

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybářství a ochrany vod

Ústav akvakultury a ochrany vod

Diplomová práce

**Potenciál krmných směsí a obilovin jako nástroj pro udržení
dobré produkce tržního kapra ve vztahu ke kvalitě vody**

Autor práce: Bc. Václav Melka

Vedoucí práce: Ing. Ján Regenda, Ph.D.

Konzultant práce: Ing. David Hlaváč, Ph.D.

Studijní program a obor: Zootechnika, Rybářství

Forma studia: Kombinovaná

Ročník: 2. NMgr.

České Budějovice, 2017

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

V Českých Budějovicích dne 30. 4. 2017

Podpis studenta

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Ing. Jánů Regendovi, Ph.D. a především konzultantovi Ing. Davidu Hlaváčovi Ph.D. za metodické vedení, odbornou pomoc, cenné připomínky, poskytnuté materiály a rady při vypracování této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat společnosti Rybářství Třeboň a.s. za organizační a technickou pomoc při realizaci tohoto výzkumu. Ještě větší poděkování patří celé mé rodině, která mě podporovala v průběhu celého studia.

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Václav MELKA**
Osobní číslo: **V14N009K**
Studijní program: **N4103 Zootechnika**
Studijní obor: **Rybářství**
Název tématu: **Potenciál krmných směsí a obilovin jako nástroj pro udržení dobré produkce tržního kapra ve vztahu ke kvalitě vody**
Zadávací katedra: **Ústav akvakultury a ochrany vod**

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

České rybářství musí v současné době řešit kromě tradičních problémů spojených s technologií chovu ry, zdravotní problematikou a marketingem, také environmentální problémy. Rybářské podniky jsou pod tlakem zvyšujících se výrobních nákladů a omezujících environmentálních požadavků (např. Rámcová směrnice o vodách NATURA 2000). Ekonomická situace a tlak na minimalizaci environmentální zátěže z rybářského hospodaření určují nové způsoby a nástroje, jak modifikovat management rybníků, maximalizovat efektivitu využívání živin (především fosforu) a snížit tak eutrofizační zátěž rybníčních vod, při zachování ekonomicky rentabilní rybí produkce. Dříve prováděné nešetrné zásahy v povodí i v rybníčních ekosystémech se výrazně odrazily na kvalitě i kvantitě dnových sedimentů, a tím i na kvalitě rybníční vody. Výsledkem toho je skutečnost, že zhruba 80% rybníční plochy v ČR má hypertrofní charakter se všemi důsledky.

Přikrmování ryb se stává hlavním živinovým vstupem z rybářského hospodaření. Národní strategický plán pro oblast rybářství na období 2007-2013 konstatoval, že je téměř vyloučeno snižovat náklady v podmínkách stagnující poptávky a rostoucí ceny vstupů do výroby. Současná situace tuto skutečnost do značné míry potvrzuje. Je zřejmé, že vzhledem k požadavkům společnosti na kvalitu vody a rybníčního prostředí, zbývá přikrmování ryb jako klíčové opatření umožňující udržet produkci ryb. Efektivita využití krmiva v produkci ryb (kapa) představuje potenciál pro ekonomické úspory a současně pro významné zlepšení kvality vodního prostředí rybníků.

Cílem práce bude zaměřit se na polo-intenzivní odchov tržního kapra s přikrmováním jak obilninami tak i krmnými směsmi se zvláštním zřetelem na kvalitu vody, růst ryb a bilanci živin. Student sestaví ucelenou literární rešerši o problematice přikrmování v rybníční akvakultuře a také se zaměří na problematiku spojenou s udržením dobré kvality vody. V praktické části budou otestovány vybrané krmné směsi a obiloviny v odchovu tržního kapra a jejich vliv na růst ryb ve vzájemném vztahu ke kvalitě vody.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 50 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury:


Bosma, R. H., Verdegem, M. C. J., 2011: Sustainable aquaculture in ponds: Principles, practices and limits. *Livest. Sci.* 139, 58-68 s.
Boyd, C.E., 1995: Bottom soils, sediment, and pond aquaculture. Chapman & Hall, New York, USA, 348 s.
Boyd, C.E., Tucker, G.S., 1998: Pond aquaculture water quality management. Kluwer, Norwell, MA, USA, 700 s.
Hlaváč, D., Adámek, Z., Hartman, P., Másílko, J., 2014: Effects of supplementary feeding in carp ponds on discharge water quality - a review. *Aquacult. Int.* 22, 299-320 s.
Knösche, R. K., Schreckenbach, K., Pfeifer, M., Weissenbach, H., 2000: Balances of phosphorus and nitrogen in carp ponds. *Fisheries Manag. Ecol.* 7, 15-22 s.
Máchová, J., Valentová, O., Faina, R., Svobodová, Z., Kroupová, H., Mráz, J., 2010. Znečištění produkované kaprem obecným z různých podmínek odchovu. *Bulletin VÚRH Vodňany*, 46(1): 31-38 s.
Pechar, L., 2000. Impact of long-term changes in fishery management on the trophic level water quality in Czech fish ponds, *Fisheries Management and Ecology*, 7: 23-31 s.
Potužák, J., Duras, J., 2012: Jaké riziko představují rybníky v procesu eutrofizace vodních nádrží. In: Kosour D. (Ed.) *Vodní nádrže 2012*, 26.-27. září 2012, Brno, 69-72 s.
a další dle požadavků vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ján Regenda, Ph.D.**
Ústav akvakultury a ochrany vod
Konzultant diplomové práce: **Ing. David Hlaváč**
Ústav akvakultury a ochrany vod

Datum zadání diplomové práce: **12. ledna 2016**
Termín odevzdání diplomové práce: **6. května 2016**


prof. Ing. Otomar Linhart, DrSc.
děkan

L.S.


Ing. Jan Mráz, Ph.D.
ředitel

V Českých Budějovicích dne 8. února 2016

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Literární přehled.....	9
2.1. Polointenzivní chov kapra.....	9
2.2. Přirozená potrava	10
2.2.1. Zastoupení zooplanktonu a zoobentosu v potravě kapra	11
2.2.2. Nutriční hodnota zooplanktonu a zoobentosu.....	13
2.3. Obiloviny	14
2.4. Krmné směsi	16
2.5. Úpravy krmiv	18
2.5.1. Tepelné úpravy krmiv	19
2.5.2. Granulování.....	19
2.5.3. Extruze	20
2.6. Vliv polointenzivního chovu kapra na kvalitu vody.....	21
2.6.1. Krmiva jako zdroj živinového zatížení rybníků.....	22
2.6.2. Akumulace živin a jejich pohyb v povodí	23
3. Materiál a metodika	25
3.1. Odběr vzorků vody.....	26
3.2. Stanovení fosforu a dusíku.....	27
3.3. Stanovení nerozpuštěných látek.....	27
3.4. Stanovení chlorofylu <i>a</i>	27
3.5. Stanovení BSK ₅ a CHSK _{Cr}	27
3.6. Odběr vzorků zooplanktonu.....	28
3.7. Výpočet bilance fosforu	28
3.8. Ukazatele růstu a konverze krmiva.....	29
3.9. Ekonomické vyhodnocení.....	30

3.10. Statistické vyhodnocení výsledků	30
4. Výsledky	31
4.1. Produkční ukazatele	31
4.2. Ekonomické vyhodnocení	35
4.3. Zooplankton	36
4.4. Kvalita vody v pokusných sádkách	36
4.5. Bilance fosforu	37
4.5.1. Retence vstupů fosforu v biomase ryb	38
4.5.2. Bilance fosforu ve vodě	38
5. Diskuze	40
6. Závěr	47
7. Seznam použité literatury	49
8. Seznam použitých zkratk	67
9. Seznam tabulek, grafů a obrázků v textu	68
10. Přílohy	69
11. Abstrakt	75
12. Abstract	76

1. Úvod

Rybníkářství má u nás dlouhou a neodmyslitelnou tradici. Chov ryb v rybnících představuje hlavní produkční systém naší akvakultury. Základem rybničního hospodaření v ČR je chov kapra obecného (*Cyprinus carpio*), který zaujímá většinu rybniční produkce. Chov kapra je z části založen na využití přirozených potravních zdrojů a z části na předkládaných krmivech. Tato krmiva jsou především rostlinného původu s velkou převahou obilovin. Krmiva tvoří hlavní nákladovou položku, která významně ovlivňuje výsledek hospodaření. Současně ale představují potenciální ohrožení stability vodního prostředí. Stávající rybářský management musí kromě obvyklých úskalí spojených s chovem ryb, brát na zřetel také možný negativní vliv hospodaření na kvalitu vody. Dnešní společnost si již uvědomuje důležitost čistoty vodního prostředí a možné důsledky jeho znečištění. Proto je i směrem k rybniční intenzifikaci v podobě krmiv a také hnojiv směřována vyšší pozornost. Největší problém při pohledu na kvalitu rybniční vody a její následný pohyb v povodí představuje fosfor. Tento prvek lze označit jako limitující a zároveň rozhodující element trofické úrovně vod. Jeho vstupy do vodního prostředí nesouvisí pouze s rybničním chovem ryb, hlavně v minulosti to byla také zemědělská činnost a vypuštění komunálních odpadních vod. Součinnost těchto zmíněných faktorů zapříčinila živinové zatížení vodního prostředí nad rámec jeho únosnosti. Proto je dnes velká část našich rybničních vod považována za eutrofní až hypertrofní, což má za následek všeobecně známé kvetení vody. Z tohoto důvodu je zapotřebí najít řešení zajišťující takovou modifikaci rybničního managementu, která umožní maximalizovat efektivitu využívání fosforu a tím snižovat přetlak živin v rybničních ekosystémech a to při současném udržení přijatelných hospodářských výsledků. V obou směrech se jako perspektivní krmiva jeví peletované a extrudované krmné směsi. Tato krmiva by měla zaručovat vyšší stavitelnost a využitelnost obsažených živin, což je hlavním předpokladem pro zlepšení bilance fosforu ovlivněné rybničním chovem kapra. Tato práce je zaměřena jak na stanovení a porovnání produkční účinnosti obilovin a krmných směsí, tak na zmapování a posouzení vlivu vybraných krmiv na kvalitu vody při aplikaci v polointenzivním chovu tržního kapra. Cílem práce je zjistit která krmiva jsou pro tento chov nejvhodnější a to nejen po stránce ekonomické, ale i ekologické.

