intervaly
- automatický dálkový přenos naměřených dat
- výsledky měření dostupné on-line
- archivace výsledků měření

Doplňující požadavky:

- autonomní provoz – solární napájení
- periodická a varovná hlášení dle koncentrace
- automatická re-kalibrace měřicí sondy
- spínání a odpojování provozních zařízení na základě koncentrace kyslíku – aerátory, krmná zařízení
- monitoring funkčnosti elektrické přípojky

Podmínky testování a test běžně dostupné měřicí techniky

Ve spolupráci s Rybářstvím Nové Hradky bylo vytvořeno testovací prostředí na hrázi rybníka Nový v Oboře, kde je k dispozici napájení elektrickým proudem a kotvicí molo pro umístění měřicí techniky. V dalších fázích pak bylo testovací prostředí rozšířeno ve spolupráci s FROV na rybníky Štíčí sádky a rybník Dehtář.

Již první pokusy o kontinuální měření rozpuštěného kyslíku běžně dostupnými měřicími zařízeními (Clarkovo a optické čidlo) potvrdily velmi rychlé obrůstání měřících techniky vodními organismy, kdy v průběhu jednoho až dvou týdnů dochází ke znehodnocení kvality měření. Nárůst mikroorganismů na měřicí sondě zabraňuje prostupu kyslíku k membráně sondy, čímž dochází k výrazně nižším nálezům koncentrace kyslíku měřicími sondami oproti skutečnému stavu.

Dále byla zjištěna nestabilita a nespolehlivost dálkového přenosu měřených dat prostřednictvím GSM technologie v odlehlejších oblastech se slabším pokrytím signálem.

Vývoj vlastního měřicího systému

Postupným vývojem a testováním různých konstrukčních konceptů byl v letech 2017-2018 sestaven a úspěšně otestován prototyp měřicího zařízení vlastní konstrukce umožňující vynoření měřicí sondy z vody mezi jednotlivými měřeními.

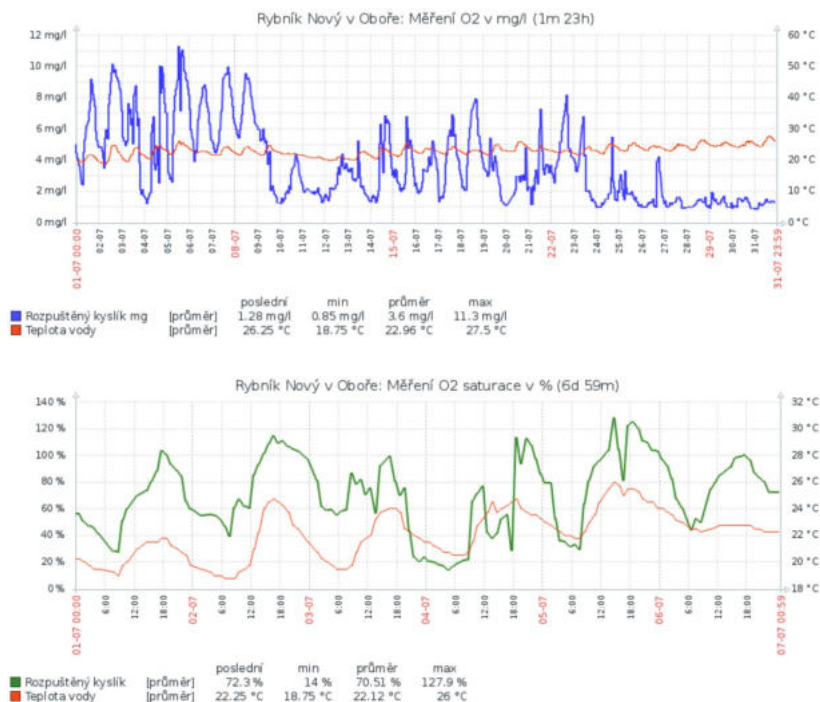
Tento koncept zabraňuje obrůstání měřicí sondy mikroorganismy a umožňuje tak dlouhodobý provoz měřicího systému bez potřeby údržby po celé vegetační období. Nevýhodou tohoto řešení je schopnost provozu pouze mimo období zámrazu vodní hladiny. Tato nevýhoda byla vyhodnocena jako akceptovatelná.

K náhlým, prudkým změnám koncentrace rozpuštěného kyslíku a vzniku obtížně předpověditelných kyslíkových deficitů dochází zejména v letním období. V zimním období je pokles koncentrace kyslíku spojen se zámrazem vodní hladiny a pokrytí ledu sněhem. Tento jev je však zjevný a je dostatečně ošetřen běžnou praxí.

Pro dálkový přenos dat byla úspěšně otestována technologie přenosu dat Sigfox, která se vyznačuje potřebnou stabilitou a nízkými náklady na provoz.

Pro zobrazování hodnot měření byla připravena on-line aplikace, ve které je možno zobrazovat historii měření koncentrace a nasycení vody rozpuštěným kyslíkem, teplotu vody, teplotu vzduchu a kalibrační hodnoty měřicí sondy z jednotlivých měřicích stanic.

Příklad výsledků měření rozpuštěného kyslíku rok 2018



Plán vývoje na rok 2019

Vzhledem k dosavadním pozitivním výsledkům budeme v letošním roce pokračovat v testování měřicího zařízení s cílem ověření dlouhodobé provozní spolehlivosti. Zároveň se budeme věnovat konstrukčním úpravám směřujícím k přípravě malosériové výroby.

V roce 2019 budeme rovněž pokračovat ve vývoji a testech rozšířených funkcionalit. Prioritně se jedná o napájení ze solárního zdroje a dálkové ovládání provozních zařízení.

Teorie kyslíkového cyklu v produkčních rybnících

Kyslík ve vodě je jeden z nejdůležitějších parametrů vodního prostředí. Je nezbytný pro dýchání a zprostředkovaně pro zásadní biochemické reakce organismů.

Nároky ryb na koncentraci kyslíku se liší, což je jeden z hlavních důvodů pro výběr rybí obsádky. K velice náročným druhům ryb patří ryby lososovité. Lososovité ryby vyžadují ideální koncentraci rozpuštěného kyslíku mezi 8-10 mg·l⁻¹, koncentrace menší než 3 mg·l⁻¹ je pro ně letální. Velmi citlivé na koncentrace rozpuštěného kyslíku je i plotice, ouklej a candát. Naopak méně náročné druhy ryb jsou štika a ryby kaprovité. Pro ně jsou ideální koncentrace rozpuštěného kyslíku od 6-8 mg·l⁻¹. Příznaky dušení u kaprovitých ryb pozorujeme až při poklesu rozpuštěného kyslíku pod 2 mg·l⁻¹. Mezi nejméně citlivé ryby na kyslík patří karas stříbřitý a koljuška tříostná. Při nižší koncentraci kyslíku ryby přestávají přijímat potravu a soustředí se na místa s jeho vyšší koncentrací, kde se mohou stát potravou predátorů.

Kyslík se do vody dostává dvěma hlavními způsoby. Difúzí z atmosféry a při fotosyntéze vodních rostlin, řas a sinic. Rozpustnost kyslíku ve vodě závisí zejména na teplotě, kdy s rostoucí teplotou koncentrace kyslíku klesá. Při 2°C se ve vodě rozpustí cca 14 mg·l⁻¹, při 20°C cca 9 mg·l⁻¹ O₂. Protože difuze kyslíku do vody je velmi pomalá (2.10×10⁻⁵ cm²·s⁻¹) je jeho hlavním zdrojem ve stojatých vodách fotosyntéza fytoplanktonu jejímž hlavním limitujícím faktorem je světlo.

Hlavní konzument kyslíku ve vodě je překvapivě také fytoplankton, zvláště za nižšího osvětlení a v noci (cca 4-10 mg·l⁻¹·den⁻¹), bakterie v průběhu celého dne (cca 1-5 mg·l⁻¹·den⁻¹), relativně malá je pak spotřeba ryb a zooplanktonu.

Běžný cyklus sezonní koncentrace kyslíku v rybnících je pak přesycení kyslíkem za jasného dne, které přetrvává přes noc až do ranních hodin, a jeho opětovný nárůst s rozedněním. V eutrofních rybnících ovšem nastávají dvě situace, kdy dochází k velkému poklesu koncentrace rozpuštěného kyslíku, které buď přímo ohrožují rybí obsádku anebo zabraňují rybám přijímat potravu. Hlavním problémem je nedostatečná intenzita světla, která nastává při špatném počasí a zamračeném nebi. Pak po několika dnech poklesu kyslíku se jeho koncentrace limitně blíží nule a bez řádné aerace dochází k úhynu rybí obsádky. Další situace působící pokles kyslíku je stav při nadměrné hustotě fytoplanktonu kdy světlo nedosahuje do hloubky – tzv. vodní květy, a fytoplankton spotřebovává více kyslíku než produkuje. Při nízké koncentraci kyslíku pak navíc dojde k jeho rychlému odumření a autolýzaci fytoplanktonu, řasy a sinice se začnou rozkládat řetězovou reakcí a rybník tak zvaně hnije.

Těmto jevům se při nedostatku kyslíku běžně zabráňuje aerací. Aerace má ovšem přesně opačný efekt při dostatečném množství kyslíku ve vodě než je ten žádaný. Nejenom že pumpuje na hladinu vodu bez kyslíku a do hloubky se dostává voda s kyslíkem, která se působením dna kyslíku rychle zbaví, ale zároveň zvyšuje koncentraci fosforu ve vodním sloupci. Při větší koncentraci fosforu ve vodě rychleji roste fytoplankton a hlavně sinice, roste tedy množství vodního květu a může se tak urychlovat jeho kolaps, který zpětně koncentraci kyslíku zásadně sníží. Stejně tak krmení ryb při nízké koncentraci kyslíku, kdy ryby nežerou, přichází vniveč, rozkládá se a dále koncentraci kyslíku snižuje.

Proto je třeba přistupovat k aeraci a ke krmení ryb s rozvahou a ideálně se znalostí kyslíkových poměrů v rybníce. Inteligentní management rybníků tak může snížit náklady na chov ryb stejně jako snížit dopady rybníčního hospodaření na životní prostředí.





Flajšhans, M., Kašpar, V., Kocour, M., Gela, D., Rodina, M., Prchal, M.

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, Zátiší 728/II, 389 25 Vodňany

Úvodem trochu historie

V letech 1993 - 1994 zpracoval prof. Josef Mácha, DrSc. z Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně studii o vývoji a současném stavu původních druhů, plemen a populací hospodářských a užitkových zvířat. Mezi užitková zvířata byly podle tehdy platného zákona č. 240/1991 Sb. o šlechtění, plemenitbě a evidenci hospodářských zvířat v té době řazeny i plemenné ryby.

Zhodnocení vývoje a stavu původních populací a linií ryb na našem území do studie prof. Máchy poskytl Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický (VÚRH) ve Vodňanech včetně návrhu metod individuální identifikace generačních ryb a provádění genetických analýz kmenových hejn k ověření genetické integrity či úrovně genetické proměnlivosti, jak později popsali Flajšhans a kol. (1999). Studie prof. Máchy se stala základem návrhu projektu Výzkumného ústavu živočišné výroby v Uhřetěvsi, který identifikoval a lokalizoval původní plemena a populace, a navrhl opatření k jejich uchování nebo regeneraci. V roce 1996 byl na základě tohoto projektu vyhlášen příspěvkový titul Ministerstva zemědělství ČR na udržování genových rezerv a geneticky cenných populací hospodářských a užitkových zvířat, ryb a včel, jenž se z ryb týkal populací kapra a pstruha.

V roce 1997 nabyl národní program ochrany genových rezerv (později genetických živočišných zdrojů, dále GZ) prakticky současné podoby a jeho součástí se stal samostatný program ochrany a využití pro GZ ryb, rozšířený i na populace a linie lína, sumce, síhů a jeseterů.

První novelizace plemenářského zákona, která zahrnula plemenné ryby mezi hospodářská zvířata a uznala tím úroveň profesionální plemenářské práce u ryb, známá jako zákon č. 154/2000 Sb., o šlechtění, plemenitbě a evidenci hospodářských zvířat a o změně některých souvisejících zákonů (plemenářský zákon) pamatovala na GZ zvířat včetně ryb, na jejich chovatele a na národní program jejich uchování samostatným §14. Této problematiky se rovněž týkaly i další postupné novelizace tohoto zákona a jeho prováděcích vyhlášek, zejména novelizace ve znění zákona č. 60/2017 Sb. a vyhlášky č. 72/2017 Sb.

Od roku 2003 byl program transformován ve standardní a komplexní Národní program ochrany GZ pro zemědělství a mezi jeho úkoly byl nově zařazeno i nalézání udržitelných způsobů využití GZ (genetickezdroje.cz, 2019). Podoba celého programu i podoba jeho programu B.1.16 pro ochranu GZ ryb v průběhu času v jednotlivých programových obdobích dále doznávala jen mírných změn. Odborným garantem programu je od jeho počátku v roce 1996 VÚRH ve Vodňanech, od roku 2009 jako zakládající součást Fakulty rybářství a ochrany vod JU.

Plemena a populace GZ ryb chovaná v současnosti

Mezi plemena GZ kapra patří žďárský lysec a šupináč, jihočeský kapr šupinatý, mariánskolázeňský kapr šupinatý, milevský lysec, jihočeský lysec, linie C434, C435, pohořelický lysec a třeboňský šupináč. U lína ke GZ řadíme lína vodňanského, hlubockého, táborského, mariánskolázeňského, velkomeziříčského, kož. '92 a modrého. Mezi další GZ ryb patří sumec vodňanský a hodonínský, pstruh duhový Pd M, PdD 66 a PdD 75, šumavská a tepelská populace pstruha obecného f. potoční a čisté druhy síha marény, peledě, jesetera malého a vyzy velké. Všechna plemena, linie a populace, stejně jako čisté druhy byly do programu zařazeny na základě své genetické jedinečnosti, resp. vzácnosti.