2. Literární přehled

2.1. Polointenzivní chov kapra

V rybniční akvakultuře střední Evropy je produkce kapra nejčastěji zajišťována polointenzivním chovem v rybnících (Bauer a Schlott, 2006; Adámek et al., 2010; Mareš et al., 2012). Česká republika není výjimkou, chov kapra zde zaujímá zhruba 87 % celkové produkce ryb (Moore, 1985; Bauer a Schlott 2006). Polointenzivní chov kapra probíhá v polointenzifikačních rybnících (Čítek et al., 1998), kde je produkce ryb založena na přirozené potravě a příkrmování doplňkovými krmivy (Moore, 1985; Bauer a Schlott 2006). Přirozená potrava je pro kapra plnohodnotná a představuje největší zdroj bílkovin. Jako doplňková krmiva se pak využívají méně hodnotná krmiva, která jsou zpravidla rostlinného původu (Dubský et al., 2003; Jankovic et al., 2011; Hlaváč et al., 2014). Kostomarov (1958) uvádí, že v rybničním chovu kapra jsou zkrmována hlavně jaderná krmiva. Vhodná jsou především taková krmiva, která jsou neustále dostupná a ekonomicky přijatelná. Z toho hlediska jsou nejvhodnější hlavně obiloviny a krmné směsi z obilných šrotů, pokrutin, luštěnin, extrahovaných šrotů, pícnin a dalších doplňků (Čítek et al., 1998; Ćirić et al., 2015). Příkrmování kapra doplňkovými krmivy je tedy postaveno převážně na obilovinách, které představují zdroj levné, dobře dostupné energie (Viola et al., 1983) a zároveň obsahují potřebné složky pro náležitý růst kapra (Abdelghany a Ahmad, 2002). Hůda (2009) uvádí, že pro příkrmování kaprů lze využívat většinu druhů obilovin, především pšenici, triticales, žito, ječmen a kukuřici. Samotná tato krmiva ovšem plně nepokrývají nutriční a růstové požadavky ryb (Ghosh et al., 1984; Turk, 1994; Turk, 1995; Markovic a Mitrovic-Tutundzic, 2003; Hůda, 2009; Mráz a Picková, 2009). Proto je v polointenzivním chovu kapra nezbytné zajistit dostatek přirozené potravy (zdroj proteinů) a zbytek přírůstku doplnit příkrmováním glycidovými krmivy (zdroj energie) (Mráz a Picková, 2009; Adámek et al., 2010; Urbánek et al., 2010). V přirozené potravě je totiž obsaženo vysoké procento bílkovin (cca 67 % v sušině). Pro dobrý růst tržního kapra je dostačující hranice mezi 25-30 % bílkovin (Hepher, 1979; Wieniawski, 1983; Kaushik a Preface, 1995; Jirásek et al., 2005). Čítek et al. (1998) uvádějí, že příkrmování kapra obilovinami bylo vždy založeno na pravidle, kde poměr přirozené potravy musí zaujímat minimálně 50 % potravy kapra, mají-li být krmiva vhodně využita pro přírůstek ryb. Dubský et al. (2003) tvrdí, že přirozená potrava a předkládaná krmiva mají na celkovém přírůstku podíl

zhruba 1:1. Wieniawski (1983) je však toho názoru, že přirozená potrava tvoří cca 1/3 přírůstků kapra a další 2/3 je nutno zabezpečit doplňkovými krmivy. Využití krmiv lze označit za přímý intenzifikační faktor, poněvadž jejich prostřednictvím dochází k přírůstkům rybního masa. Krmiva jsou rybám předkládána s cílem dosáhnout vyšší celkové produkce (Čítek et al., 1998). V rybníkářství je vždy důležité vzít v potaz vztah mezi množstvím přirozené potravy, hustotou rybní obsádky a předkládanými krmivy (Guziur, 1997). Nadměrné přikrmování ryb, tedy překrmování způsobuje zvýšení depozice tuků v rybním těle, což má negativní dopad na kvalitu rybního masa (Mráz a Picková, 2009; Adámek et al., 2010; Urbánek et al., 2010). Používání doplňkových krmiv lze rovněž považovat za prostředek, který napomáhá k udržení přirozené potravní nabídky po celou dobu vegetačního období (Ćirić et al., 2015). Polointenzivní chov kapra je možné označit jako systém, který je tvořen dotací živin při současném udržení vyvážené živinové bilance mezi vstupy (krmiva, hnojiva) a výstupy (přírůstek vylovených ryb) z vodního prostředí. Tento chov je typický přítomností přirozené potravy při současném zachování přijatelných hodnot kvality vody (Hartman, 2015). Füllner et al. (2000) označují produkci kapra založenou na přirozené potravě a přikrmování doplňkovými krmivy za ekonomickou a přírodě vlnou metodu kaprového hospodaření. Přesto tato metoda hospodaření vytváří při pohledu na kvalitu vody jisté pochybnosti. Předkládaná krmiva jsou považována za cizorodé látky a jejich aplikace do rybníků v průběhu vegetačního období může mít za následek znečištění povrchových vod (Piotrowska-Opuszyńska, 1984).

2.2. Přirozená potrava

V přírodním vodním prostředí představuje přirozená potrava zpravidla nejobvyklejší a nejdostupnější zdroj výživy ryb. Jedná se o potravní složku vznikající v povrchových vodách přirozeným vývojem (Horváth et al., 1992; Dubský et al., 2003). Ve vodách jako jsou tůň, jezera, extenzivní rybníky nebo řeky a potoky je rybní obsádka plně závislá na přirozené potravě, která je zastoupena především organismy živočišného původu, tj. zooplanktonem a zoobentosem a z malé části také potravou rostlinného původu, jako fytoplanktonem, řasovými nárosty a vyšší vodní vegetací (Adámek et al., 2010). V rybářské praxi hraje přirozená potrava významnou roli jak v extenzivním chovu kapra, tak v polointenzivním chovu kapra, kde je navíc doplňována přikrmováním (Horváth et al., 1992; Mazurkiewicz et al., 2011; Mráz et al., 2012). Při

stanovování rybních obsádek je pro české rybníkářství zásadním specifickým úživnost rybníků, která přímo ovlivňuje kvantitativní nabídku přirozené potravy (Hůda, 2009).

2.2.1. Zastoupení zooplanktonu a zoobentosu v potravě kapra

V rybničním prostředí je podle Potužáka (2009) společenstvo zooplanktonu zastoupeno hlavně vířníky (*Rotifera*), buchankami (*Cyclopoida*) a perloočkami (*Cladocera*). Zoobentos je pak tvořen převážně larvami pakomárů (*Chironomidae*) a maloštětinatci (*Oligochaeta*). U plůdku kapra začíná aktivní příjem potravy v období přechodu z endogenní na exogenní výživu (Peňáz et al., 1983). Garcial-Ortega et al. (1998) uvádějí, že v tomto období potřebuje rybí plůdek živou planktonní potravu. Důležitá je potravní dostupnost rozměrově menších druhů zooplanktonu, jakou jsou vířníci (Hartman et al., 1998, Nunn et al., 2007; Anton-Pardo a Adámek, 2015). V rybnících jsou to především rody *Brachionus* (*B. calyciflorus*), *Keratella* (*K. cochlearis*, *K. quadrata*), *Asplanchna*, *Polyarthra* a *Synchaeta* (Edmondson, 1964). Později přijímá kapří plůdek také zástupce perlooček (*Cladocera*) a buchaneček (*Cyclopoid*) (Weber a Brown, 2009; Dulic et al., 2011; Nunn et al., 2012). Verreth et al. (1987) a Jirásek et al. (2005) jsou názoru, že při pohledu na správný vývoj a přežití plůdku je přirozená potrava v poměření s uměle vytvořenými krmivými stále vhodnější výživou. Druhové složení zooplanktonu v rybnících je ovlivňováno hustotou rybní obsádky. Při zhuštěné obsádce dochází k vysokému predančnímu tlaku ryb (Přikryl, 1979). Zooplankton je schopen se tomuto predančnímu tlaku rybní obsádky přizpůsobit druhovou a velikostní obměnou. V takovýchto případech je zooplankton zastoupen menšími druhy (Faina, 1983). Kromě výše zmíněných vířníků jsou to perloočky *Bosmina longirostris*, *Daphnia galeata*, *Moina brachiata* a *Ceriodaphnia*. Dospělci buchaneček se v takových případech vyskytují jen zřídka, většinou jsou prezentovány naupliovými a kopepoditovými stádii (Faina 1983; Pechar et al., 2002; Potužák et al., 2007). Ojedinele mohou být dospělci buchaneček zastoupeny rody *Termocyclops*, *Eucyclops*, *Mesocyclops*, na jaře rodem *Cyclops* a v létě rodem *Acanthocyclops* (Přikryl, 1979). Merla a Miller (1986) uvádějí, že ani velmi zhuštěná obsádka kapra nedokáže menší druhy zooplanktonu (*Bosmina*) plně využít. Oproti rybníkům se zhuštěnou rybní obsádkou se v nádržích s nízkou obsádkou planktivorních druhů ryb nejčastěji vyskytují zástupci řádu *Cladocera*, především rod *Daphnia*, hlavně *Daphnia magna* a *Daphnia pulex* (Kořínek et al., 1987). Velké dafnie v těchto nádržích dominují a zaujímají 70-95 % celkového zastoupení zooplanktonu (Potužák et al., 2007). Ild (1991) označuje

druhové a velikostní zastoupení zooplanktonu (hlavně rodu *Daphnia*) jako velmi vhodný indikátor pro posouzení hustoty rybí obsádky v průběhu vegetačního období a také orientační bod pro stanovení ideálního množství ryb k nasazení.

Co se týče zastoupení zoobentosu převládají v našich rybnících pakomáři (*Chironomidae*). V rybnících je jejich rozvoj poměrně rychlý, zpravidla se vyskytují již po několika dnech od napuštění (Matěna, 1982). V rybnících s malým množstvím betivorních druhů ryb se larvy pakomárů vyskytují v horní části sedimentu dna (5-10 cm). Naopak v rybnících s větší obsádkou kapra se vyskytují až do hloubky 20-30 cm dna (Potužák a Pechar, 2006). Adámek et al. (2010) jsou názoru, že násada (K_2) a větší kapři jsou schopni pronikat až 10 cm do sedimentu dna a tím úspěšně konzumovat bentické organismy. Autoři uvádějí, že v rybnících s malým predacním tlakem kapra je největší koncentrace larev v prvních 3 cm dna, kdežto v běžně nasazených rybnících je maximální množství larev nachází v hloubce 3-6 cm. Larvy pakomárů lze označit jako dočasnou (temporální) faunu bentálu, jelikož dochází k jejich zakuklení, dospění a výletu imág. Kvantita larev je ovlivňována především rybí obsádkou ale také výletem imág. Proto se může v průběhu vegetačního období jejich množství v rybničním dně měnit (Potužák a Pechar, 2006). Matěna (1982) uvádí, že v nádržích se zatopenou vegetací probíhá také rozvoj fytofilních pakomárů *Corynoneura*, *Cricotopus*, *Phytotendipes*. Mezi zoobentickou potravní složku kapra lze zahrnout také zástupce skupiny *Oligochaeta* (máloštětinatci) a *Hirundinea* (pijavky) (Potužák a Pechar, 2006). Janda (1996) udává, že ojedinělý výskyt nitěnek (*Tubifex*) je indikátorem chudého bahna a spíše písčitého dna. Potužák a Pechar (2006) i jiní autoři (Bauer a Schlott, 2006; Kloskowski, 2011) se shodují v názoru, že ze zoobentosu jsou v potravě kapra nejdůležitější patentky pakomára kouřového (*Chironomus sk. plumosus*). Zároveň ale Potužák a Pechar (2006) uvádějí, že kapr současně se zoobentosem přijímá i mnoho špatně stravitelných složek sedimentu, čímž je značně zhoršen poměr mezi energií vydanou na získání potravy a energií přijatou. Z toho vyplývá, že vhodnější přirozenou potravou je pro kapra zooplankton. Pro rybniční odchov kapra je ekonomicky i hospodářsky prospěšné využívat pro přírůstek ryb co největší množství přirozené potravy rybníka (Hartman, 2012). Pro zvýšení přirozené produkce rybníků se provádějí opatření označovaná jako nepřímé intenzifikační faktory (Janeček a Přikryl, 1982; 1992). Je to hlavně organické hnojení, vápnění a meliorace rybníků (Boyd a Tucker, 1998; Hartman, 2012; Hartman, 2013). Bez používání těchto opatření by docházelo ke

snižování úživnosti a následným poklesům produkčních vlastností rybníků (Čítek et al., 1998).

2.2.2. Nutriční hodnota zooplanktonu a zoobentosu

Z nutričního pohledu představuje zooplankton a zoobentos pro ryby plnohodnotnou a lehce stravitelnou bílkovinu (Jirásek et al., 2005). Tyto vodní organismy dodávají rybám všechny potřebné živiny ve vyváženém poměru a formě, což je hlavním kritériem pro zajištění životaschopnosti organismu, dobrého růstu, metabolismu, rozmnožování apod. (Chakrabarti a Sharma, 1998; Sharma a Chakrabarti, 1999; Adámek et al., 2010). Velmi významnou součástí zooplanktonu a zoobentosu jsou pro ryby esenciální aminokyseliny a živiny, jako vitamíny a minerální látky (Hůda, 2009), které pocházejí především z bakterií a řas (Hartman et al., 1998; Jirásek et al., 2005). Steffens (1995) uvádí, že tuk zooplanktonu je bohatý na nenasycené mastné kyseliny (PUFA), obzvláště důležité kyseliny linolová a linoleová, neboť jsou pro ryby nepostradatelné (esenciální). O důležitost esenciálních aminokyselin a enzymů se zmiňují také Dubský et al. (2003), kteří tvrdí, že v trávicím traktu kapra napomáhají trávení potravy enzymy obsažené v přirozené potravě, tzv. autolytické enzymy. Významem přirozené potravy se zabýval i Sukop (1998), který zjistil, že enzymy obsažené v tělech těchto živočichů (pro ryby tzv. exogenní trávicí enzymy) mají významný spouštěcí účinek, který zlepšuje proteolytické působení endogenních proteáz kaprů. Z čehož plyne, že složky přirozené potravy kapra jako je zooplankton a zoobentos výrazně ovlivňují efektivitu trávení, hlavně pak proces trávení bílkovin. Steffens (1985) označuje přirozenou potravu jako primární zdroj nepostradatelných bílkovin, která značně ovlivňuje růst kapra a částečně také obsah tuku v jeho svalovině. Nutriční složení dvou vybraných a důležitých druhů přirozené potravy kapra uvádí tabulka č. 1. V obecné rovině obsahuje zooplankton 10 % a zoobentos až 20 % sušiny, ve které se nachází 50 - 65 % bílkoviny, 3 - 30 % tuků a poměrně malé množství karbohydrátů cca 3 - 4,79 % (Hartman et al., 1998; Bogut et al., 2007; Mitra et al., 2007). Proto se jako doplňková krmiva přikrmují obiloviny, coby bohatý zdroj energie (Kibria et al., 1997; Woynarovich et al., 2010). Lovell (1989) uvádí, že přesné stanovení přírůstku ryb z přirozené potravy je v rybníčních podmínkách velmi obtížný a nelehký úkol. Výskyt dostatečného množství přirozené potravy v rybnících nelze považovat jako samozřejmost. Pro udržování optimálních hodnot přirozené produkce rybníků se

v rybářské praxi používají výše zmíněné nepřímé intenzifikační faktory (Janeček a Příkryl, 1982; 1992).

Tab. č. 1: Nutriční složení těla (v %) *Daphnia magna* a larev *Chironomus plumosus* dle Boguta et al. (2007).

Komponent	<i>Daphnia magna</i>		<i>Chironomus plumosus</i>	
	Čerstvá hmotnost	Sušina	Čerstvá hmotnost	Sušina
Voda	97,4		87,9	
Protein	1,2	39,2	7,6	55,7
Lipidy	0,2	5,0	1,3	9,7
Bezdušikáté l.	0,8	27,3	2,1	26,4
Popeloviny	0,4	14,6	1,1	8,2