Význam, cíle a jednotlivé postupy v rámci programu

Význam GZ spočívá především v tom, že původní nezušlechtěná plemena zachovávají mnoho „primitivních“ vlastností, jako je přizpůsobivost prostředí, odolnost klimatickým stresům, místním parazitům a patogenům nebo lepší využití místních potravních zdrojů, zatímco moderní plemena nebo hybridní linie pro intenzivní produkci často dosahují vysoké užitkovosti za cenu ztráty těchto primitivních vlastností. GZ tak zůstávají výchozím materiálem pro šlechtění nových plemen a v případě potřeby i zdrojem genů využitelných pro zlepšení zdravotního stavu, kondice a dalších užitkových vlastností vysoce užitkových plemen. V neposlední řadě plemena GZ ryb jsou kulturně-historickou součástí chovatelství v českých zemích a genofond plemen a linií ryb vytvořený činností našich předchůdců je součástí kulturního bohatství národa.

Cílem programu ochrany GZ ryb je od počátku jednak udržovat původní plemena u těch druhů ryb, kde se k produkčním účelům používá převážně (poly)hybridů, a dále udržovat původní druhy v případech, kdy intenzivní produkce mezidruhových hybridů způsobila vymizení čistých rodičovských druhů. Klasickým příkladem této situace jsou čisté druhy síhu, marény a peledě. Totéž se týká i případů, kdy produkce mezipopulačních hybridů nebo převozy populací pro vysazování do volných vod způsobily pokles nebo zánik mezipopulační genetické diverzity, jak se stalo u pstruha obecného f. potoční. Patří sem i případy, kdy jsou chovány druhy, mající hospodářský význam, které jsou přitom v přírodě ohroženy (jeseteri). Kmenové hejno jako nukleus GZ je odchovávan i pro případ genetického znečištění původního plemene (nežádoucí introgresi genů jiných plemen při realizaci hybridizačního programu), při selhání selekčního programu, při nebezpečí virových onemocnění, otrav, povodní nebo intenzivní predace (Flajšhans, 2018).

K naplnění těchto cílů byly zavedeny následující postupy pro uchovávání GZ: v živé genové bance, tj. u chovatelů v původním prostředí typickém pro dané plemeno nebo populaci (*in situ*) i mimo toto prostředí např. formou kryokonzervovaných gamet pro inseminaci nebo zárodečných kmenových buněk pro transplantaci (*ex situ*). Zároveň se depozicemi tkáňových vzorků analyzovaných populací začala vyvíjet genobanka DNA. Dosud se, snad s výjimkou jeseterů, v ČR příliš nerozšířil způsob uchovávání živých GZ ryb v zoologických zahradách, veřejných agroturistických expozicích nebo veřejných akváriích (tzv. *ex situ in vivo*), který není zmiňovaným programem dotován. Tyto postupy jsou detailně rozehrány v monografii Flajšhans a kol. (2013) a staly se součástí závazné metodiky pro uchování GZ ryb od 1. 1. 2017 certifikované Ministerstvem zemědělství ČR (genetickezdroje.cz

Ryby 2017), proto se zde uvádí jen jejich stručný výčet a v závorce jsou uvedeny instituce, které za jejich realizaci od počátku programu zodpovídají:

1. Identifikovat a popsat genetické zdroje ryb na území ČR [MÚRH ve Vodňanech ve spolupráci s Ústavem živočišné fyziologie a genetiky (ÚŽFG) AV ČR v Liběchově].
2. Založit a udržovat živou genovou banku pro každý GZ (chovatelé, rybářské podniky).
3. Zavést jednotný systém značkování generačních a remontních ryb (PIT tags) a plemenářské evidence (MÚRH ve Vodňanech, chovatelé).
4. Každoročně aktualizovat a doplňovat data chovatelů a obsádek GZ v Ústřední evidenci vedené Českomoravskou společností chovatelů, a.s. v databázovém systému Integrovaného registru zvířat (IZR) na eAGRI.cz [Rybářské sdružení (RS) ČR].
5. Založit a spravovat kryobanku spermatu, DNA banku, postupně i kryobanku zárodečných kmenových buněk (MÚRH ve Vodňanech)
6. Koordinovat aktivity chovatelů, provádět metodický dohled (Šlechtitelská rada RS ČR)
7. Vyhodnocovat výsledky genetických analýz a zohledňovat je při každoroční aktualizaci programu (ÚŽFG AV ČR v Liběchově, MÚRH ve Vodňanech, Šlechtitelská rada RS ČR)
8. Sdílet informace s tvůrci rybářské politiky, chovatelským sdružením a chovateli (MÚRH ve Vodňanech, RS ČR)
9. Provádět VŠ výuku a osvětu laické veřejnosti (chovatelské výstavy aj.; MÚRH ve Vodňanech)

Silné a slabé stránky programu

V průběhu roku 2015 vyzvala Komise genetických zdrojů pro výživu a zemědělství FAO všechny členské státy, aby zpracovaly o stavu svých vodních genetických zdrojů národní zprávy, jež byly o rok později transformovány do celovětové zprávy o stavu vodních genetických zdrojů. Z podkladové národní zprávy a z níže uvedeného akčního plánu vyplynuly také silné a slabé stránky národního programu GZ ryb, které uvádíme v následující tabulce:

Tab. 1: Zhodnocení silných a slabých stránek programu uchování a využití GZ ryb

Silné stránky:	Slabé stránky:
Kontinuita programu	Riziko virových nákaz (KHV, VHS, IHN, IPN), nařízená likvidace ostatních druhů jako přenašečů
Propracovanost systému (metodika chovu, značkování, opak. gen. analýzy, plemenářská evidence)	Predace GZ, zejména kormorány a vydrou
Chovatelské sdružení se silným mandátem, komunikace uvnitř i vně, člen FEAP	Pozdní pohlavní dospělost některých GZ
Odborně kvalifikovaná chovatelská veřejnost	Podmínka dotace (způsobilost: chovatel musí být vlastník) snižuje počet dotovaných chovů
Prověřené chovy, welfare	Ne všechny GZ chovány na více místech
Nízká fluktuace chovatelů	Ředění podpory na 1 hejno (povinnost vytvořit duplikát <i>in situ</i> není doprovázena navýšením státní podpory, ale snížením podpory stávajícím chovatelům)
Udržování <i>in situ</i> i <i>ex situ</i>	
Většina GZ chována na více místech	
Vytvoření bezpečnostní duplikát <i>ex situ</i>	

Aktuální programové období

V současném programové období (2018 – 2022) Národní program konzervace a využívání GZ zvířat významných pro výživu a zemědělství vychází z platných mezinárodních dohod (např. Úmluvy o biodiverzitě), implementuje jejich priority a navrhuje opatření a aktivity, které jsou relevantní pro podmínky ČR při řešení problematiky ochrany, konzervace a využívání GZ. Jeho implementační součástí je tzv. Akční plán Národního programu, který ukládá jednotlivým garantům GZ, chovatelským svazům a sdružením řadu aktuálních úkolů, mezi něž patří například vytváření a doplňování bezpečnostních duplikátů GZ, vyhodnocování a náprava krizových situací, spolupráce s komisí genetických zdrojů FAO a další. Mezi ně patří i úkol č. 2.38 „Zajistit chov GZ ryb alespoň ve dvou chovech lokalizovaných na různých povodích - vytvoření chovaného duplikátu“, protože je žádoucí udržovat genetické zdroje ryb alespoň ve dvou chovech, lokalizovaných na různých povodích, aby při vyhlášení ohniska nebezpečné virové nákazy, predaci ryb rybožravými predátory, při povodni nebo otravě nedošlo k totální likvidaci genetického zdroje, a aby v případě snížení úrovně genetické variability bylo možné provést osvěžení krve z druhého chovu. Garant a chovatelské sdružení pro plnění tohoto úkolu předem specifikovali zadavateli „jednání s chovateli o vytvoření chovaného duplikátu GZ ryb jednotlivých druhů, a zároveň jednání s koordinátorem Národního programu o zvýšení celkové dotace na GZ ryb, pro každý nově zřízený druhý chov o výši běžné roční dotace na kmenové hejno daného druhu.“. V roce 2018 byl již jeden chovaný duplikát vytvořen, ale ke zvýšení celkové dotace na GZ ryb ze strany poskytovatele pro nově zřízený druhý chov nedošlo. V tom spatřujeme reálné ohrožení dalšího plnění tohoto úkolu, protože ředění podpory ohrožuje práci chovatelů stávajících GZ.

Poděkování

Původní plemena GZ ryb vesměs vykazují nižší užitkovost, než novošlechtěná plemena nebo vysokoužitkoví F1 kříženci, a zejména u těch plemen GZ, která jsou pouze zakonzervována, není v současnosti reálné očekávat jejich bezprostřední zásadní uplatnění v produkčním rybářství. Na druhé straně uchování GZ vyžaduje větší nároky na oddělenou reprodukci a chov a s tím spojený úbytek produkčních kapacit, stejně jako vyšší náklady na pracovní sílu a služby. Je proto evidentní, že bez finanční podpory ochrany GZ ryb ze strany státu by je pravděpodobně nebylo možné udržet z důvodů čistě ekonomických, navzdory povědomí chovatelů o jejich významu a hrdosti na plemenářskou práci generací jejich předchůdců. Od roku 1996 do současnosti stát prostřednictvím Ministerstva zemědělství ČR podpořil chovy genetických zdrojů ryb v živé genové bance celkem částkou přesahující 82 mil. Kč, s průměrnou roční výší podpory na úrovni 3 746 tis. Kč.

Poděkování proto náleží především Ministerstvu zemědělství ČR a jeho Národnímu programu uchování a využití genetických zdrojů hospodářských a užitkových zvířat B. 1. 16 Ryby - Udržování genetických zdrojů u ryb. Práce zmiňované v tomto přehledu byly dále podpořeny MŠMT ČR – projekty CENAKVA (CZ.1.05/2.1.00/01.0024), CENAKVA II (LO1205 v rámci programu NPU I) a Biodiverzita (CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_025/0007370).

Odkazy

- Flajšhans, M., Linhart, O., Šlechtová, V., Šlechta, V., 1999: Genetic resources of commercially important fish species in the Czech Republic: Present state and future strategy. Special edition Genetics in Aquaculture VI, Aquaculture 173: 471 - 483.
- Flajšhans, M., Kocour, M., Ráb, P., Hulák, M., Petr, J., Bohlen Šlechtová, V., Šlechta, V., Havelka, M., Kašpar, V., Linhart, O., 2013. Genetika a šlechtění ryb (Fish Genetics and Breeding). Druhé rozšířené a upravené vydání. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 305 s.
- Flajšhans, M., 2018. Genetické zdroje ryb. Náš chov 12: 8-11.
- <http://genetickezdroje.cz/narodni-program-uvod/narodni-program-ryby/> . Popis programu GZ ryb na stránkách VÚŽV, v.v.i., 2019
- <http://genetickezdroje-cz.vasestranky.cz/wp-content/uploads/2017/02/Ryby.pdf> Platné znění závazné metodiky k udržování GZ ryb, od 1. 1. 2017



Vavrečka. A., Kalous. L

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Katedra zoologie a rybářství, Kamýcká 957, 165 21 Praha 6 – Suchbátka, e-mail: Vavrečka.Antonin@seznam.cz, kalous@af.czu.cz

Úvod

Celosvětová produkce akvakultury se od počátku 50. let 20. století stále zvyšuje a cca 50% ryb pro lidskou spotřebu v celosvětovém měřítku nyní pochází z akvakultury (Subasinghe et al., 2009; Lynch et al., 2016). V roce 2014 bylo vyprodukováno celkem 195 mil. tun (rybolov i akvakultura). Z těchto 195 mil. tun pochází 101 mil. tun z akvakultury a 93 mil. tun z rybolovu. Asi vyprodukuje 74% z celkové světové produkce ryb (rybolov a akvakultura), Amerika vyprodukuje 11% a to zejména v Peru, USA a Chile. Evropa vyprodukuje 9%, Afrika 5% a Oceánie 1% z celkové světové produkce ryb (EUMOFA, 2016a).

Země EU produkují přibližně 3,2% světové produkce rybolovu a akvakultury. V roce 2014 bylo vyprodukováno celkem 6,15 mil. tun. Z těchto 6,15 mil. tun pochází 1,28 mil. tun z akvakultury a 4,86 mil. tun z rybolovu. Největšími producenty ryb pocházejících z akvakultury jsou v rámci EU Španělsko s produkcí 285 tis. tun, Spojené království s produkcí 215 tis. tun, Francie s produkcí 204 tis. tun, Itálie s produkcí 149 tis. tun a Řecko s produkcí 104 tis. tun (EUMOFA, 2016a).

Zhruba jedna čtvrtina vyprodukovaných ryb z akvakultury pochází ze sladkovodní akvakultury (Bostock et al., 2016). Nejdůležitějšími druhy sladkovodní akvakultury v zemích EU jsou pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) a kapr obecný (*Cyprinus carpio* L.) (Lane et al. 2014; FAME 2016). Asi tři čtvrtiny celkové produkce kapra pocházejí ze tří členských států, konkrétně z České republiky (ČR), Maďarska a Polska (EUMOFA, 2016b). V roce 2014 rybářské podniky z Polska vyrobily 19 tis. tun kapra v hodnotě 38 mil. EUR, ČR vyrobila 18,6 tis. tun kapra v hodnotě 37 mil. EUR (EUMOFA, 2016a) a Maďarské podniky vyrobily 12 tis. tun v hodnotě 22 mil. EUR (EUMOFA, 2016b). Celková produkce zemí EU u pstruha duhového je 191 tis. tun v hodnotě 604 mil. EUR. Největším producentem pstruha duhového v rámci EU je Dánsko, Francie a Itálie, kteří produkují 19%, 18% a 17% z celkové produkce pstruha zemí EU. V Dánsku produkce pstruha duhového v roce 2014 dosáhla 36 tis. tun v hodnotě 107 mil. EUR (EUMOFA, 2016a). Produkce dalších sladkovodních druhů činí 16 000 tun a je zastoupena zejména ze sumců (*Silurus glanis* L.), úhoře (*Anquilla anquilla* L.), sivena (*Salvelinus fontinalis*, Mitchell, 1815) a různých jeseterů (*Acipenser* sp.) (FAME 2016). Akvakultura poskytuje lidem v mnoha rozvojových zemích významné sociální a ekonomické služby (Lynch et al. 2016; FAO 2016).

ČR je typickým vnitrozemským státem a produkce ryb je zajišťována prostřednictvím sladkovodní akvakultury. Na území ČR se nachází více než 24 tis. rybníků a vodních nádrží, jejichž celková plocha představuje 52 tis. ha. Většina rybníků byla postavena v 15. a 16.

století a vedle své produkční role v akvakultuře plní řadu mimoprodukčních funkcí jako je zadržování vody, protipovodňová ochrana, je také krajinnotvorným prvkem a dále hraje důležitou roli v rekreaci (Pokorný, 2015; Hule, 2015). Dlouhodobě se produkce ryb pro-
hybuje na úrovni 20 000 tun ročně. V roce 2016 byla v České republice produkce ryb 20 952 tun živé hmotnosti (Ženíšková a kol., 2017). V české akvakultuře dominuje kapr s 87,6% z celkové produkce a následně lososovité ryby s cca 3,2%, býložravé ryby (*Hypophthalmichthys molitrix*, Valenciennes, 1844, *Ctenopharyngodon idella*, Valenciennes, 1844) představují 5,1% a lín obecný (*Tinca tinca* L.) kolem 0,8%. Vysoce ceněné dravé ryby (*Sander lucioperca* L., *Esox lucius* L., *Silurus glanis* L.) jsou omezeny produkcí rybníků a jejich podíl je pouze 1,1% celkové produkce ryb (Ženíšková a kol., 2017).

Součástí české akvakultury je i chov lososovitých ryb, realizovaný na farmách, kterých je v ČR na tři desítky. Chov lososovitých ryb, především pstruhů v intenzivních akvakulturních chovech, hraje velmi důležitou roli ve většině evropských a mnoha mimoevropských zemích (Kouřil, 2015a). Jejich chov v České republice není praktikován v rozsahu, který by výrazněji ovlivňoval domácí produkci tržních ryb (Berka, 2015). V roce 2016 se pohybovala produkce ryb z těchto zařízení na úrovni 655 tun živých ryb (Ženíšková a kol., 2017). Dále v ČR existují podniky s recirkulačními systémy a v současné době se v ČR význam produkce ryb z recirkulačních systémů neustále zvyšuje (Kouřil, 2015b).

Celosvětová roční spotřeba ryb činí 19,7 kg ryb na osobu. Roční spotřeba ryb a mořských produktů na jednoho obyvatele Evropské unie je 25,5 kg (EUMOFA, 2016a). V České republice je spotřeba ryb ještě nižší, neboť dlouhodobě stagnuje na necelých 4 kg na osobu za rok (Ženíšková a kol., 2017). Z tohoto množství činí spotřeba sladkovodních ryb u nás méně než 1,5 kg na osobu za rok. Berka (2015) uvádí, že do této průměrné spotřeby sladkovodních ryb na osobu a rok se započítává i konzum ryb odlovených při sportovním rybolovu, který se pohybuje kolem 0,3 až 0,5 kg na osobu a rok.

Udržování této multifunkční akvakultury je v ČR zásadní pro udržitelnost různých funkcí na krajinné a sociální úrovni. Proto je nezbytné sledovat ekonomický vývoj v základních ukazatelích ve vztahu k velikosti podniku a jeho zaměření.

Cílem tohoto příspěvku je zhodnotit rozložení a současnou ekonomickou situaci podniků a celého odvětví v ČR, analyzovat rovnoměrnost uvádění akvakulturní produkce na trh v České republice a navrhnout směry vývoje akvakultury pro zvýšení její konkurenceschopnosti a zvýšení spotřeby sladkovodních ryb.

Zhodnocení rozložení a ekonomické situace podniků a odvětví v ČR

Pro zhodnocení rozložení podniků na území ČR (v regionech soudržnosti (NUTS II) a krajů (NUTS III)) byly použity data z registru Státní veterinární správy (SVS). Tento registr vede v ČR mimo jiné schválené produkční podniky akvakultury. Počet podniků byl sledován v letech 2015 až 2018. V tomto střednědobém měřítku působilo v ČR 287 ± 35 podniků akvakultury (tab. 1). Organizační jednotky Českého rybářského svazu nejsou zahrnuty do měření. Většina z nich je soustředěna v Jihočeském kraji (89 ± 12), Středočeském kraji (34 ± 3), kraji Vysočina (29 ± 6), Plzeňském kraji (19 ± 1) a Moravskoslezském kraji ($18 \pm$

1). Z hlediska regionů soudržnosti (NUTS II) se většina podniků nachází na jihozápadě (108 ± 13), poté na jihovýchodě (41 ± 7), na severovýchodě (36 ± 4) a ve středních Čechách (34 ± 3).

Tab. 1: Počet podniků v regionech soudržnosti (NUTS II) a krajích (NUTS III)

Regiony soudržnosti NUTS II	Počet podniků	Kraje NUTS III	Počet podniků
Praha	13 ± 2	Hlavní město Praha	13 ± 2
Střední Čechy	34 ± 3	Středočeský kraj	34 ± 3
Jihozápad	108 ± 13	Jihočeský kraj	89 ± 12
		Plzeňský kraj	19 ± 1
Severozápad	17 ± 2	Karlovarský kraj	13 ± 1
		Ústecký kraj	4 ± 1
Severovýchod	36 ± 4	Liberecký kraj	4 ± 1
		Královéhradecký kraj	18 ± 2
		Pardubický kraj	14 ± 1
Jihovýchod	41 ± 7	Kraj Vysočina	29 ± 6
		Jihomoravský kraj	12 ± 1
Střední Morava	20 ± 3	Olomoucký kraj	15 ± 2
		Zlínský kraj	5 ± 1
Moravskoslezsko	18 ± 1	Moravskoslezský kraj	18 ± 1
Česká republika			287 ± 35

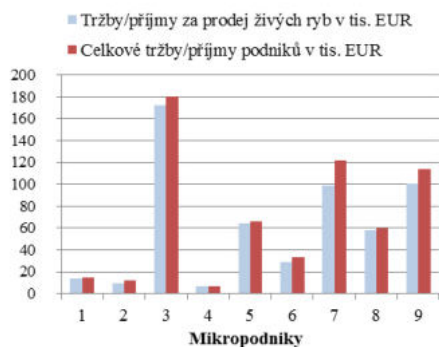
Dalším zdrojem dat byl informační systém Státního zemědělského intervenčního fondu (IS SZIF) a Systém sledování vazeb (SSV). Vzhledem k potřebě kategorizace podniků pro jednotlivé analýzy, byly podniky rozřazeny do skupiny mikropodniků, malých a středních podniků. Celkem bylo vybráno 9 mikropodniků, 7 malých podniků a 4 podniky střední a údaje byly uvedeny z uzavřeného účetního období roku 2015. Celkem se jednalo o 20 podniků, což je 7% vzorek ze všech schválených produkčních podniků akvakultury vedených Státní veterinární správou. Vybrané podniky ve vzorku jsou zaměřeny na tradiční chov ryb v rybnících, případně dále provozují rybí líhně a sádky. Všechny podniky ve vzorku čerpají dotace. Výše hodnot v jednotlivých ukazatelích (jednalo se o průměr a směrodatnou odchylku) byla úměrná velikosti podniku. Pro přepočet národní měny na EUR byl použit platný kurz ČNB k prvnímu pracovnímu dni roku 2017 (pro rok 2017 se jednalo o kurz 27,020 Kč k 2. 1. 2017).

Tab. 2: Vybrané ukazatele dle velikosti podniku

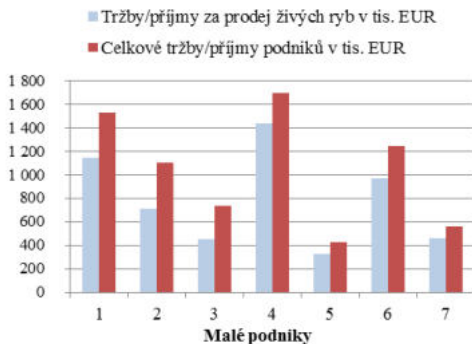
Ukazatel	Velikost podniků		
	Mikro	Malý	Střední
Zisk podniků (v tis. EUR)	15.04 ± 11.15	82.76 ± 78.06	500.2 ± 342.81
Obdržené dotace (v tis. EUR)	52.25 ± 49.61	258.71 ± 116.89	506.85 ± 164.88
Produktivita práce (v EUR)	151.4 ± 105.8	48.2 ± 6.35	51.7 ± 7.78

Tabulka 2 ukazuje, že výše poskytnutých dotací vykazovala vyšší hodnotu než generované

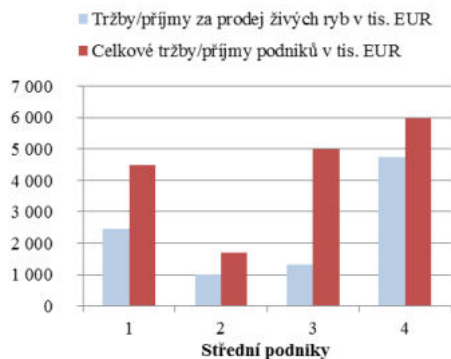
průměrné roční zisky. Dotace významnou měrou ovlivňují realizaci investic a některé podniky by bez dotačních zdrojů musely zejména větší plánované investice odložit, či rozložit do delšího časového období. Střední podniky vykazují čerpání dotací v poměrně vysokém objemu. Oproti mikropodniku je střední podnik schopen zajistit svůj podíl spolufinancování investic bez dlouhodobých bankovních úvěrů. Podniky, které zajišťují financování větších investic formou bankovních úvěrů poskytnutých jak na předfinancování dotace, tak na vlastní spolufinancování investice mohou být více zadlužené.



Obr. 1: Mikropodniky a jejich tržby/příjmy v tis. EUR

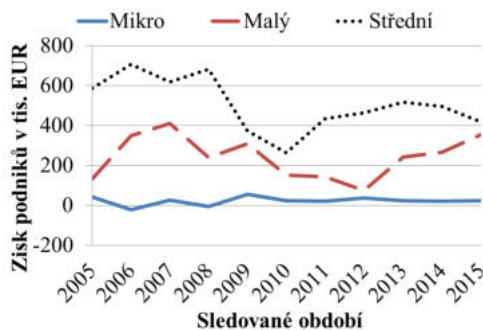


Obr. 2: Malé podniky a jejich tržby/příjmy v tis. EUR

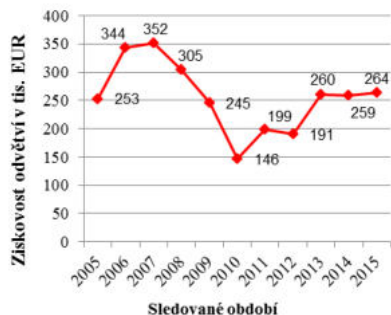


Obr. 3: Střední podniky a jejich tržby/příjmy v tis. EUR

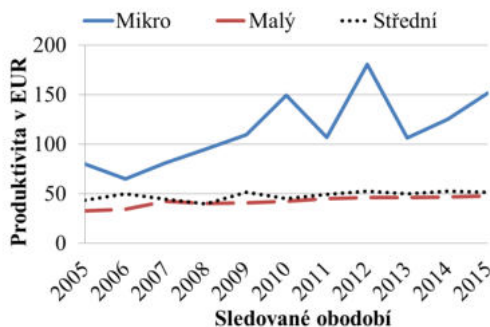
U mikropodniků tržby/příjmy za prodej živých ryb tvoří minimálně 80% podíl celkových tržeb/příjmů (obr. 1). U malých podniků tržby/příjmy za prodej živých ryb tvoří již minimálně 62% podíl celkových tržeb/příjmů (obr. 2) a u středních podniků je tento podíl na minimální úrovni 26% (obr. 3). Některé malé a střední podniky diverzifikují svoji činnost o zpracování ryb a nabídku sportovního rybolovu a doplňují tržby/příjmy za prodej živých ryb, tržbami/příjmy za prodej zpracovaných ryb, tržbami/příjmy za prodej povolenek k lovu na udici. Malé a střední podniky, které diverzifikují svoji činnost jsou schopny se lépe vyrovnat s neočekávanými situacemi prostředí. Mikropodniky, které mají tržby/příjmy založené převážně na tradičním chovu ryb v rybnících a u kterých tržby/příjmy za prodej živých ryb tvoří minimálně 80% podíl celkových tržeb/příjmů, mohou vykazovat vyšší citlivost na působení vnější vlivů (klimatických podmínek), než podniky malé a střední velikosti.



Obr. 4: Zisk podniků v tis. EUR



Obr. 5: Ziskovost odvětví



Obr. 6: Produktivita práce podniků v EUR



Obr. 7: Produktivita práce za odvětví v EUR

Analýza vývojových trendů byla použita při hodnocení změn sledovaných ukazatelů v desetiletém intervalu od roku 2005 do roku 2015. Byl vybrán ukazatel dosažený zisk a produktivita práce.