2.3. Obiloviny

Obiloviny lze celosvětově považovat za nejvýznamnější zdroj energie ve formě sacharidů a mimo nich i jiných životně nezbytných látek (Prugar et al., 2008). Pro chov tržního kapra v rybníční akvakultuře jsou jako doplňková krmiva nejčastěji využívány obiloviny (Turk, 1995; Zajíc et al., 2013). Obiloviny jsou rostlinná glycidová krmiva, mezi která patří hlavně triticales, pšenice, žito, ječmen a kukuřice (Edwards, 2007; Hlaváč et al., 2014). Steffens (1985) uvádí, že ve výživě kapra mají obiloviny roli snadno dostupného a lekce stravitelného zdroje energie. Obiloviny obsahují velké množství sacharidů, především škrobů, které pro kapra představují primární zdroj energie (Smith, 1989; Sadowski a Trzebiatowski, 1995; Sargent et al., 2002; Arlinghaus et al., 2003). Nutriční složení nejčastěji používaných obilovin v chovu kapra je uvedeno v tabulce č. 2. Obiloviny jsou výhodným krmivem pro kapra především díky jeho schopnosti efektivně trávit a využívat velké množství sacharidů (Viola et al., 1980; Wilson, 1994). Hlavní složkou obilných sacharidů je škrob, jehož obsah v zrnech se pohybuje v rozmezí 60 až 70 % (Cirkovic et al., 2002; Krogdahl et al., 2005). Na rozdíl od jiných ryb dokáže kapr tento polysacharid velmi dobře trávit a to díky vysoké produkci a aktivitě střevních amylotických enzymů (Shiloh et al., 1973). Stravitelnost škrobu ve střevě kapra je zhruba 70 %, což představuje hlavní přísun energie. Tato přijatá energie pak umožňuje rybám efektivně využívat bílkoviny z přirozené potravy na přírůstek svalové hmoty (Sandowski a Trzebiatowski, 1995; Steffens, 1995). Pro chov a růst kapra nepředstavují obiloviny zcela plnohodnotnou potravu, množství bílkovin

v nich obsažených je nedostačující, rovněž pak obsah esenciálních aminokyseliny (např. methionin, lysin), které jsou nezbytné pro tvorbu tělních tkání. Limitním faktorem pro přírůstek kapra v rybnících je proto přirozená potrava (Przybyl a Mazurkiewicz, 2004). Toto koresponduje také s názorem Hephhera et al. (1979), kteří uvádí, že při úbytku a snížení dostupnosti přirozené potravy v rybnících a následným zvýšení krmných dávek obilovin nedosáhneme vyšších přírůstků kapra. Jirásek (1989) dodává, že v případě nadbytku přijaté energie z obilných sacharidů je větší část využita pro tvorbu tělního tuku. Párová (1981) ve své práci uvádí, že při odchovu kapra v rybníčních podmínkách a dostatku přirozené potravy se zkrmování obilovin jeví jako velmi efektivní a to převážně při nižší teplotě vody během produkčních měsíců, jelikož trávicí trakt kapra zvládá při nižší teplotě lépe trávit krmiva s nižším obsahem proteinů. Obsah proteinů v obilovinách je cca 7 - 15 % a obsah esenciálních aminokyselin je také nízký. Cystein a methionin jsou zastoupeny přibližně 0,35 %, lysin 0,3 % a tryptofan 0,1 % (Przybyl, 1999). Pro chov kapra v rybníčním prostředí je k přikrmování možné používat většinu obilovin, ale které lze považovat za produkčně nejvýhodnější je stále nejasné (Pfeifer a Füllner, 1998). Samotná krmiva představují výraznou nákladovou položku, proto je při výběru krmiva velmi často rozhodující jeho cena a dostupnost (Jirásek, 1995; Čítek et al., 1998; Pfeifer a Füllner, 1998). Hůda (2009) se přiklání ke zkrmování obilovin s ověřenou produkční účinností a rovněž klade důraz na přijatelnou cenu krmiva. Sám autor označil za obilovinu s nejlepším produkčním účinkem kukuřici a poté žito. Zbylé obiloviny posuzuje jako poměrně vyrovnané s mírným upřednostněním triticales před pšenicí. Kukuřice ovšem obsahuje méně bílkovin a více škrobu, což může při neuváženém zkrmování způsobit vyšší ztučnění kapřího masa (Dyk et al., 1948). Viola a Arieli (1983) toto potvrzují ve své práci, kde uvádějí, že kukuřice výrazně zvyšovala množství tuku u kapra a to až o 15 %. Stejného názoru jsou i Urbánek et al. (2010), kteří u kaprů krmených kukuřicí zaznamenali z hlediska hodnocení sensorické kvality masa příliš vysoký obsah tuku. Proto je vhodné nezkrmovat kukuřici samostatně, ale v kombinaci s jiným druhem krmiva (Dyk et al., 1948). Shäperclaus a Lukowicz (1997) považují produkční účinnost ječmene, pšenice a žita za srovnatelnou. Naopak Przybyl a Mazurkiewicz (2004) označují jako nejvhodnější obilovinu pšenici, poté triticales a žito a nakonec ječmen. Rovněž Viola a Ariely (1983), kteří testovali produkční účinnost obilovin, zjistili v porovnání s čirokem, kukuřicí, pšenicí a pšeničnými otruby nejnižší hodnoty u ječmene. Také Shalaby et al. (1989) zjistili lepší výsledky u pšenice a kukuřice oproti ječmenu ale také čiroku. Naopak Párová (1981) testující přírůstek kaprů

v pokusných rybnících dosáhla lepších výsledků u ječmene před pšenicí. K nejlepším hodnotám při příkrmování kaprů ječmenem dospěli také Wrona et al. (1981). Degani et al. (1997) zjistili, že pro kapra nejlépe stavitelná bílkovina pšenice v porovnání s bílkovinou ječmene a kukuřice. Oberle et al. (1997) uvádějí, že u kaprů příkrmovaných pšenicí a kukuřicí byly přírůstky podobné, nižší přírůstek bylo dosaženo u kaprů příkrmovaných žitem. Hofer a Strumbauer (1985) zjistili, že pšenice i jiné obiloviny obsahují albuminy, což jsou antinutriční látky, které způsobují inhibici střevních amyláz. Tyto antinutriční látky pak mohou negativně ovlivnit trávení škrobu s následným omezením metabolismu bílkovin. Trávicí trakt kapra je však schopen tuto inhibici střevních amyláz kompenzovat několikanásobným zvýšením produkce trávicích enzymů. Ščerbina (1984) uvádí, že nejlépe je ve střevě kapra trávena bílkovina ječmene a pšenice a poté bílkovina žita a ovesa. Odlišné hodnoty zjištěné při testech produkčních účinků obilovin v rybníčních podmínkách lze přisoudit rozdílným technologickým postupům v chovu kapra (Pfeifer a Füllner, 1998).

Tab. č. 2: Nutriční složení nejčastěji používaných obilovin pro kapra dle Jirásků et al. (2005).

Krmivo	Parametr				
	Sušina [g.kg ⁻¹]	NL* [g.kg ⁻¹]	Tuk* [g.kg ⁻¹]	Vláknina* [g.kg ⁻¹]	BNLV* [g.kg ⁻¹]
Pšenice	860	111,8	15,5	25,8	689,7
Žito	891	131,4	22,3	130	491,3
Triticale	876	113,6	13,1	25,8	705,2
Ječmen	860	105,8	21,5	43,9	546,1
Kukuřice	890	85,4	36,5	22,3	732,5

*množství v surové hmotě

2.4. Krmné směsi

Krmné směsi se vyrábějí především z jaderných krmiv, krmných přísad a různých doplňků. Pro většinu doplňkových krmných směsí pro kapra představují hlavní složku šrotované (mleté) obiloviny, převážně pšenice, ječmen a kukuřice, méně pak oves a žito (Maleš, 1996). Tyto hlavní složky bývají doplňovány specificky účinnými látkami (biofaktory), které zajišťují lepší využití živin, při současné úspoře předkládaných krmiv (Kováč, 1989). Krmné směsi se dříve používaly především pro odchov kapřího

plůdku. Až v několika posledních desetiletích se díky některým přednostem před neupravenými obilovinami začaly používat i pro odchov násad a tržních ryb. Na rozdíl od neupravených obilovin je možné krmné směsi doplňovat potřebnými komponenty (Hardy a Barrows, 2002). Smícháním a úpravou vhodných komponentů lze dosáhnout zvýšení biologických hodnot jednotlivých živin (především bílkovin) a snížit spotřebu krmiva na jednotku přírůstku (Maleř, 1996). Při tvorbě přírůstku ryb hraje hlavní roli obsah dusíkatých látek v přijímaném krmivu. Ani v rybničních podmínkách není vždy možné zajistit takové množství přirozené potravy, které by rybám plně pokrývalo potřebu živin živočišného původu. V těchto případech je zapotřebí dodat chybějící dusíkaté látky (proteiny) předkládanými krmivy. U krmných směsí pro kapra je velká část komponentů rostlinného původu, tudíž neobsahují plnohodnotné proteiny. Do krmných směsí lze ovšem začlenit i složky živočišného původu s obsahem plnohodnotných proteinů, dále pak potřebné vitaminy, minerály, léčiva a jiné biologicky účinné látky. Krmné směsi se vyrábí podle daných receptur, které je možné upravovat dle potřeby a dostupnosti komponentů (Čítek et al., 1998). Výroba krmných směsí zahrnuje řadu technologických postupů, které pochopitelně zvyšují jejich cenu. Vyšší pořizovací náklady krmných směsí by měly být vykompenzovány lepší stravitelností a nižšími krmnými koeficienty v porovnání s obilovinami (Sørensen, 2012). Při výrobě krmných směsí (např. extruzí) totiž dochází vlivem teploty k želatinaci škrobu a inaktivaci některých antinutričních látek, jako jsou inhibitory proteázy, amylázy, trypsinu, lektinu a kyanogenní glykosidy (Francis et al., 2001; Barrows et al., 2007; Adamidou et al., 2009), což zvyšuje stravitelnost škrobu a bílkovin (Gaylord et al., 2008; Glencross et al., 2012). Venou et al. (2009) uvádějí, že extrudovaná krmiva procházejí trávicím traktem ryb pomaleji, čímž se zvyšuje využití obsažených živin. Pro získání homogenní krmné směsi je zapotřebí jednotlivé složky jemně rozemlít. Touto úpravou dosáhneme vyšší stravitelnosti krmiva, ale i vyšších ztrát způsobených vyluhováním a rozplaváním (Čítek et al., 1998). Pro eliminaci rozpadu a ztrát živin ve vodě jsou směsi upravovány do pelet různých tvarů a velikostí v závislosti na věku a velikosti ryb (Hardy a Barrows, 2002). Pro plůdek kapra by měla krmná směs obsahovat 30-40 % dusíkatých látek, při čemž polovinu by měla tvořit živočišná složka. Pro příkrmování násad kapra by krmná směs měla obsahovat alespoň 25 % dusíkatých látek, tvořených z třetiny komponenty živočišného původu a pro odchov starších ročníků kapra jsou vhodné směsi s obsahem 25 % dusíkatých látek s pětiovým podílem živočišných složek (Čítek et al., 1998). Produkce krmných směsí představuje i jistá

rizika. V případě nevhodně nastavených parametrů pracovního procesu výroby může dojít k vytvoření krmiva nižší kvality. Důvodem může být nevhodné tepelné zpracování, které vede k poškození teplotně citlivých složek, jako jsou aminokyseliny a vitamíny (Anderson a Sunderland, 2002; Sørensen et al., 2002; Athar et al., 2006). V České republice se pro příkrmování kapra používají nejčastěji krmné směsi KP 1 a KP 2. Směs KP 1 je určena pro kapří plůdek a je vyráběna jako bílkovinná nebo glycidová krmná směs. Glycidová směs slouží k příkrmování plůdku v období s vyhovující dostupností přirozené potravy a také v podzimní části roku pro zvýšení zásobních látek. Bílkovinná směs je určena pro situace s nízkým výskytem přirozené potravy, která již nezabezpečí potřebný příjem bílkovin. Krmná směs KP 2 slouží pro příkrmování násad a tržních kaprů. Je rovněž vyráběna v bílkovinné a glycidové formě. Jejich použití je obdobné jako u KP 1. Stanovení krmné dávky se odvíjí od teploty vody, koncentrace kyslíku, množství přirozené potravy a na hustotě a velikosti rybí obsádky (Čítek et al., 1998).

2.5. Úpravy krmiv

Pojmem úprava krmiv označujeme souhrn technologických postupů, jimiž lze zvýšit nutriční hodnoty krmiv, stravitelnost obsažených složek, chutnost a atraktivitu krmiv, nebo jejich použitím eliminujeme nežádoucí účinky či nevhodné vlastnosti daných krmiv (Kopřiva et al., 1992). Velká část krmných surovin je v neupraveném stavu nevyhovující z hlediska fyzikální struktury, stability kvality pro okamžité zkrmování či uskladnění a následné použití do krmných směsí. Tudíž se u těchto krmiv neobejdeme bez technologických úprav s cílem zvýšení a zlepšení jejich uchovatelnosti, zdravotní nezávadnosti a fyzikální struktury (Čermák a Kadlec, 1999). Způsob úpravy je ovlivněn jak druhem krmiva, tak anatomickou strukturou trávicího traktu a fyziologickými funkcemi jednotlivých druhů ryb (Másílko a Hartvich 2010). Cílem úpravy krmiv ovšem není pouze zvýšení jejich účinnosti a uchovatelnosti, ale také zlepšení živinové bilance rybníků a to především zamezením úniku celkového fosforu do povodí (Hlaváč et al., 2014; Másílko et al., 2014). V posledních letech je snaha vyvíjet nebo inovovat krmné technologie a způsoby výživy s cílem omezení produkce pevných odpadů prostřednictvím nevyužitého nebo rozplaveného krmiva (Bergheim a Asgard, 1996; Kiang, 1999). Obsah živin v potravě a jejich stravitelnost jsou zásadní faktory ovlivňující kvantitu nestrávených živin v systému produkce akvakultury.

Produkcí těchto odpadů je možné snižovat používáním vhodně upravených krmiv (Cho a Bureau, 2001). Kearns (1993) a Wilson (1994) se shodují, že úpravy extruzí a expandací zlepšují fyzikální parametry krmiv, jako je vyluhování živin nebo stabilita krmiva ve vodě.

2.5.1. Tepelné úpravy krmiv

Tepelné úpravy umožňují kromě produkce klasických krmných směsí také širokou výrobu speciálních krmiv pro ryby. Často se také používají v kombinaci s mechanickými úpravami. Tyto úpravy nahrazují svým jednodušším způsobem a lepší technickou úrovní dříve používané metody jako je pečení, vaření, pražení a paření (Čermák a Kadlec, 1999). Tepelné úpravy jsou postaveny na působení tepla (suchý proces) nebo tepla a vlhka (vlhký proces) na krmivo (Kopřiva et al., 1992). Působením vyšší teploty dochází u obilovin ke zmazovatění (želatinaci) škrobu, čímž se zvyšuje jeho stravitelnost ze 70 % až na 90 % (Przybyl a Mazurkiewicz, 2004). Obilný škrob začíná bobtnat již při teplotě 50-60 °C. Optimální teplota pro želatinaci obilného škrobu je pak 120 °C (Čermák a Kadlec, 1999). Tepelné ošetření krmiva zachovává stejné výživové hodnoty škrobu, ale zvyšuje jeho využitelnost rybami (Šárka et al., 2013). Zmazovatělý škrob je totiž částečně rozložený a snáze dostupný enzymům, navíc slouží jako přirozené pojivo při granulování krmiva (Čermák a Kadlec, 1999). Vlivem teplého působení zároveň dochází ke snížení negativních účinků antinutričních látek obsažených v krmivu, které jinak inhibují absorpci živin v trávicím ústrojí ryb (Másílko a Hartvich, 2010). Jovanovic et al. (2006) uvádějí, že tepelné úpravy krmiv mají pozitivní účinek na konverzi krmiva, čímž se snižuje zatěžování rybníků nevyužitými živinami.

2.5.2. Granulování

Granulování je proces, při kterém dochází k tepelné a mechanické úpravě krmiva. V průběhu výroby jsou granule vystaveny teplotě okolo 80 °C. Před granulováním je prováděno napařování nebo kondicionování a to v rozmezí 1-10 minut (Čermák a Kadlec, 1999). Granulování je nejčastěji používaná metoda úpravy centrálně vyráběných krmných směsí s širokým spektrem využití. Granule jsou formovány protlačováním směsi přes lisovací matrice. Pro kapří plůdek jsou vyráběny granule o průměru 2,5 mm, pro násadu 4 mm a pro tržní kapry 6 mm. Úprava krmiva granulováním výrazně snižuje ztráty vyluhováním a rozplaváním (Čítek et al., 1998).

Další výhoda granulí spočívá v tom, že všechny složky krmné směsi musí být rybami pozřeny bez možnosti eliminace některých méně atraktivních složek (Doležal et al., 2006). Je ovšem nezbytné, aby vznikající granule splňovaly požadované parametry stability a nedocházelo k jejich rozpadu v průběhu manipulace a následně ve vodě, kde musí vydržet minimálně hodinu a déle. Zvýšení stability granulí se dosahuje jemným mletím složek, bezchybným promíšením, lisováním za vlhka pomocí páry a aplikací vhodných pojiv. Pro ještě vyšší stabilitu se granule ošetřují obdukováním, což je proces, při kterém dojde k obalení granulí slabou vrstvou vhodné látky, která zamezuje rozpadu a výluhu krmiva. Granulováním jsou vyráběny např. krmné směsi KP 1 a KP 2 (Čítek et al., 1998).

Kopřiva et al. (1992) uvádějí účel a smysl granulování takto:

A. Změny krmné hmoty

- Zvýšení konverze krmiva
- Snížení odpadů
- Zlepšení chutnosti
- Eliminace inhibitorů růstu
- Eliminace toxických složek
- Konzervace a lepší zužitkování některých živin

B. Zlepšení parametrů z pohledu manipulace

- Zlepšení skladovatelnosti
- Omezení vyčleňování částí krmiva (segregace) a tím i nežádoucího selektivního příjmu některých složek
- Nižší prašnost
- Uniformita materiálu

2.5.3. Extruze

Jedná se o tepelnou úpravu, při které dochází ke krátkodobému působení vysokých teplot (méně než 1 minuta). Tato metoda je založena na principu vystavení krmiva vysokým teplotám ve výrobní části extrudéru (suchá extruze) nebo prekondicionéru, kde probíhá zvlhčování párou (2-4 %) do optimální vlhkosti 22-29 %. Za nepřetržitého

míchání dojde v rozmezí několika minut k ohřátí na 80-95 °C (vlhká extruze). Krmivo je vlivem pohybu šnekovnice extrudéru promícháváno a díky zvyšujícímu se tlaku a teplotě dochází k biochemické přeměně a plastifikace krmiva (zmazovatění škrobu). Na závěr je krmivo upraveno matricí (Čermák a Kadlec, 1999). Prakticky se jedná o protlačování celého nebo šrotovaného zrna skrze matrici s otvory. V případě nedostatku vlastních lipidových složek v zrnu je pro jeho průchod matricí zapotřebí vyvinutí velkého tlaku, což je energeticky náročné. Z tohoto důvodu je pracovní válec vybaven několika tryskami, jimiž je dovnitř vhnána ostrá pára. Pro zajištění kvality úpravy krmiva je nezbytné provádět pravidelné kontroly výrobního procesu a výsledného produktu (Kopřiva et al., 1992).