Z porovnání vývojových křivek dosažených zisků mikro, malých, středních podniků (obr. 4) je zřejmé, že podniky vykazují značné meziroční výkyvy dosažených zisků. Ze značně kolísavé časové posloupnosti dosažených zisků jednotlivých podniků vyplývá, že nelze dopředu jasně predikovat dosažený zisk podniku v nadcházejících letech. Jak dosažené zisky jednotlivých podniků (obr. 4), tak ziskovost celého odvětví (obr. 5) vykazují od roku 2009 výraznější pokles zisků na nejnižší hodnoty a od roku 2012 ziskovost mírně stoupá. Meziroční vývoj ziskovosti za odvětví zaznamenal v roce 2010 oproti roku 2007 téměř 59% pokles, nicméně od následujícího roku dochází k jejímu mírnému vzestupu. Ziskovost odvětví je v roce 2015 zhruba na stejné úrovni jako v roce 2005.

Produktivita práce byla také hodnocena v desetiletém intervalu jak za jednotlivé skupiny podniků, tak i za celý sektor. Produktivita práce byla nejvyšší u mikropodniků (tab. 2) a i z dlouhodobého hlediska byla produktivita práce u mikropodniků nejvyšší (obr. 6). Mikropodniky měly největší podíl na tržbách ve vztahu k počtu zaměstnanců. Tyto podniky pracovaly efektivněji. Obr. 7 s produktivitou práce v odvětví akvakultury ukazuje, že produktivita práce se od roku 2005 do roku 2015 mírně zvyšuje. Zvýšení produktivity práce bylo způsobeno především zvýšením produktivity mikropodniků. Meziroční tempo růstu

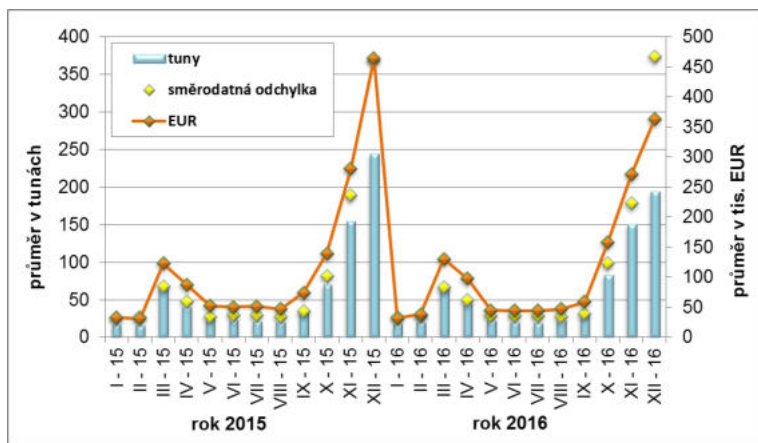
produktivity práce v odvětví zaznamenalo v roce 2015 nárůst (přibližně) o 38% oproti roku 2005.

Kompletní výsledky byly zaslány ke zveřejnění ve formě článku do časopisu *Aquaculture International*.

Zhodnocení uvádění akvakulturní produkce na trh a zájem spotřebitelů o vybrané druhy ryb

Pro monitoring uvádění produkce tuzemských živých sladkovodních ryb v průběhu jednotlivých měsíců roku 2015 a 2016 na český trh proběhl sběr dat z IS SZIF. Do vzorku byly zahrnuty podniky, které jsou klasickými produkčními podniky s chovem ryb v rybnících a dále i podniky zabývající se intenzivním chovem ryb. Do vzorku s klasickými produkčními podniky byly zahrnuty pouze podniky s produkcí větší než 50 tun ročně. Celkem bylo vybráno do vzorku 35 podniků (31 podniků s chovem ryb v rybnících a 4 podniky s intenzivním chovem ryb) a jedná se o 12% vzorek z celkového počtu schválených podniků v ČR Státní veterinární správou. Údaje byly uváděny v objemovém vyjádření (v tunách) a dále v hodnotě přepočtené na EUR. Pro přepočet na EUR byl použit platný kurz ČNB k prvnímu pracovnímu dni roku 2018. Jednalo o kurz 25,494 Kč ke dni 2. 1. 2018.

V rámci monitoringu bylo zjištěno, že nejvýznamnější objemy sladkovodních ryb jsou rybářskými podniky s klasickým chovem ryb v rybnících na českém trhu obchodovány koncem roku, tj. ve čtvrtém čtvrtletí a z toho především dominuje nabídka v posledním měsíci roku. V prosinci 2015 bylo prodáno celkem téměř 33% z celoroční akvakulturní produkce. I v roce 2016 bylo prodáno celkem téměř 28% z celoroční akvakulturní produkce (obr. 8).

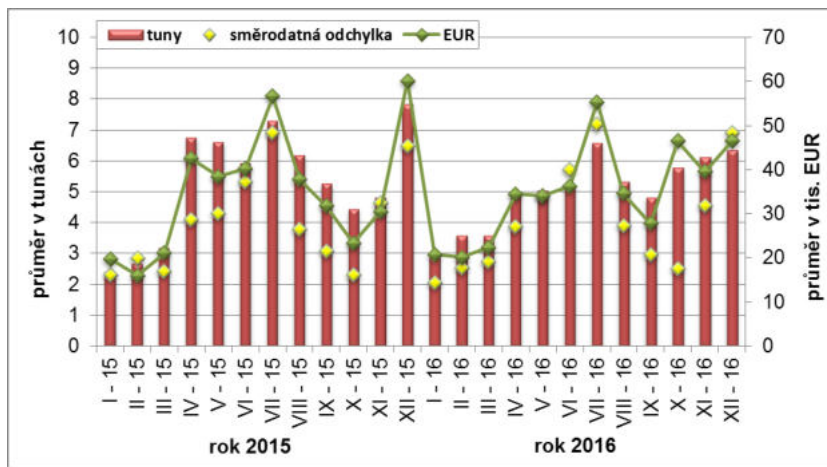


Obr. 8: Prodej všech živých ryb v ČR v jednotlivých měsících roku 2015 a 2016 – prodej v tunách a tisících EUR – produkční podniky s rybníčním chovem ryb

Významný byl rovněž u podniků s klasickým chovem ryb v rybnících v rámci celoroční nabídky obchod v měsíci listopadu a říjnu, kdy některé podniky uváděly prodej veškeré produkce právě v těchto dvou měsících. Jedná se spíše o menší produkční rybářství s roční produkcí ryb do 100 tun, které svou produkci prodají ihned po výlovu. Z výsledku šetření

všech obchodujících 31 podniků vyplynulo, že žádný podnik ve vzorku nedodává na trh méně než 9 měsíců v roce.

Dalším významnějším obdobím, kdy se v roce 2015 a 2016 mírně zvyšovala dodávka živých ryb na vnitřní trh, byl měsíc březen a dále ještě duben, tj. před Velikonocemi. V tomto období probíhají také jarní výlovy. V březnu a dubnu roku 2015 bylo dohromady prodáno celkem 18% z celoroční akvakulturní produkce. I v roce 2016 bylo prodáno celkem téměř 17% z celoroční akvakulturní produkce.



Obr. 9: Prodej všech živých ryb v ČR v jednotlivých měsících roku 2015 a 2016 – prodej v tunách a tisících EUR – podniky s intenzivním chovem ryb

Do analýz byly zahrnuty podniky s intenzivním chovem ryb a to buď v recirkulačních systémech v halách tak i podniky s nezastřešeným intenzivním chovem. Tyto podniky nechovají kapra, ale ostatní druhy ryb. Prodej všech živých ryb v ČR v jednotlivých měsících roku 2015 a 2016 podniky s intenzivním chovem ryb uvádí obr. 9. Obr. 9 ukazuje, že významnější objemy sladkovodních ryb byly rybářskými podniky s intenzivním chovem na českém trhu obchodovány v období dubna až srpna a pak v listopadu a prosinci daného roku. V roce 2016 i v říjnu. Objem prodaných ryb není striktně soustředěn do jednoho období, jako tomu je u podniků s tradičním chovem ryb v rybnících a objemy ryb uvedených na trh jsou rozprostřeny v průběhu celého roku.

Kompletní výsledky budou zveřejněny v časopise Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. Článek byl přijat ke zveřejnění.

Závěr

Závěrem lze uvést určitá doporučení pro podniky a konstatování pro odvětví rybářství. Jedná se zejména o: Diverzifikovat svoji činnost zejména u mikropodniků a malých podniků o další aktivity, mezi které patří malé vlastní provozy na zpracování ryb, obchody prodávající ryby a rybí výrobky, rybí restaurace a sportovní rybolov včetně možnosti pronájmu požadovaného vybavení, případně možnosti ubytování. Dále zvažovat investice do podni-

ku tak, aby byly zachovány finanční rezervy pro nečekané snížení chovu a hospodářského výsledku. Nelze dopředu jasně predikovat dosažený zisk podniku v nadcházejících letech. Vzhledem k velké sezónnosti uvádění produkce podniky na trh, snažit se svou produkci uvádět na domácí trh více v období od května do září a to ve zpracovaném stavu.

Z pohledu odvětví lze konstatovat, že budováním intenzivních chovů (recirkulačních zařízení) lze dosáhnout uvádění produkce živých či zpracovaných ryb na trh v době, kdy prodej kapra je nejslabší (období květen až září). Tyto dva směry chovu ryb (chov ryb v rybnících a chov ryb v intenzivních chovech) se „vzájemně doplňují“. Chov ryb v intenzivních chovech dává předpoklad rozšíření druhového spektra chovaných ryb (zejména o nedostatkové a dražší druhy ryb).

Literatura:

- Berka, R. 2015. Udržení současné úrovně produkce chovaných ryb a zlepšení trhu s rybami. In: Urbánek, M. (ed.). Naše rybářství. Rybářské sdružení České republiky. České Budějovice. s. 121 - 141. ISBN 9788087699058.
- Bostock, J., Lane, A., Hough, C., Yamamoto, K. 2016. An assessment of the economic contribution of EU aquaculture production and the influence of policies for its sustainable development. *Aquaculture International*. 24. 699 – 733. DOI 10.1007/s10499-016-9992-1.
- EUMOFA, 2016a. The EU fish market. Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries of the European Commission. European Commission. p. 86.
- EUMOFA, 2016b. Case study - Price structure in the supply chain for fresh carp in Central Europe. European Market Observatory for fisheries and aquaculture products. European Commission. p. 26.
- FAME SU, 2016. Summary of the Multiannual National Aquaculture Strategic Plans – final draft. European commission – Directorate - General for Maritime Affairs and Fisheries. p. 14.
- FAO, 2016. Aquaculture Big Numbers, by Phillips, M., Subasinghe, R. P., Tran, N., Kassam, L., Chan, Y. CH. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 601. Rome. Italy. p. 60.
- Hule, M. 2015. Mimoprodukční funkce rybníků. In: Urbánek, M. (ed.). Naše rybářství. Rybářské sdružení České republiky. České Budějovice. s. 35 - 41. ISBN 9788087699058.
- Kouřil, J. 2015a. Chov lososovitých ryb v podmínkách ČR. In: Urbánek, M. (ed.). Naše rybářství. Rybářské sdružení České republiky. České Budějovice. s. 95 - 105. ISBN 9788087699058.
- Kouřil, J., 2015b. Úvod do intenzivního chovu ryb včetně přehledu RAS v České republice. Sborník příspěvků z konference Potenciál recirkulačních akvakulturních systémů (RAS) pro české produkční rybářství. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod. Vodňany. s. 10 – 20. ISBN 9788075140289.
- Lynch, A. J., Cooke, S. J., Deines, A. M., et al. 2016. The social, economic, and environmental importance of inland fish and fisheries. *Environmental Reviews*. 24 (2). 115-121. <https://doi.org/10.1139/er-2015-0064>.
- Pokorný, J. 2015. Perspektiva rybníků a malých vodních nádrží v 21. Století. In: Urbánek, M. (ed.). České rybníky a rybářství ve 20. století. Rybářské sdružení České republiky. České Budějovice. s. 307 – 309. ISBN 9788087699065.
- Subasinghe, R., Soto, D., Jia, J. 2009. Global aquaculture and its role in sustainable development. *Reviews in Aquaculture*. 1. 2–9. doi:10.1111/j.1753-5131.2008.01002.x.
- Ženíšková, H., Chalupa, P., Heimlich, R. (eds.) 2017. Situační a výhledové zprávy – Ryby. Ministerstvo zemědělství ČR. Praha. s. 42. ISBN 978-80-7434-395-7.

Možnosti diverzifikace a posílení konkurenceschopnosti české akvakultury

Policar T., Kříšťan J., Malinovsky O., Yanes-Roca C.