2.6. Vliv polointenzivního chovu kapra na kvalitu vody

Chov ryb v rybnících neustále vyvolává otázky týkající se ekologie, zaměřené především na ochranu kvality vody (Szumiec, 2002). Problémy akvakultury ohledně vlivu na kvalitu vody jsou v posledních letech často probíraným tématem (Máchová et al., 2010, Hlaváč et al., 2015). I přesto, že má rybníkářství ve střední Evropě hluboké kořeny je problematika jeho dopadu na životní prostředí nedostatečně prostudovaná (Kestemont, 1995). Ve spojitosti s ochranou kvality vody jsou na rybníční chov ryb vyvíjena stále větší kritéria, která jsou velice obtížně realizovatelná (Máchová et al., 2010). Stejně jako většina odvětví živočišné výroby má i chov ryb jisté dopady na životní prostředí (Všetičková et al., 2012). Proto jsou rybáři v současnosti nuceni zabývat se kromě obvyklých úskalí rybníčního hospodaření, také problémy ekologie (Máchová et al., 2010). Důvodem jsou stále přísnější nároky na kvalitu vody v rybnících a její kvalitu po odtoku z těchto nádrží (Faina et al., 1994). Nevyhovující situace v oblasti kvality povrchových vod je vznikající problémem nejen pro rybářské subjekty, ale i pro další uživatele těchto vod. Většina států EU již zavedla opatření, která umožňují chov ryb jen v případech, kdy nebude docházet k negativním dopadům na kvalitu vody (Kolasa-Jamińska, 2002). Rybníky jsou obecně vnímány jako systémy šetrné k životnímu prostředí (Manz et al., 1988; Baranova a Sakharov, 1988; Gergel a Kratochvíl, 1989). Ovšem některé studie (Duras a Potužák, 2012) považují hospodaření na rybnících za možný zdroj znečištění níže ležících povodí. V současnosti již existuje řada rybníků, jejichž management byl pozměněn a je v souladu s požadavky na ochranu přírody. V praxi to zpravidla znamená snížení rybních obsádek a omezení produkce. U

rybníků, které nemají nastaveny jisté hospodářské limity, může v důsledku nadměrné intenzifikace docházet k překročení hranice udržitelnosti stabilních podmínek, což vede k destabilizaci vodního ekosystému (Kopp et al., 2013).

2.6.1. Krmiva jako zdroj živinového zatížení rybníků

Rybniční chov kapra je pro zvýšení rybí produkce založen na příkrmování doplňkovými krmivy a přihnojování organickými hnojivy. Při neuvážené aplikaci mohou tyto intenzifikační vstupy způsobovat nadměrné zatížení vody živinami (fosfor, dusík), což způsobuje eutrofizaci rybníků (Kolasa-Jamińska, 1994; Szumiec, 2002; Hlaváč et al., 2014). Pillay (2004) uvádí, že eutrofizace vody vede ke zhoršení její kvality v důsledku masového rozvoje fytoplanktonu a tzv. kvetení vody, s čímž souvisí i výkyvy pH a koncentrace kyslíku. Primární živinou (prvkem) pro eutrofizaci je fosfor. Především krmiva obsahují vysoké množství fosforu, který se i po průchodu trávicím traktem ryb vrací z velké části zpět do vodního prostředí v podobě exkrementů (Kim et al., 1998; Jahan et al., 2003). Z tohoto důvodu je důležité zaměřit se na snížení obsahu fosforu v krmivech (Rodehutsord et al., 2000) a množství uvolňovaných živin do vodního prostředí (Pillay, 2004). A právě snížení úniku živin z doplňkových krmiv je v oblasti rybníční akvakultury předmětem řady studií (Jahan et al., 2000; Cho a Bureau, 2001). V posledních letech prodělaly krmné technologie a způsoby výživy ryb mnoho změn a pokusů s cílem snížení produkce pevných odpadů ve formě nestrávených zbytků z krmiva (Bergheim a Asgard, 1996). Živiny se vlivem příkrmování dostávají do vody z potravně nevyužitého krmiva, nestrávených zbytků a metabolických produktů ryb (Boyd, 1982). Tyto živiny pak ovlivňují rybníční ekosystém (Das et al., 2005). Akumulace živin (fosforu a dusíku) z krmiv v tělech ryb se po průchodu jejich trávicím traktem pohybuje v rozmezí 13-36 % (Acosta-Nassar et al., 1994). Bergheim et al. (1991) uvádějí rozmezí využití živin v rozsahu 25-30 %, což koresponduje také s tvrzením Adámka et al. (1997). Množství uvolněných živin do vodního prostředí je možné ovlivnit volbou krmiva, jeho stravitelností, složením a způsobem úpravy (Pillay, 2004). Samotná stravitelnost krmiv je rovněž ovlivněna složením a způsobem úpravy, ale také stylem a četností příkrmování, druhem ryb a s v neposlední řadě fyzikálně-chemickými parametry vody (Mráz, 2012). Stravitelnost a složení krmiv jsou zásadní faktory ovlivňující množství vyprodukovaného odpadu rybami. Při příkrmování ryb krmivy rostlinného původu jsou rybí exkrementy tvořeny především vlákninou a škrobem. Bílkoviny a tuky zaujímají v exkrementech díky své dobré stravitelnosti jen

malý podíl (Cho a Bureau, 2001). Zkrmování vysoce kvalitních krmiv je jednou z cest, jak dosáhnout nižší produkce pevného odpadu. Pečlivě vybírané krmné suroviny a vhodná úprava krmiv zajišťuje jejich lepší využití a snižuje zatížení rybníků živinami (Hlaváč et al., 2014). Eliminace krmiv obsahujících špatně stravitelné komponenty je důležitým krokem ke zlepšení kvality rybníční vody (Cho a Bureau, 2001).

2.6.2. Akumulace živin a jejich pohyb v povodí

Rybníční soustavy jsou i přes své hospodářské využití schopny velice efektivně zadržovat živiny (Knösche et al., 2000; Dulic et al., 2006) a lze je tedy považovat za stabilizační článek ekosystému (Manz et al., 1988; Baranova a Sakharov, 1988; Gergel a Kratochvíl, 1989). Velká část živin se v rybníčním prostředí akumuluje v sedimentu dna (Rahman et al., 2008). Samotné uvolňování živin z rybníčního sedimentu je velmi pozvolný proces (Ritvo et al., 2004). K rychlému uvolňování živin ovšem dochází v důsledku potravního chování bentofágních druhů ryb. Při vyhledávání a příjmu potravy způsobují tyto ryby zviření rybníčního sedimentu s následným uvolňováním živin, což může negativně ovlivnit kvalitu vody (Adámek a Maršálek, 2013). Množství rozvířeného sedimentu je závislé na četnosti příkrmování, hustotě rybí obsádky, struktuře dna (Rahman et al., 2008) a kusové hmotnosti ryb (Driver et al., 2005). Některé studie zaměřené na monitoring znečištění vody vlivem rybí obsádky potvrzují, že ryby jsou jedním z eutrofizačních faktorů. Způsob hospodaření založený na vysokých hustotách rybích obsádek, příkrmování a hnojení rybníků vytváří situaci, kdy v rybnících dominuje drobný zooplankton, který není schopen efektivně regulovat rozvoj biomasy fytoplanktonu (Soldan a Tušil, 2011). Řada odborníků (Lewkowicz a Kolasa-Jamińska, 1982; Guziur, 1991; Milstein, 1993; Kolasa-Jamińska, 1994; Karakassis et al., 1999; Szumiec, 2002; Pereira et al., 2004) se domnívá, že vyšší rybí obsádky a zkrmování nadměrných objemů krmiv má významný dopad na ekosystémy rybníků. Některé studie ale naznačují, že živinové vstupy v podobě krmiv jsou vzhledem k objemu vody zanedbatelné v porovnání s množstvím živin uvolňovaných z rybníčního sedimentu, kde je jejich koncentrace několikanásobně vyšší než v rybníční vodě (Avnimelech et al., 1999). Bíro (1995) tvrdí, že v porovnání s rybníční vodou může být koncentrace fosforu v rybníčních sedimentech 100-1000 krát vyšší. Je potřeba podotknout, že chov ryb není zdaleka jedinou příčinou nadměrného zatížení rybníků živinami. Důležité je vzít v potaz množství živin přicházejících do rybníků s přitékající vodou a to často bez přičinění rybářského hospodaření (Knösche et al., 2000). Hlavně

v minulosti byly povrchové vody dotovány živinami z intenzivní zemědělské výroby, která příliš nehleděla na vedlejší dopady. Jisté hrozby přetrvávají dodnes. Jsou to především smyvy ornice v povodí rybníků, díky extrémům počasí (přívalové deště), změně složení osevních postupů a nedodržování zásad správné zemědělské praxe. Některé rybníky byly, nebo stále jsou využívány jako deponie odpadních vod různého původu např. zemědělství, potravinářství, komunální odpadní vody (Máchová et al., 2010). Kvalita vody odtékající z rybníků je tedy závislá na řadě faktorů, především na způsobu hospodaření, hustotě obsádky, velikosti a druhu ryb, kvalitě a množství přitékající vody, objemu a ploše nádrže, místu odtoku vody (dno, hladina), době zdržení vody atd. (Adámek et al., 2010; Rozkošný et al., 2011). Mnohdy je voda při výstupu z těchto nádrží kvalitnější než při svém vstupu (Všetičková et al., 2012). Problém s kvalitou odtékající vody nastává až při výlovech rybníků v důsledky transportu sedimentu společně s odtékající vodou (Knösche et al., 2000; Dulic et al., 2006).

3. Materiál a metodika

Krmný pokus pro získání dat k této diplomové práci proběhl v roce 2013 na sádkách Rybářství Třeboň, a.s. v Třeboni (nové sádky, pod rybníkem Svět). Celý pokus trval 112 dní a to v období od 15. května do 3. září. Cílem výzkumu bylo ověření produkčního účinku krmiv a vlivu příkrmování obsádek kapra obilovinami, peletami a extrudovanými krmnými směsmi na kvalitu vody a bilanci živin. Pokusné podmínky v sádkách umožnily díky důslednému dodržování neprůtočnosti získat z chemických analýz data bez ovlivnění některými vnějšími vlivy, jako jsou nekontrolovatelné vstupy živin (výluhy a smyvy) přítokem. Písečné dno sádek pak do značné míry eliminovalo i vliv sedimentů dna. K pokusu bylo použito 10 betonových nádrží (sádek), jejichž kubatura byla zhruba totožná ($300 \pm 20 \text{ m}^3$). Sádky byly před zahájením experimentů přeměřeny, stanovila se jejich plocha v m^2 a určila se výška vodního sloupce na 1 m. Přítok vody do nádrží byl zajištěn z rybníka Svět (215 ha), který je situován nad objektem sádek. V průběhu pokusného období byl přítok zastaven a voda se doplňovala jen za účelem kompenzace odparu a průsaku. Každá sádka byla nasazena obsádkou přepočítanou podle skutečného objemu, resp. plochy dané sádky na hodnotu odpovídající $363 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ K}_3$ o průměrné kusové hmotnosti $920 \pm 83 \text{ g} \cdot \text{ks}^{-1}$, tj. $334 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Hustota obsádky byla stanovena s ohledem na stávající chovatelskou praxi v jihočeském regionu (Třeboňsko). Nasazení ryb bylo provedeno 15. května. Před nasazením byly u každé ryby zaznamenány tyto parametry: hmotnost [g], obvod těla před prvním hřbetním paprskem [mm], délka těla [mm] a obsah tuku [%] ve svalovině pomocí přístroje Distell Fishfatmeter typ FM 692 od skotské firmy Distell. Pro sledování individuálního růstu ryb byl každé rybě do hřbetní svaloviny aplikován mikročip DataMars Needle Kit. Pro všechny pokusy byla zvolena provozní linie třeboňského kapra šupinatého K_3 (označení TŠ). Rybí obsádky byly příkrmovány 3x týdně (Po, St, Pá), pokaždé v ranních hodinách (8 – 11 hod.) a na stejné místo v nádrži (betonový panel 1x1 metr). Krmné dávky činily 2 % z hmotnosti obsádek. Pro pokusy byla jako krmivo zvolena obilovina - triticales, extrudovaná doplňková krmná směs od firmy Aller Aqua s 24 % obsahem proteinu, peletová krmná směs glycidového typu s 12,5 % obsahem proteinu (KP) a peletová krmná směs glycidového typu s 12,5 % obsahem proteinu a s nižším obsahem fosforu (KP_{minus}). Tato použitá krmiva jsou určena pouze pro doplňkové příkrmování tržního kapra.

Nutriční hodnota předkládaných krmiv byla určena výrobcem a ověřena nezávislou akreditovanou laboratoří v rozsahu hrubý protein (NL), bezdusíkaté látky výtažkové (BNLV), celkový fosfor (TP), vápník (Ca) a tuk. Nutriční hodnoty předkládaných krmiv jsou uvedeny v tabulce č. 3. Produkční účinnost těchto krmiv byla porovnávána s hodnotami z kontrolních sádek bez příkrmování, kde byl přírůstek ryb založen pouze na přirozené potravě. Pokus probíhal ve dvojím opakování. Celkové krmné dávky jednotlivých krmiv byly stanoveny na přibližně jednotnou hladinu stravitelné energie (SE) podle Steffense (1989):

1g proteinu16,8 kJ stravitelné energie pro kapra
 1g tuku33,5 kJ stravitelné energie pro kapra
 1g sacharidů14,7 kJ stravitelné energie pro kapra

dle vzorce

$$SE \text{ (stravitelná energie MJ/kg)} = 0,0168 *NL + 0,0335 *Tuk + 0,0147 *BNLV$$

Tab. č. 3: Nutriční složení testovaných krmiv.

Krmivo	Sušina [g.kg⁻¹]	NL* [g.kg⁻¹]	Tuk* [g.kg⁻¹]	BNLV* [g.kg⁻¹]	Ca* [g.kg⁻¹]	TP* [g.kg⁻¹]
Obilí (triticale)	874	102	12,7	721,8	0,4	3,39
Pelety (KP)	884	124,3	29,4	682,9	1,8	5,12
Pelety (KP_{minus})	896	130,7	34,9	665,5	1,4	4,35
Aller Aqua	914	239	72,8	496,7	3,9	7,27

*množství v surové hmotě

Experiment byl ukončen 3. září. Ryby byly sloveny a z odtékající vody byl odebírán slévaný vzorek k rozborům na živiny. U ryb pak proběhlo stanovení obdobných parametrů jako na počátku pokusu.

3.1. Odběr vzorků vody

V průběhu experimentu byly ve dvoutýdenních intervalech měřeny vybrané parametry vody. Měření probíhala vždy mezi 7 a 10 hodinou ránní. Sledovány byly tyto fyzikálně-chemické parametry vody: teplota, pH, kyslík, vodivost. Stanovení fyzikálně-chemických parametrů bylo prováděno přístrojem YSI Professional Plus (Yellow Spring, USA). Stanovení alkality bylo prováděno titrační metodou dle Stirlinga (1985) a průhlednost vody pak Secchiho deskou. Turbidita byla měřena přístrojem WTW Turb

430T/SET. Vzorok vody pro stanovení a kontrolu její kvality byly odebírány v měsíčních intervalech a to za pomoci upravené sondy (Opting Servis, Ostrava) z vertikálního profilu do hloubky 80 cm a to vždy ze čtyř odběrných míst v každé sádce. Vzorok byly až do doby jejich analýzy uchovávány ve dvou litrových lahvích při teplotě 4 °C. Analýzy byly prováděny dle certifikovaných metod a v certifikované laboratoři ENKI Třeboň o.p.s. Stanoveny byly tyto ukazatele: P – PO₄³⁻, TP, N – NH₄⁺, N – NO₃, TN, BSK₅, CHSK_{Cr} a chlorofyl *a*.

3.2. Stanovení fosforu a dusíku

Hodnoty N – NH₄⁺, N – NO₃, P – PO₄³⁻ byly stanoveny průtokovou spektrofotometrií za pomoci přístroje FIAstar 5000. U analýzy TN a TP byl nejdříve použit persulfát (K₂S₂O₈) pro mineralizace při teplotě 105 °C. Stanovení TN a TP bylo poté provedeno ve dvou složkách. První vzorek byl podroben analýze pro stanovení rozpuštěného P a N a to přefiltrováním skrze skleněné filtry GF/C. Pro druhý vzorek byl zvolen filtr s filtrační účinností 100 µm (TN – 100, TP – 100).

3.3. Stanovení nerozpuštěných látek

Stanovení nerozpuštěných látek nevyžadovalo použití složitých analýz. Šlo o nerozpuštěné látky vzorku přefiltrovaného přes GF/C filtr, který byl následně vysušen (105 °C) na konstantní hmotnost.

3.4. Stanovení chlorofylu *a*

Chlorofyl *a* byl stanoven za pomoci spektrofotometru. Vzorek bylo nutné přefiltrovat přes membránový filtr. Získaný vzorek byl poté vyluhován v organickém rozpouštědle. Vlastní stanovení bylo provedeno spektrometrem HELIOS alpha.

3.5. Stanovení BSK₅ a CHSK_{Cr}

U stanovování BSK₅ se zjišťuje spotřeba rozpuštěného kyslíku v průběhu biochemické oxidace organických látek v daném vzorku. Stanovení se provádělo zředovací metodou s pomocí BSK setů. Testovaný vzorek byl inkubován mimo světlo při teplotě 20 °C po dobu 5 dnů.

Určení CHSK_{Cr} je založeno na principu stanovení koncentrace organických látek pomocí spotřeby oxidačního činidla (dichroman draselný) potřebného k jejich oxidaci.