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany

Současná situace v chovu ryb v ČR a okolních zemích:

České produkční rybářství má velmi dlouhou tradici, která vznikla v 11. či 12. století (MZe ČR, 2013). V České republice se ročně vyprodukuje mezi 18 000 a 20 000 tunami tržních ryb bez výraznějšího nárůstu produkce od roku 2008 – 2016 (FEAP, 2012; 2014; 2015; 2016; 2017). Tato produkce je především (více jak z 95%) realizována pomocí 24 000 produkčních rybníků o výměře 51 800 ha (Adámek a kol., 2012). V produkčních rybnících se využívá tradiční polokulturní obsádky kaprovitých ryb (převaha kapra obecného – *Cyprinus carpio* z 92 – 95% doplněného amurem bílým – *Ctenopharyngodon idella*, tolstolobkem bílým – *Hypophthalmichthys molitrix*, tolstolobcem petrým – *Hypophthalmichthys nobilis*, línem obecným – *Tinca tinca* a dalšími druhy) a dravých druhů ryb (jako je: štika obecná – *Esox lucius*, sumec velký – *Silurus glanis*, candát obecný – *Sander lucioperca* a okoun říční – *Perca fluviatilis*; Kratochvíl, 2012). Tato produkce má vysoký sezónní charakter, kdy 60 % objemu obratu je soustředěno do velmi krátkého předvánočního období. Vedle produkce kapra a doplňkových ryb v rybnících se v ČR produkuje pstruh duhový – *Oncorhynchus mykiss* (ročně 350 – 600 tun) pomocí tradičních průtočných systémů či v současnosti nově zaváděných recirkulačních akvakulturních systémů (RAS: venkovní dánského typu či klasické v halách). Produkce tržního pstruha duhového je v ČR více rozložená v průběhu celého roku (díky mimosezónní reprodukci či nákupům váčkového plůdku), avšak jeho rentabilní produkce je pod neustálým tlakem z hlediska dovozu levného tržního pstruha z Itálie či Turecka (MZe ČR, 2013). Dále se v současné době v ČR vybudovalo cca 12 farem provozujících intenzivní akvakulturu využívající RAS technologii na produkci již zmíněného pstruha duhového, sumečka afrického – *Clarias gariepinus*, sumce velkého a tilápie nilské – *Oreochromis niloticus* o potencionálním ročním objemu cca 2 000 – 3 000 tun tržních ryb.

V současné době se produkční rybářské podniky, které zaměstnávají cca 1800 pracovníků a působí především na venkově (MZe ČR, 2013), velmi těžko vyrovnávají s různými negativními tuzemskými či zahraničními vlivy, které mohou negativně ovlivňovat budoucí stav a vývoj českého produkčního rybářství v blízké budoucnosti. Hlavními tuzemskými problémy jsou: změna klimatu způsobující nedostatek vody v krajině a jeho nerovnoměrné rozložení v čase a oblastech, stoupající výskyt rybožravých predátorů, legislativní omezování hospodaření na rybnících, nedostatek kvalifikované obsluhy, zvyšující se produkční náklady (osobní náklady, energie, pohonné hmoty a další), nízká produktivita práce, vysoká sezónnost produkce, klesající poptávka po živém kaprovi či kaprovi vůbec, nízká spotřeba sladkovodních ryb z tuzemské produkce (cca 1,5 kg na jednoho obyvatele a rok), nízké

zpracovávání vyprodukovaných ryb, nedostatečně využívané dotace pro technologické a chovatelské inovace tradičními rybářskými podniky a nízká diverzifikace produkce ryb a rybích výrobků. Současně se vyskytují a prohlubují negativní skutečnosti pocházející ze zahraničí, jako jsou: vyšší diverzifikace produkce ryb, vyšší poptávka po cennějších druzích ryb a po zpracovaných rybách a snižující se zájem o živého tržního kapra v Německu, Polsku, Francii Rakousku a Maďarsku, kdy tyto země jsou tradičním trhem pro produkci ryb z českého produkčního rybářství.

Výsledkem těchto vlivů a skutečností může být v budoucnosti snížená rentabilita a konkurenceschopnost našich produkčních rybářských podniků, které mohou mít nejprve finanční a následně i existenční problémy (MZe ČR, 2013). Proto je nutné v současnosti doporučit českým rybářským podnikům, aby se více a aktivně zapojili do technických, technologických a chovatelských inovací, které jsou podporovány především v rámci probíhajícího OP Rybářství či ve výzkumných programech NAZV (Národní agentura zemědělského výzkumu) nebo TAČR (Technologická agentura České republiky). Pro tyto inovace doporučujeme využít spolupráci s českými či zahraničními vědeckými týmy, které podnikům mohou v současné době nabídnout různé v praxi využitelné aplikace či spolupráce na aplikovaném výzkumu. Tato spolupráce může následně vést k diverzifikaci a stabilizaci rentabilní produkce ryb z hlediska chovaných druhů, termínu produkce a rybích produktů. Takováto diverzifikace následně může zajistit vyšší produkci doplňkových druhů ryb, kontinuálnější a stabilní dodávky tržních ryb či rybích výrobků na trh s cílem získat nové a náročnější zákazníky. Tento přístup může následně oživit rybí trh v ČR potažmo v Evropě, zvýšit cenu tržních ryb či rybích výrobků a hlavně zvýšit vlastní spotřebu sladkovodních ryb na osobu. To se následně bezesporu pozitivně projeví v produktivitě a rentabilitě rybářských podniků v ČR (EATIP, 2012).

Ovšem klíčovým předpokladem pro diverzifikaci akvakultury se v současné době zdá zvládnutí a osvojení si provozu intenzivní akvakultury využívající RAS technologii. Rybníční akvakultura totiž způsobuje u většiny doplňkových cenných druhů ryb určité a klíčové produkční limity způsobující nízkou, nekvalitní či nevyrovnanou produkci daných druhů ryb (Policar a kol., 2017). Principy RAS technologie, manuály a doporučení pro její efektivní provoz byly publikovány v následujících publikacích: Kouřil a kol. (2008a), Vachta a kol. (2015), Policar a kol. (2018a,b). Je pravdou, že efektivní provoz intenzivní akvakultury je především závislý na zvolené technologii a její správné funkčnosti provozovaného systému, na kvalifikované a zodpovědné obsluze a stoprocentně využitě odchovné kapacitě systému. S těmito hlavními podmínkami rentabilní produkce má většina produkčních podniků v ČR a Evropě velké problémy a z toho důvodu tyto firmy mají i velmi často existenční starosti.

Možnosti jak diverzifikovat produkci ryb v ČR

Pro vybudování a zprovoznění systému intenzivní akvakultury využívající RAS technologii, která musí být co nejméně náročná na energii, výměnu vody a pracnost obsluhy, je důležité počítat, že rentabilita provozovaného systému se většinou dostavuje až 2. či 3. rok provozu. Z těchto důvodů chovatel musí mít dostatek finančních prostředků nejen na vybudování vlastní haly a zprovoznění RAS technologie, ale i na 1 – 3 letý provoz chovu ryb bez

kladného hospodářského výsledku. Velmi často se objem finančních prostředků určený na start takového provozu pohybuje řádově v desítkách miliónů korun v závislosti na objemu (kapacitě) produkce daného systému (např. potřebné prostředky na rozjezd chovného systému intenzivní akvakultury o objemu produkce 100 tun tržních ryb se pohybuje na úrovni 20 – 45 miliónů Kč). Návratnost intenzivní akvakultury v závislosti na produkovaném druhu, využití odchovné kapacity a rentability produkce se pohybuje řádově na úrovni 20 – 40 let. Po vybudování a zprovoznění intenzivní akvakultury využívající RAS je možné tyto chovy využívat k následujícím příkladům testovaných či již provozovaných technologií (které jsou zde jen stručně představeny pro přehlednost čtenáře) směřující k diverzifikaci produkce sladkovodních ryb v ČR potažmo v Evropě.

Intenzivní chov sumečka afrického

Sumeček africký je nejodolnější sladkovodní druh vhodný pro začínající chovatele (s výjimkou larev a juvenilních ryb cca do velikosti 30 – 40 mm), který je schopný využívat atmosférický kyslík a může být chován až ve finálních hustotách 350 – 400 kg.m⁻³ vody. Jeho technologie chovu generačních ryb, výtěru, chovu larev, juvenilních ryb a starších kategorií je popsána v následujících publikacích: Hamáčková a kol. (2007) a Kouřil a kol. (2013). V ČR se tímto chovem zabývají producenti, kteří sumečka prodávají jak v živé a zpracovaném stavu, tak i v podobě různých rybích výrobků.

Kombinace rybníční a intenzivní akvakultury candáta obecného

Candát obecný je vysoce žádaný druh ryb z hlediska sportovních rybářů, tak i z hlediska konzumentů ryb pro jeho velice chutné, bílé a dietní maso bez drobných ypsilon kostí. Tento způsob chovu se v současnosti zdá být nejefektivnější a nejrentabilnější metodou produkce tržních či násadových ryb candáta obecného. K optimalizaci a propagaci tohoto chovu přispěla velkou měrou FROV JU, která se tímto chovem zabývá od roku 2010. Tato technologie je postupně popsána a vysvětlena v následujících publikacích. Polícar a kol. (2011a; 2014a; 2016a; 2016b; 2017). Chov candáta je obecně jedním z nejnáročnějších chovů v rámci sladkovodní akvakultury a patří jen pro chovatelské profesionály. V ČR se tímto chovem zabývá již zmíněná FROV JU. Jinak chovatelé využívající tuto technologii se vyskytují především v Německu, Rakousku a Maďarsku.

Intenzivní chov lososovitých ryb

Pstruh duhový je jedním z nejvíce domestikovaných druhů ryb na světě, u kterého je bez problémů zvládnutý mimosezónní výtěr v průběhu celého roku a který není náročný na první exogenní výživu larev. Díky těmto chovatelským výhodám je pstruh duhový nejvíce rozšířeným druhem v rámci celosvětové akvakultury. Současně se také velmi úspěšně využívá i při sportovním rybolovu. V ČR byl poměrně ze začátku 21. století neúspěšně zaveden chov lososovitých ryb (především chov pstruha duhového) v RAS dánského typu. Při počátečních provezech tohoto systému bylo zjištěno, že tento typ chovu není příliš vhodný do našich klimatických podmínek (chladnější a delší zimní období a teplejší letní období způsobující suboptimální podmínky prostředí pro chov lososovitých ryb) oproti např. Dánsku. Průkopníci tohoto systému v ČR postupem času díky různým technologickým inovacím (zastřešení, posílení biologické filtrace, využití ozonizace vody atd.) zvýšily či částečně zoptimalizovaly tyto chovy lososovitých ryb v ČR. Dalším průkopníci chovu pstruha

duhového a dalších lososovitých ryb v ČR realizují chov lososovitých ryb ve vnitřních RAS provozovaných v halách. Principem těchto chovů je nakoupit jikry v očních bodech (většinou z Dánska či Irska), vyhlídnout larvy, realizovat odchov juvenilních ryb do velikosti 5 – 10 gramů, které se následně využívají pro finální odchovny do velikosti 250 – 300 gramů či 500 – 1000 gramů při finálních hustotách ryb 70 – 90 kg.m⁻³ vody. Princip chovu lososovitých ryb byl detailně vysvětlen a popsán v publikaci Kouřil a kol. (2008b).

Intenzivní chov parmy obecné ryb

Parma obecná je velmi cenný druh ryby naší ichtyofauny a bioindikátor kvality vody ve vodních tocích. Pro svojí bojovnost je velmi často vyhledávaným objektem sportovních rybářů. Z těchto důvodů je v současnosti velký zájem o nákup a vysazování juvenilních násadových parm do různých toků. Problematické je získat kvalitní a na reprodukci připravené generační ryby, které by poskytovaly kvalitní oplození schopné jikry a spermie, potažmo kvalitní larvy k dalšímu odchovu. Dříve hlavním zdrojem generačních ryb byly ryby odlovené elektrickým agregátem na trdlišti před výtěrovým obdobím. Nevýhodou těchto generačních ryb byla nízká efektivita výtěrů a vysoká mortalita velmi cenných ryb (Policar a kol., 2009). Z tohoto důvodu byla vyvinuta technologie chovu generačních ryb parmy obecné v RAS se stabilní teplotou vody 18 – 20°C s řízenou fotoperiodou a výživou peletovým krmivem. Generační ryby se v tomto chovu vytírají v období s prodlužujícím se světelným dnem a bez jakýchkoliv problémů poskytují kvalitní pohlavní produkty (Policar a kol., 2010; 2011b) a následně larvy. Tyto larvy se poté velmi efektivně odchovávají v RAS s cílem vyprodukovat kvalitní násadový materiál (Policar a kol., 2007).

Intenzivní chov okounka pstruhového - *Micropterus salmoides*

Okounek pstruhový je velmi zajímavý druh intenzivní akvakultury, která především využívá odpadní teplo z bioplynových stanic. Optimální teplota pro tento druh se pohybuje v rozmezí mezi 25 – 27°C. Okounek poskytuje velmi kvalitní tržní ryby, které se dají efektivně také zpeněžit v rámci komerčního sportovního rybolovu nebo konzumu vlastní svaloviny. V současnosti se testuje v ČR intenzivní chov okounka pstruhového v experimentálních podmínkách a optimalizují se podmínky pro jeho efektivní chov z hlediska hustoty obsádky, světelného režimu, dokonce i chovu dohromady s candátem obecným (Hanzlík, 2018). V současnosti se objevuje zjištění, že okounek pstruhový dosahuje v ČR v optimálních podmínkách prostředí velmi pomalý růst, který je pravděpodobně způsobený příbuzenskou plemenitbou mezi omezeným množstvím introdukovaných ryb do ČR. Jelikož se jedná o perspektivní druh akvakultury bez výrazných negativních vlivů na původní ichtyofaunu, bylo by žádoucí dovést do ČR nové ryby tohoto druhu s cílem u nich osvěžit krev.

Kombinace chovu lososovitých ryb s mníkem jednovousým – *Lota lota*

Mník jednovousý je treskovitý druh s vysoce kvalitním masem a velkými játry, které jsou bohaté na biologicky aktivní rybí olej (Kříšťan a kol., 2014; Svačina a kol., 2015). Mník je druh, který je vyhledáván jako delikatesa v Německu, Belgii a Francii. V rámci řešení pilotního projektu č. CZ.1.25/3.4.00/12.00121 bylo ověřeno, že lze poměrně s velkým úspěchem adaptovat rybníčně odchované juvenilní ryby mníka jednovouseho na peletové krmné směsi. Následně bylo ověřeno, že mníka jednovouseho lze poměrně s úspěchem využít ve společné kultuře se pstruhem duhovým. Mník chovaný společně se pstruhem dokáže

fungovat jako čistíč nádrží a využívat zbytky krmiv či dokonce části výkalů od pstruha duhového pro svoji produkci, čímž dochází k zvýšení konverze živin a k zefektivnění daného chovu ryb (Polícar a Svačina, 2014b).

Intenzivní chov štiky obecné do rychleného plůdku

Štika obecná je velmi cenným dravým druhem, který má vysoké uplatnění jak v rybníčním chovu, tak i při sportovním rybolovu (Bondarenko a kol., 2014). Každoročně je velký zájem o produkci tzv. rychleného plůdku (juvenilní ryby o velikosti 30 – 50 mm), který je následně vysazován do velkých produkčních rybníků či sportovních revírů s cílem eliminovat výskyt plevelných druhů ryb. Avšak produkce rychleného plůdku v rybnících je velmi rozkolísaná rok od roku z důvodu nevhodně načasovaného výlovu, rychlého úbytku přirozené potravy v rybnících při odchovu a vysokého kanibalismu. Z tohoto důvodu v rámci pilotního projektu č. CZ.1.25/3.1.00/11.00271 bylo ověřeno, že je možné larvální a juvenilní štiky obecnou poměrně úspěšně chovat v RAS při její rychlé adaptaci na peletované krmivo. Bylo zjištěno, že při intenzivním krmení s 15 minutovým intervalem v RAS o objemu 8 m³ vody s teplotou 20,5 °C a konstantním 24 hodinovým světlem je možné za 13 dní odchovat juvenilní štiky o velikosti TL = 31 mm s mírou přežití 68,5 % (Polícar, 2012).

Poděkování:

Předložená práce byla zpracována za finanční podpory projektu CENAKVA (CZ.1.05/2.1.00/01.0024) a NAZV QK1710310.

Použitá literatura:

- Adámek, Z., Linhart, O., Kratochvíl, M., Flajšhans, M., Randák, T., Polícar, T., Kozák, P., 2012. Aquaculture in the Czech Republic in 2012: A prosperous and modern sector based on a thousand-year history of pond culture. *World Aquaculture*, 43(2), 20–27.
- Bondarenko, V., Křišťan, J., Švinger, V., Polícar, T., 2014. Reprodukce a odchov rychleného plůdku štiky obecné (*Esox lucius*). *Edice Metodik (Certifikovaná metodika)*, FROV JU Vodňany 144, 53 s.
- EATIP, 2012. The future of European Aquaculture – Our vision: A Strategic Agenda for Research and Innovation. *European Aquaculture Technology and Innovation Platform*, Liege, p. 41.
- FEAP, 2012. Annual report 2012. *Federation of European Aquaculture Producers*, Liege, p. 41.
- FEAP, 2014. Annual report 2014. *Federation of European Aquaculture Producers*, Liege, p. 32.
- FEAP, 2015. Annual report 2015. *Federation of European Aquaculture Producers*, Liege, p. 37.
- FEAP, 2016. Annual report 2016. *Federation of European Aquaculture Producers*, Liege, p. 36.
- FEAP, 2017. *European Aquaculture Production Report 2008-2016*. ppt presentation, Liege, p. 45.
- Hamáčková, J., Kouřil, J., Masár, J., Turanský, R., 2007. Technologie chovu keříčkovce jihoafrického – sumečka afrického (*Clarias gariepinus*). *Edice Metodik, VÚRH JU, Vodňany*, č. 79, 19s.
- Hanzlík, P., 2018. Adaptace a intenzivní chov okounka pstruhového (*Micropterus salmoides*) v porovnání s intenzivním chovem candáta obecného (*Sander lucioperca*). *Diplomová práce, FROV JU*, 66 s.
- Kouřil, J., Hamáčková, J., Stejskal, V., 2008a. Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. *Edice Metodik (Certifikovaná metodika)*, VÚRH JU Vodňany, č. 85, 40 s.
- Kouřil, J., Mareš, J., Pokorný, J., Adámek, Z., Randák, T., Kolářová, J., Palíková, M., 2008b. Chov lososovitých druhů ryb, lipana a šihů. *VÚRH JU*, 141 s.
- Kouřil, J., Drozd, B., Prokešová, M., Stejskal, V., 2013. Intenzivní chov keříčkovce jihoafrického – sumečka afrického (*Clarias gariepinus*). *Edice metodik, FROV JU, Vodňany*, č. 138, 60 s.
- Kratochvíl, M., 2012. Výlov tržních ryb u členů RS v roce 2011 a užití produkce ryb v ČR v letech

- 1990-2011. Rybářské sdružení České republiky, České Budějovice, 31 s.
- Kříšťan, J., Polícar, T., Vaniš, J., Svačina, P. 2014. Reprodukce a chov rychleného plůdku mníka jednovouseho (*Lota lota*) v rybnících. Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 149, 40 s.
 - MZe ČR, 2013. Víceletý národní strategický plán pro akvakulturu. MZe ČR, Verze 22.10.2013, Praha, 99 s.
 - Polícar, T., Kozák, P., Hamáčková, J., Lepičová, A., Musil, J., Kouřil, J., 2007. Effects of short-time Artemia spp. feeding in larvae and different rearing environments in juveniles of common barbel (*Barbus barbus*) on their growth and survival under intensive controlled conditions. *Aquatic Living Resources*, 20, 175–183.
 - Polícar, T., Drozd, B., Kouřil, J., Hamáčková, J., Alavi, S.M.H., Vavrečka, A., Kozák, P., 2009. Současný stav, umělá reprodukce a odchov násadového materiálu parmy obecné (*Barbus barbus* L.). Edice Metodik (Certifikovaná metodika), FROV JU, Vodňany, č. 95, 43 s.
 - Polícar, T., Podhorec, P., Stejskal, V., Hamáčková, J., Alavi, S.M.H., 2010. Fertilization and hatching rates and larval performance in captive common barbel (*Barbus barbus* L.) throughout the spawning season. *Journal of Applied Ichthyology*, 26, 812 – 815.
 - Polícar, T., Bláha, M., Kříšťan, J., Stejskal, V., 2011a. Kvalitní a vyrovnaná produkce rychleného plůdku candáta obecného (*Sander lucioperca*) v rybnících. Edice Metodik (Ověřená technologie), FROV JU Vodňany, 110, 33s.
 - Polícar, T., Podhorec, P., Stejskal, V., Kozák, P., Švinger, V., Alavi, S.M.H., 2011b. Growth and survival rates, puberty and fecundity in captive common barbel (*Barbus barbus* L.) under controlled conditions. *Czech Journal of Animal Science*, 56, 433–442.
 - Polícar, T., Kříšťan, J., Blecha, M., Vaniš, J., 2014a. Adaptace a chov juvenilních ryb candáta obecného (*Sander lucioperca* L.) v recirkulačním akvakulturním systému (RAS). Edice Metodik (Technologická řada), FROV JU Vodňany, č. 141, 46 s.
 - Polícar, T., Svačina, P., 2014b. Ověření technologie adaptace mníka jednovouseho (*Lota lota* L.) na peletované krmivo a jeho intenzivní odchov. Technická zpráva pilotního projektu CZ.1.25/3.4.00/12.00121, 37 s.
 - Polícar, T., Blecha, M., Kříšťan, J., Mráz, J., Velíšek, J., Stará, A., Stejskal, V., Malinovskyi, O., Svačina, P., Samarin, A. M., 2016a. Comparison of production efficiency and quality of differently cultured pikeperch (*Sander lucioperca* L.) juveniles as a valuable product for ongrowing culture. *Aquaculture International*, 24, 1607–1626.
 - Polícar, T., Blecha, M., Kříšťan, J., 2016b. Masový poloumělý výtěr candáta obecného (*Sander lucioperca* L.) s použitím recirkulačního akvakulturního systému (RAS). Edice Metodik (Poloprovoz), FROV JU Vodňany, č. 163, 32 s.
 - Polícar, T., Blecha, M., Kříšťan, J., Malinovskyi, O., Vaniš, J., 2017. Může být kombinace rybníčního a intenzivního chovu candáta obecného (*Sander lucioperca* L.) úspěšně využita v rámci českého produkčního rybářství? In: Urbánek, M. (ed.): 4. ročník odborné konference Rybářské sdružení České republiky. Sborník referátů z odborné konference, České Budějovice 9. – 10. února 2017, 33 – 41.
 - Polícar, T., Kříšťan, J., Hampl, J., Blecha, M., Kolářová, J., 2018a. Provozní manuál sloužící k efektivnímu provozu intenzivní akvakultury využívající RAS. Edice Metodik (Certifikovaná metodika), FROV JU Vodňany, č. 169, 45 s.
 - Polícar, T., Fuka, T., Blecha, M., 2018b. Nové postupy a technologické komponenty a možnosti jejich využití v akvakultuře. Edice Metodik (Certifikovaná metodika), FROV JU Vodňany, č. 170, 42 s.
 - Svačina, P., Blecha, M., Kříšťan, J., Polícar, T., 2015. Potencionální využití mníka jednovouseho (*Lota lota* L.) v intenzivní akvakultuře. In: Velíšek, J., Kouba, A., Dvořáková, Z., (eds.): Potenciál recirkulačních akvakulturních systémů (RAS) pro české produkční rybářství. Sborník příspěvků z odborného semináře, Vodňany 1. – 2. září 2015, 85–91.
 - Vachta, R., Nusl, P., Směkal, D., Lepič, P., Buřič, M., 2015. Recirkulační systémy v chovech ryb. 2. vyd. Střední rybářská škola a Vyšší odborná škola vodního hospodářství a ekologie, Vodňany, 223 s.

Využití atraktantů suchozemského hmyzu jako doplňkového potravního zdroje v odchovu násad jelce tlouště (*Squalius cephalus*) a jesena (*Leuciscus idus aber. orfus*).

Zdeněk Adámek¹, Lenka Kajgrová¹, Christian Bauer², Jan Regenda¹, Martin Fichtenbauer², Günther Schatzl², David Hlaváč¹, Jan Mareš³, Zorka Dulic⁴

¹ Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a diverzity hydrocenóz, Zátiší 728/II, 389 25 Vodňany

² Bundesamt Für Wasserwirtschaft, Institut Für Gewässerökologie, Fischereibiologie und Seenkunde, Ökologische Station Waldviertel, Gebharts 33, 3943 Schrems, Rakousko

³ Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství AF, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno

⁴ Institute of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, University of Belgrade, 6 Nemanjina Street, Zemun, Srbsko

Úvod

Reofilní druhy ryb, jako je například jelec tloušť (*Squalius cephalus*) jsou v současnosti v centru zájmu jak z hlediska potřeb zarybňování, tak jako objekt chovu pro okrasné účely, jako například zlatá forma jelce jesena (*Leuciscus idus aber. orfus*). Přestože tloušť ani jesen nejsou předmětem zvláštních ekonomických zájmů, jejich význam spočívá především v úloze, kterou hrají v ekologii tekoucích vod a rekreačním rybolovu. Proto jsou pravidelnou a nedílnou součástí zarybňovacích plánů mnoha rybářských revírů a odchov násad má tudíž velký význam pro jejich management.

Produkce jejich násad je založena na rybničním chovu, založeném na příkrmování (Randák et al. 2013). Tyto technologie jsou nepochybně adekvátně propracovány s cílem dosáhnout maximální produkční efekt, stále však zůstává jistý prostor pro zlepšení jejich efektivity. Možnosti zlepšení spočívají především ve zvýšeném využití přirozených, a tedy i levných, a vysoce účinných přirozených potravních zdrojů, což vede nejen k ekonomickým úsporám, ale především ke zvýšené kvalitě a adaptabilitě násad na podmínky přírodního prostředí. Tyto přednosti jsou dlouhodobě nejen zmiňovány, ale i využívány v chovu lososovitých ryb (Adámek et al. 1995). Je známo, že v rybničním chovu násad lososovitých ryb se významně uplatňuje náletový hmyz jako doplňkový zdroj potravy – v potravě takto chovaného plůdku lipana a hlavatky tvořil až 20, resp. 28 % (Adámek et al. 1989). Podobně i v rybničním chovu plůdku bolena nebo jesena bylo prokázáno, že náletový hmyz se na složení jejich potravy podílel až 80, resp. 0,3 % (Adámek et al. 1988, 2000). To představuje s ohledem na vysokou nutriční hodnotu hmyzu (Mancuso et al. 2016) velmi důležitý potravní zdroj, který může významně přispět ke zlepšení produkčních výsledků včetně kondice odchovávaných násad reofilních druhů ryb, pro které je hmyz nedílnou a důležitou součástí jejich výživy v přirozených podmínkách (Sanzone et al. 2003), přičemž význam nutriční hodnoty náletového hmyzu jako potravního doplňku pro ryby je vyš-

ší než kvantitativní aspekt. Podle Herciga (2008) tvořila sušina biomasy hmyzu uloveného elektrickými lapači nad odchovnými žlaby s plůdkem tlouště 94,19 % s podílem 67,44 % N-látek, 14,31 % tuku, 5,95 % popelovin a 6,13 % vlákniny v sušině. Jedním lapačem bylo zachyceno a rybám dodáno v průměru 0,448 g (0,422 g sušiny) hmyzu denně (za tmy). Vysoká nutriční hodnotu hmyzu (zvláště pokud jde o obsah proteinu a energie) a jeho snadnou fyziologickou využitelnost v trávicím procesu ryb deklaruje řada prací (Rumpold & Schlüter, 2013, van Huis, 2013), které zdůrazňují mj. i skutečnost, že hmyz neobsahuje žádné antinutriční faktory.

Cílem studií zaměřených na opatření, podporující přísun přirozených potravních zdrojů pro ročka jelce tlouště a jesena v rybníčních podmínkách, bylo i testování využitelnosti ekonomicky i technologicky nenáročné instalace atraktantů (lapačů) suchozemského hmyzu pro zlepšení jejich výživy. Myšlenka to není nijak nová – v rybářské praxi (Rybníkářství Pohořelice, některá pstruhařství) i výzkumu (Hercig 2008) se již dříve objevilo v různém rozsahu (avšak spíše okrajově) využití lapačů hmyzu, určených primárně pro domácnosti, restaurační zařízení apod., ale i lákání hmyzu na světlo jakožto doplňkové technologie v chovu plůdku lososovitých i rybníčních druhů ryb. Nevýhodou elektrických lapačů (zabíječek hmyzu) je však skutečnost, že jsou primárně určeny pro použití ve vnitřních nebo krytých prostorách a tudíž jejich instalace na venkovních objektech je poněkud komplikovaná a vyžaduje, stejně jako využití světla, zdroj elektrické energie. Pokusy s lákáním hmyzu, jakožto doplňkového potravního zdroje, na světlo například ověřovali v chovu sumečka skvrnitého („kanálového sumečka“, *Ictalurus punctatus*) a slunečnice *Lepomis macrochirus*) Merkowsky et al. (1977).

S prvními úvahami o využití ponořených barevných desek pro lákání hmyzu na vodní hladinu přišli Erhard et al. (1993) na základě dřívějších úspěšných aplikací barevných pastí pro faunisticko-ekologický monitoring nebo pro ochranu rostlin. Kirk (1983) pak prokázal, že pro většinu hmyzu je nejatraktivnější žlutá barva, což potvrdily i experimenty Erharda et al. (1993) a Herciga (2008).

Materiál a metody

Chov násady tlouště s použitím žlutých desek

Experimentální chov s použitím žlutých desek proběhl v období od dubna do října 2014 na pokusných rybníčcích FROV JU o ploše 0,08 ha. Každý z nich byl, stejně jako kontrola, nasazen ve třech opakováních 1250 ks ročka tlouště o průměrné kusové hmotnosti 2,6 g, což odpovídalo 15625 ks, resp. 33 kg na hektar. Osm žlutých desek (0,7 x 0,7 m) bylo instalováno na každém rybníce 1 – 2 cm pod hladinou v pravidelných odstupuzech ve vzdálenosti 3 m od břehové linie. V průběhu chovu nebylo aplikováno přikrmování. V měsíčních intervalech byly monitorovány základní parametry vodního prostředí a na začátku a konci chovného období byla provedena základní měření pro stanovení přírůstku, produkce a kondice ryb.

Chov násady tlouště s použitím ponořených světla

Experimentální chov s použitím ponořených světla proběhl v období od května do října 2018 na stejných pokusných rybníčcích. Nasazeno bylo 745 ± 17 ks ročka tlouště o prů-

měrné hmotnosti 13,4 g na jeden rybník (~ 9300 ks, resp. ~ 125 kg.ha⁻¹) ve třech opakováních se světly i kontrolou. Při napouštění i po celou dobu chovu byl vtokový objekt osazen hustou síťovinou, která měla zabránit vniknutí jiných ryb s přítokovou vodou. Doba svícení byla nastavena na periodu 20:00 až 6:00 hod. Intenzita světla za tmy (22:00 hod.) nad zdrojem ponořeným 1 cm pod hladinou byla 2,5 kLx, zatímco ve vzdálenosti 1 m byla nulová. V průběhu chovu nebylo aplikováno přikrmování. Monitoring základních parametrů prostředí, zooplanktonu a zoobentosu, kvantifikace náletu hmyzu a měření ryb (20 – 40 ks) byly prováděny od nasazení (včetně) v měsíčních intervalech do výlovu (včetně). Teplota vody byla registrována kontinuálně dataloggery v intervalu 1 hodiny.

Chov násady jesena s použitím ponořených světél a žlutých desek

Screeningový pokus zaměřený na využití ponořených světél a žlutých desek proběhl od května do září 2018 na objektu sádek společnosti Schlossfischerei Schöna (Rakousko). Sádky o ploše 45 - 66 m² (36 – 50 m³) byly nasazeny ročkem zlatého jesena o průměrné hmotnosti 5,3 g v hustotě a biomase odpovídající 302 ± 4 ks a 1602 ± 23 g na 100 m². Přítok z výše položeného rybníka Schönaerteich (9,1 ha) odpovídal průměrné době zdržení 5,8 ± 1,7 hod. (podle hladiny vody v rybníku). V průběhu chovu nebylo aplikováno přikrmování. Monitoring základních parametrů prostředí, zooplanktonu a zoobentosu, kvantifikace náletu hmyzu a měření ryb (11 - 26 ks) byly prováděny od nasazení (včetně) v měsíčních intervalech do výlovu (včetně). Teplota vody byla registrována kontinuálně dataloggery v intervalu 1 hodiny. Doba svícení byla nastavena na periodu 20:00 až 6:00 hod. Intenzita světla za tmy (22:00 hod.) nad zdrojem ponořeným 1 cm pod hladinou byla 2,5 kLx, zatímco ve vzdálenosti 1 m byla nulová. Intenzita světla nad žlutými deskami se pohybovala od 4 kLx při zatažené obloze po 12 – 17 kLx za jasné oblohy, zatímco odpovídající hodnoty ve vzdálenosti 1 m od desek byly 0,8 kLx a 3 – 5 kLx.

Výsledky

Chov násady tlouště s použitím žlutých desek

Ukazatele prostředí (teplota vody u hladiny a u dna, koncentrace a nasycení kyslíkem, pH, konduktivita, turbidita a průhlednost) v průběhu chovu odpovídaly požadavkům juvenilního jelce tlouště a nebyly zjištěny žádné signifikantní rozdíly ($p > 0,05$) mezi jednotlivými rybníky. Hmyz, který byl deskami nalákan na hladinu, obsahoval v průměru 11,23 % tuku a 4,65 % popelovin v sušině. Na konci chovného období v říjnu (Obr. 1) dosáhly ryby v rybnících se žlutými deskami průměrné hmotnosti 35,78 ± 4,29 g, která byla výrazně vyšší ($p < 0,001$) než v kontrole (26,40 ± 3,63 g). Analogicky průměrná délka těla (SL) ryb 131 ± 4 mm byla významně ($p < 0,001$) vyšší než v kontrole (117 ± 5 mm), stejně jako jejich specifická rychlost růstu. Průměrná produkce v rybnících se žlutými deskami činila 29,57 kg oproti 23,10 kg v kontrole, což odpovídalo 370, resp. 289 kg.ha⁻¹. Kondice ryb (Fultonův koeficient) byla neprůkazně ($p > 0,05$) mírně vyšší v kontrole.

Chov násady tlouště s použitím ponořených světél

Teplota vody, registrovaná dataloggery v hloubce 0,5 m, se v průběhu chovu pohybovala od 10,4 °C na začátku května po 24 – 25 °C v srpnu s maximem 25,2 °C (5.8.2018 – Obr. 2). Hodnoty u hladiny, registrované při pravidelném monitoringu, však dosahovaly až 27,8 – 31,3 °C (1.8.2018). Ostatní parametry prostředí odpovídaly fyziologickým požadavkům

tloušť. Průměrná hmotnost ryb vzrostla v průběhu vegetační sezóny z počátečních 12,7 g na $41,9 \pm 2,2$ a $26,7 \pm 5,5$ g v rybnících se světly, resp. v kontrole (Obr. 3). Při ukončení odchovu byli zaznamenáni tři jedinci (2 v kontrole a 1 v rybníce se světly) ve velikosti (102,3 – 116,1 g, 223 – 225 mm TL), která extrémně přesahovala průměr – pravděpodobně se jednalo o ryby, které se již v druhém roce života živily převážně dravě (kanibalismus). Průměrné přežití na



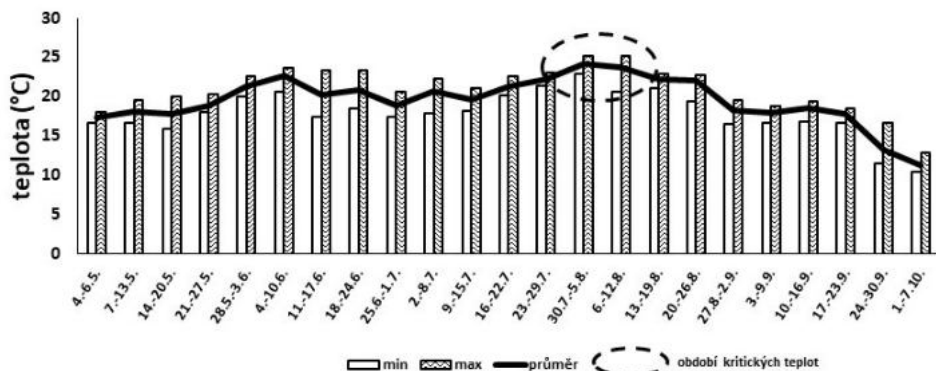
Obr. 1. Dvouletý tloušť na konci odchovu s aplikací rostlinné biomasy (uprostřed) a žlutých desek (dole) a v kontrole (nahore)

konci pokusu v obou variantách se nelišilo ($p=0,45$) a dosáhlo $84,2 \pm 5,4$ a $83,7 \pm 2,0$ % v rybnících se světly, resp. kontrole. Adekvátně tomu činila hektarová produkce 176 ± 25 a 108 ± 50 kg.ha⁻¹ ($p = 0,06$). Kromě dvouletého tlouště byl při výlovu ve všech rybnících zjištěn poměrně početně i plůdek ryb (70 % okoun, 30 % plotice, ojediněle slunečnice, ježdík, hrouzek, střevlička, cejn, ouklej, candát, lín, perlín) původem ze zdroje - náhonu řeky Blanice. Jejich průměrná biomasa v rybnících se světly byla 8,05 kg a v kontrole 7,62 kg. Jejich přínos k produkci tak byl velmi významný a po korekci na jejich biomasu tedy činila průměrná produkce v rybnících se světly 276 ± 48 kg.ha⁻¹ a v kontrole 202 ± 79 kg.ha⁻¹ ($p = 0,13$). Kondice ryb, vyjádřená jako Fultonův koeficient poměru mezi hmotností a délkou těla vzrostla z počátečních hodnot 1,41 po měsíci chovu na hodnoty 1,64 – 1,76 s výjimkou jedné kontroly (rybník 52 – 1,37). Již po měsíci se však ukazatele kondice prakticky srovnaly (1,59 – 1,77) a v průběhu chovu se v podstatě dál nijak neměnily (Obr. 4). Finální průměrné hodnoty $1,68 \pm 0,04$ v rybnících se světly a $1,66 \pm 0,07$ v kontrole se v podstatě nelišily ($p = 0,31$). Biochemické složení ryb na konci odchovu jak v kontrole, tak v rybnících se světly bylo obecně charakteristické signifikantně zvýšeným podílem sušiny a obsahem tuku, bílkovin i popelovin ve srovnání s hodnotami při nasazení. Jedinou výjimkou byl pouze neprůkazně nižší obsah tuku v rybách v kontrole (Tab. 1).

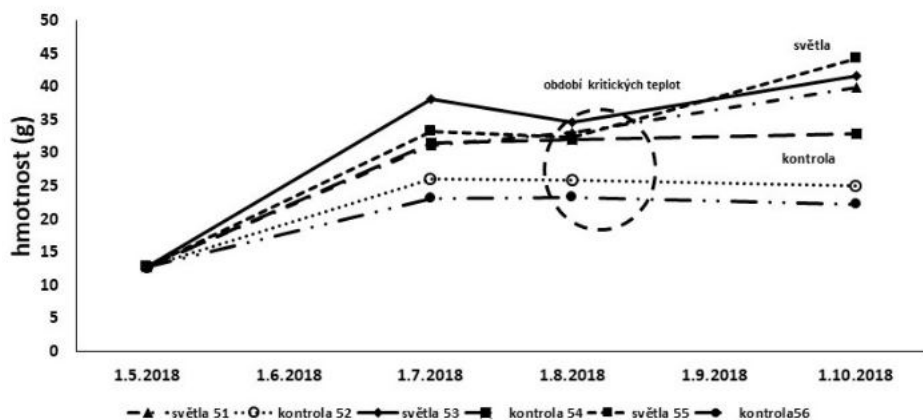
Chov násady jesena s použitím ponořených světel a žlutých desek

Teplota vody v průběhu chovu dosahovala maximálních hodnot 29,9 °C na konci května, přičemž nejnižší teploty (18,0 °C) byly zaznamenány na konci června (Obr. 5). Průměrná

hmotnost ryb vzrostla v průběhu vegetační sezóny z počátečních 4,3 g na $26,9 \pm 4,9$, $32,3 \pm 6,5$ a $41,2 \pm 9,2$ g v rybnících v kontrole, se světlý, resp. žlutými deskami, přičemž rozdíl jak mezi kontrolou a pokusnými variantami, tak mezi světlý a žlutými deskami byly vysoce průkazné ($p < 0,001$). Průběh hmotnostního růstu ryb je prezentován na Obr. 6, z něhož je patrné, že k rozdílnému růstu zvláště v nádrži se žlutými deskami docházelo již od prvního



Obr. 2. Průběh teplot (graf týdenních průměrů) v období chovu násady tlouště



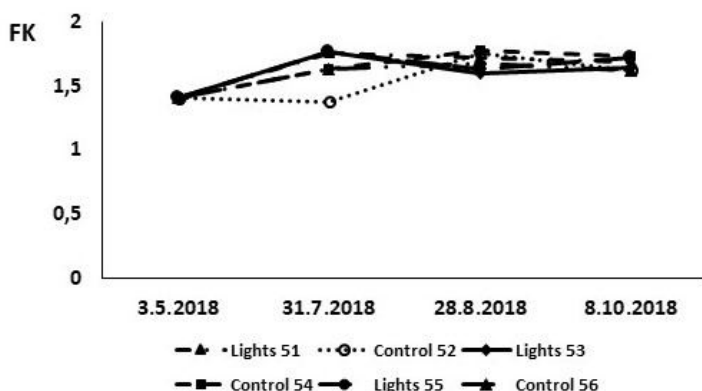
Obr. 3. Růst ryb v průběhu chovu násady tlouště

měsíce pokusu. Přežití v kontrole a sádce se žlutými deskami bylo stoprocentní, zatímco se světlý 70 %. Výsledné hodnoty produkce po přepočtu na 100 m² plochy sádek činily 9,6 kg v kontrole, 7,7 kg se světlý a 13,2 kg se žlutými deskami.

Diskuse

Suchozemský hmyz představuje pro ryby důležitou, avšak v akvakultuře zcela nedostatečně využívanou složku potravy, která i v kvantitativně nevýznamných množstvích může přispět k významnému zvýšení růstu i kvality odchovávaných ryb. Logicky, perspektivy jeho využití spočívají především v odchovu plůdku, případně násadových nebo generač-

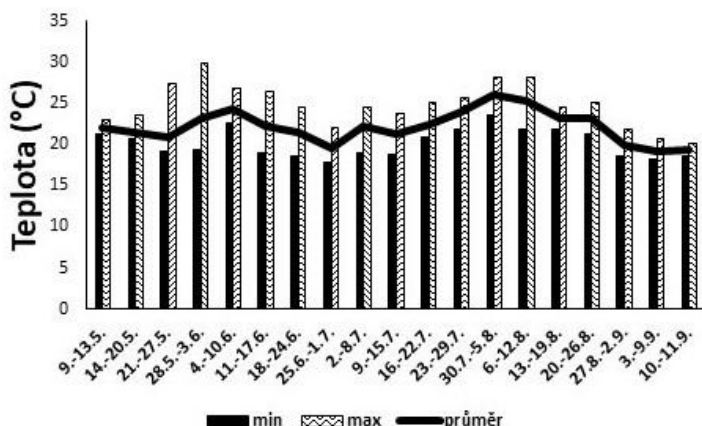
ních lososovitých ryb. Způsobů, jak ho rybám v různých typech produkčních systémů poskytnout, je celá řada a všechny jsou v podstatě velmi nenáročné a levné. Od světél osvětľujících bílou stěnu (Adámek et al. 1995), přes světla umístěná od vodní hladinou, elektrické lapače hmyzu (Hercig 2008) až po jednoduché desky pod vodní hladinou, které hmyz lákají k usednutí.



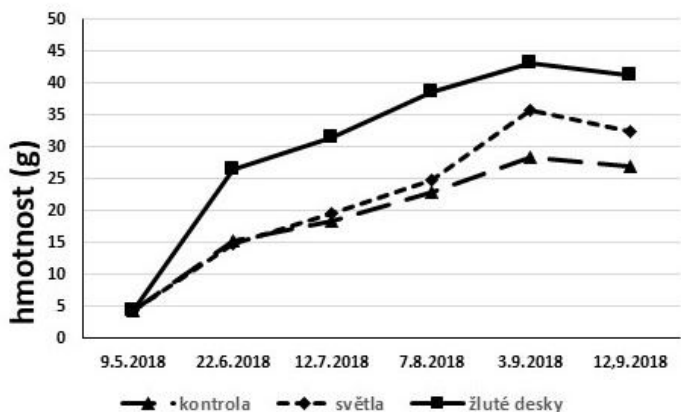
Obr. 4. Kondice ryb (Fultonův koeficient FK) v průběhu chovu násady tlouště

	nasazení	kontrola	světla
sušina	21,71 ± 0,63 ^a	22,57 ± 1,84 ^b	23,29 ± 0,79 ^b
tuk	3,43 ± 0,85 ^{ab}	2,47 ± 1,30 ^a	3,71 ± 1,27 ^b
bílkoviny	14,15 ± 0,91 ^a	15,99 ± 0,80 ^b	16,30 ± 0,82 ^b
popel	3,81 ± 0,41 ^a	4,67 ± 0,61 ^b	4,40 ± 0,37 ^b

Tab. 1. Biochemické ukazatele složení těla ryb (%). Pozn.: Hodnoty se odlišným horním indexem se liší na hladině významnosti $p = 0,05$.



Obr. 5. Průběh teplot (graf týdenních průměrů) v období chovu násady jesena



Obr. 6. Růst ryb v průběhu chovu násady jesena



Obr. 7. Dvouletý jesen 8 dní před ukončením odchovu 12.9.2018 (zleva v pořadí kontrola, světla a žluté desky)

Výsledky, kterých bylo dosaženo s aplikací různých atraktantů hmyzu, které jej nalákaly na hladinu v produkčních jednotkách s odchovávaným plůdkem nebo násadami reofilních ryb, potvrdily, že i zdánlivě zanedbatelné množství hmyzu, které se rybám dostane jako doplněk potravy, ať už v extenzivním rybničním chovu nebo v intenzivních chovech založených na umělé dietě, vede vesměs k průkaznému zlepšení růstu, kondice i produkčních výsledků.

Růst násady tlouště v rybničních podmínkách byl ve srovnání s údaji z volných vod, sumarizovaných Barušem a Olivou (1995) rychlejší a dosažené hodnoty délky těla (v průměru 117 – 131 mm) byly bližší jimi uváděným hodnotám z nádrží (111 – 125 mm). Finální hmotnost dvouletého tlouště v rybničním chovu s použitím žlutých desek i ponořených světel byla o 35,5, resp. 56,9 % vyšší než v kontrole. Analogicky i produkce, která byla o 28,0 %, resp. o 63,0 % vyšší s použitím atraktantů v podobě žlutých desek, resp. světel. Se započtením produkce ryb, které se do rybníků dostaly přes instalovanou ochrannou síťovinu pravděpodobně jako volná embrya nebo larvy driftem, činil rozdíl v produkci mezi kontrolou a rybníky se světly 20,9 %.

Hektarová produkce rybníků s instalovanými atraktanty (289 - 370 kg. ha⁻¹) byla výrazně vyšší než v kontrole a byla i vyšší než přirozená produkce rybníků 250 kg.ha⁻¹ v odpovídající nadmořské výšce 400 m, uváděná Hartmanem a Regendou (2014), zatímco produkce v kontrolních rybnících (202 – 276 kg. ha⁻¹) jí spíše odpovídala.

Hlavními obdobími růstu tloušť v rybníčních podmínkách byla období května až června a září. Jak je zřejmé z Obr. 2 a 3, extrémní teploty vody okolo 25 °C v průběhu chovu v roce 2018 se projeví stagnací růstu ve všech rybnících i variantách. Extrémní teploty a sucho v srpnu 2018 mělo nepochybně za následek i sníženou aktivitu hmyzu a výlet (rojení) imag druhů s vodními larvami. Na kondici ryb se to však neprojevilo – ta v období května až července po nasazení (s výjimkou jednoho kontrolního rybníka) zřetelně vzrostla a dále se již nijak významně neměnila. Dvouletý zlatý jesen je ve srovnání s tloušťem pravděpodobně mnohem tolerantnější k vysokým teplotám vody, neboť ani extrémní teploty blížící se 30 °C na konci května nebo dlouhodobě mezi 27 – 28 °C v srpnu se na jeho růstu negativně neprojevily (Obr. 6)

Žlutá barva desek, sloužící jako atraktanty hmyzu, byla vyhodnocena jako neúčinnější i v dřívějších pokusech (Hercig 2008), včetně těch zaměřených na možnost využití barevných desek k ochraně rostlin (Kirk 1983). Podle těchto poznatků je účinná i bílá, modrá nebo červená barva, přičemž hlavní rozdíly mezi nimi spočívají hlavně v habitatové preferenci cílových skupin hmyzu (hmyz nežijící nebo naopak žijící na zelených částech rostlin či vyhledávající nebo nevyhledávající květy apod.). Podle Erharda et al. (1993) připadaly největší počty a biomasa hmyzu uloveného na žluté desky, instalované pod hladinou, na červenec a srpen a byly 6,5 krát a 9,4krát vyšší v kusech, resp. biomase v porovnání s matnými deskami. Žluté desky jsou zřejmě účinné i s ohledem na světelný efekt – odraz světla zvláště za jasných dnů. Světelná intenzita nad nimi dosahovala za jasných slunečných dnů v našich pokusech až 17 kLx, resp. 4 kLx při zatažené obloze, což byly hodnoty vyšší než světelná intenzita použitých ponořených světél (2,5 kLx) za tmy. Zvýšená koncentrace části obsádky byla pozorovatelná zvláště za slunečných dnů v okolí žlutých desek, kde si ryby pravděpodobně navykly na přísun potravy v podobě přilákaného hmyzu.

Ve variantách s předpokládaným vyšším podílem hmyzu v potravě byla patrná i vyšší intenzita zbarvení ve srovnání s rybami v kontrole, jak je patrné i na Obr. 7. To je pravděpodobně důsledkem vyššího příjmu barviv (především astaxanthinu), obsažených v kutikule exoskeletu hmyzu.

Závěry

Použití nenáročných a levných prvků, zaměřených na doplnění potravy ryb v extenzivních i intenzivních technologiích v akvakultuře je přínosným opatřením, průkazně přispívajícím ke zvýšení produkčních výsledků i kvality finálního produktu chovu. V příspěvku jsou prezentovány výsledky pokusných odchovů dvouleté násady jelce tloušť a jesena s využitím žlutých desek a ponořených světél k zajištění zvýšeného podílu mimovodního hmyzu na výživě chovaných ryb. Jejich aplikace vedla ke zlepšení (ve většině případů výrazně) růstových, produkčních, kondičních i exteriérových parametrů ryb. Dosažené výsledky však přinášejí i řadu dalších námětů pro zvýšení efektu použitých technologických doplňků jako např. optimalizace barev či jejich kombinace (žlutá – bílá, červená

apod.), velikosti, počtu a umístění barevných desek, optimalizace doby a intenzity svícení (omezení pouze na podvečer a časný večer?), kombinace atraktantů hmyzu s aplikací rostlinné hmoty na hladinu aj. Ve všech těchto případech je nutno mít na zřeteli nejen pozitiva z hlediska kvantitativních aspektů, ale i kvality a kondice odchovaných ryb.

Poděkování

Výsledky byly získány za finanční podpory Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky – projekty CENAKVA (CZ.1.05/2.1.00/01.0024), CENAKVA II (LO1205 v rámci programu NPU II) a KPF-01-016 “Posilování spolupráce mezi JU a Verein für Fisch- und Gewässerökologie” z programu INTERREG V-A Rakousko – Česká republika, Fond malých projektů.

Literatura

- Adámek Z., Kubec V., Sukop I., 1988: Růstová a potravní charakteristika plůdku bole-na dravého (*Aspius aspius*) v rybníčních podmínkách. *Živ.výr.*,33(10):907-915.
- Adámek Z., Jirásek J., Sukop I., Příhoda J., Halama M., Černý J., 1989: Potrava a růst plůdku hlavatky a lipana v rybníčních podmínkách. In: Chov lososovitých ryb, Mariánské Lázně:104-108.
- Adámek Z., Sukop I., 2000: Složení a výběrovost potravy plůdkem jelce jesena (*Leuciscus idus*) v rybníčních podmínkách. In: J.Mikešová (Ed.): Sborník referátů ze IV. české ichtyologické konference, Vodňany: 218-222.
- Adámek Z. Vostradovský J., Dubský K., Nováček J., Hartvich P., 1995: Rybářství ve volných vodách. Victoria Publishing Praha, 205 s.
- Erhard S., Kratochvíl H., Lödl M., 1993: Yellow traps as an aid in fish farming. *Aquaculture and Fisheries Management*, 24: 129 – 131
- Hercig D., 2008: Uplatnění lapačů mimovodního hmyzu v chovu plůdku reofilních ryb. Diplomová práce ZF JU, České Budějovice, 40 s.
- Kirk W. D. J.,1984: Ecologically selective coloured traps. *Ecological Entomology* 9, 35 – 41.
- Mancuso T., Baldi L., Gasco L., 2016: An empirical study on consumer acceptance of farmed fish fed on insect meals: the Italian case. *Aquaculture International*, 24: 1489-1507.
- Merkowsky A.J., Handcock A.J., & Newton S.H. (1977) Attraction of aerial insects as a fish food supplement. *Arkansas Academy of Science Proceedings* 31, 75-76.
- Randák T., Slavík O., Kubečka J., Adámek Z., Horký P., Turek J., Vostradovský J., Hladík M., Peterka J., Musil J., Prchalová M., Jůza T., Kratochvíl M., Boukal D., Vašek M., Andreji J., Dvořák P., 2013. Rybářství ve volných vodách. *FROV JU, Vodňany*, 371 s.
- Rumpold BA, Schlüter OK (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research* 57(3) (DOI 10.1002/mnfr.201200735).
- Sanzone, D.M.,Meyer, J.L., Marti, E., Gardiner, E.P.,Tank, J.L., Grimm, N.B. (2003): Carbon and nitrogen transfer from a desert stream to riparian predators. *Oecologia* 134: 238–250.
- van Huis A (2013). Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology* 58(1): 563 -583.

Poznámky

Poznámky



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

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

SBORNÍK REFERÁTŮ

Odborné konference

KONANÉ V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH 14. A 15. ÚNORA 2019



EVROPSKÁ UNIE
Evropský námořní a rybářský fond
Operační program Rybářství



Rybářské sdružení
České republiky