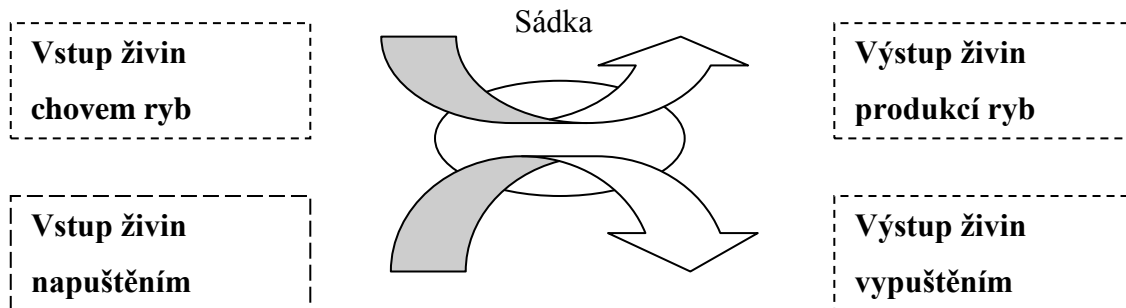
Při stanovování byly využívány zkumavky a přístroje SpectroquantPicco a WTW MultiLab P5.

3.6. Odběr vzorků zooplanktonu

Odběr vzorků zooplanktonu byl prováděn ve dvoutýdenních intervalech. Vzorky byly získávány standardně planktonní sítíkou o průměru 22 cm a velikosti ok 80 μm taženou jedenkrát v úseku 5 m. Nalovené vzorky byly uchovány ve 100 ml PE lahvičce a konzervovány formaldehydem na výslednou koncentraci cca 4 %. Vyhodnocení vzorků zooplanktonu se provádělo v laboratoři za pomoci Sedwick-Rafterovi komůrky a mikroskopu Olympus CX21 (Japonsko). Abundance zooplanktonu byla přepočítána na 1 litr vodního prostředí. Odběry zoobentosu nebyly prováděny z důvodu tvrdého písčitého dna experimentálních sádek, které zapříčinilo minimální výskyt a rozvoj bentických organismů.

3.7. Výpočet bilance fosforu

Pro výpočet bilance fosforu bylo nejprve nutné znát jeho vstup prostřednictvím předkládaných krmiv vedle nezapočítaného vstupu přirozené potravy, který byl dle výsledků získaných analýzou zooplanktonu totožný ve všech variantách. Rozbory předkládaných krmiv se zacílením na celkový fosfor byly provedeny podle České technické normy – Metody zkoušení krmiv (ČSN 46 7092, 1998). Při výpočtech se vychází z hodnot stanovených analýzou krmiv a z daného množství spotřebovaných krmiv v každé z pokusných sádek. Pro výpočet bylo také zapotřebí zjistit obsah fosforu v biomase ryb, umožňující kvantifikaci výstupu nutrietů produkcí ryb. U každé z pokusných sádek byly nahodile vybrány ryby s prázdným trávicím traktem před nasazením a ryby po ukončení pokusu. Vybrané ryby byly usmrceny (nevykrvovány), zamrazeny a převezeny k rozborům v certifikované laboratoři. V laboratoři byly celé ryby homogenizovány použitím potravinářské řezačky (Seydelmann K40, Německo). Pro dosažení maximální homogenizace prošel každý ze vzorků třikrát řezačkou. Poté byly vzorky podrobeny analýzám zaměřeným na celkový fosfor na bázi oxidace organických látek podle ČSN 46 7092 (1998). Pro výpočet TP byly sečteny kumulativně živinové vstupy bezprostředně po napuštění a živinové výstupy při vypouštění s přepočtem na objem nádrže. Hodnocení živinové bilance je zobrazeno na Obr. č. 1.



Obr. č. 1. Schéma pro hodnocení látkové bilance živin (převzato dle Duras a Potužák, 2012)

3.8. Ukazatele růstu a konverze krmiva

Na počátku a na konci experimentu byla zaznamenána hmotnost ryb. Ze získaných dat byl vypočten celkový přírůstek, kusový přírůstek a hektarový přírůstek. Intenzita růstu byla hodnocena těmito ukazateli: FCR, FCE a SGR.

FCR – konverze krmiva (Food Conversion Ratio), znázorňuje spotřebu krmiva na jednotku [1kg] přírůstku ryb.

$$FCR = \frac{F}{(w_t - w_0)}$$

F.....spotřeba krmiva za sledované období [kg]

w_thmotnost obsádky po ukončení pokusu [kg]

w_0hmotnost obsádky při zahájení pokusu [kg]

FCE – účinnost využití konverze krmiva (Food Conversion Eficiency), znázorňuje přírůstek ryb z jednotky [1kg] krmiva.

$$FCE = \frac{P}{F}$$

P.....celkový přírůstek [kg]

F.....spotřeba krmiva za sledované období [kg]

SGR – specifická rychlost růstu (Specific Growth Rate), znázorňuje denní přírůstek hmotnosti vztažený k průměrné hmotnosti za sledované období.

$$SGR = \left[(\ln w_t - \ln w_0) \cdot t^{-1} \right] \cdot 100 \quad [\% \cdot d^{-1}]$$

ln.....přirozený logaritmus

w_thmotnost po ukončení pokusu [kg]

w_0hmotnost při zahájení pokusu [kg]

t.....doba trvání pokusu [dny]

3.9. Ekonomické vyhodnocení

Vyhodnocení nákladů, příjmů a výsledného zisku bylo provedeno pomocí jednoduché ekonomické analýzy. Nákladové položky představovala pořizovací cena krmiv a násady kapra, jejichž hodnota byla stanovena na základě místních cen maloobchodního trhu v roce 2013. Cena obilí byla stanovena na 6 Kč.kg⁻¹, u krmných směsí KP a KP_{minus} byla cena 7 Kč.kg⁻¹ a u krmné směsi Aller Aqua 15,50 Kč.kg⁻¹. Pořizovací cena násady kapra činila 59 Kč.kg⁻¹ a prodejní cena vyprodukovaných ryb 54 Kč.kg⁻¹. Získaná data byla poté přepočtena na 1 ha produkční plochy.

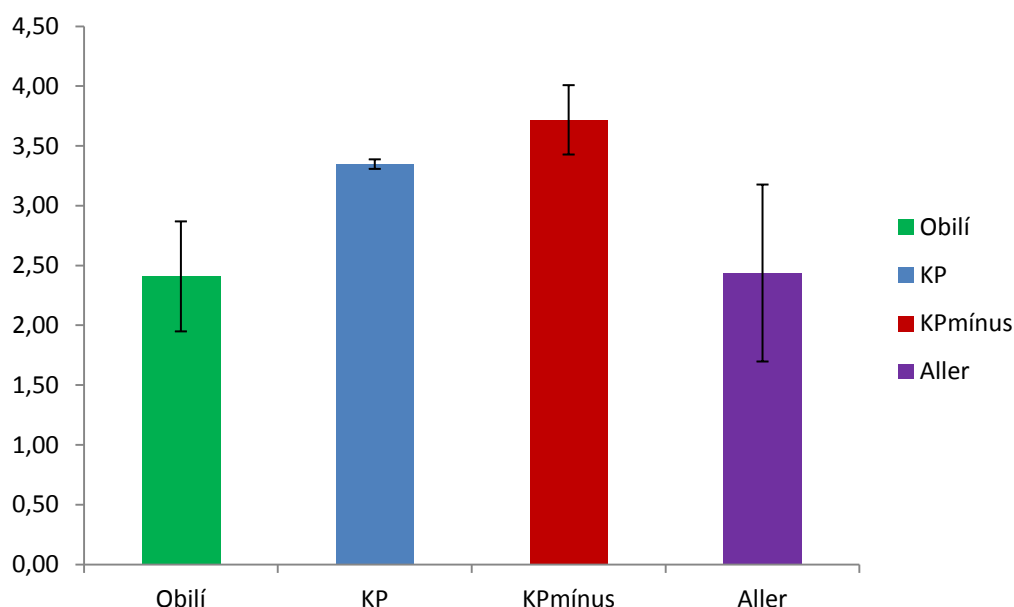
3.10. Statistické vyhodnocení výsledků

Dosažené výsledky byly statisticky vyhodnoceny s použitím jednocestné analýzy variance (ANOVA) a následně aplikací Tukeyova HSD testu. V případě porušení předpokladů nutných pro korektní provedení analýzy rozptylu byl použit neparametrický Kruskal-Wallisův test, popřípadě neparametrický Mann–Whitney U-test. Zjištěné rozdíly byly determinovány na 95% hladině významnosti. Veškeré statistické testy byly provedeny pomocí softwarového balíčku Statistica CZ 12.0 (StatSoft, Česká republika).

4. Výsledky

4.1. Produkční ukazatele

Nejlepších výsledků konverze krmiva (dále jen FCR), tedy nejnižšího koeficientu bylo dosaženo u ryb příkrmovaných obilovinami $2,41 \pm 0,46$, jen mírně vyšší byl koeficient u kaprů příkrmovaných krmivem Aller Aqua $2,44 \pm 0,74$. O poznání horší hodnoty FCR byly zaznamenány u kaprů příkrmovaných krmnou směsí KP $3,35 \pm 0,04$ a nejhorších výsledků bylo dosaženo u krmné směsi KP_{minus} $3,72 \pm 0,30$. Při porovnání výsledných hodnot FCR nebyl zjištěn žádný statistický rozdíl (viz. graf č. 1).

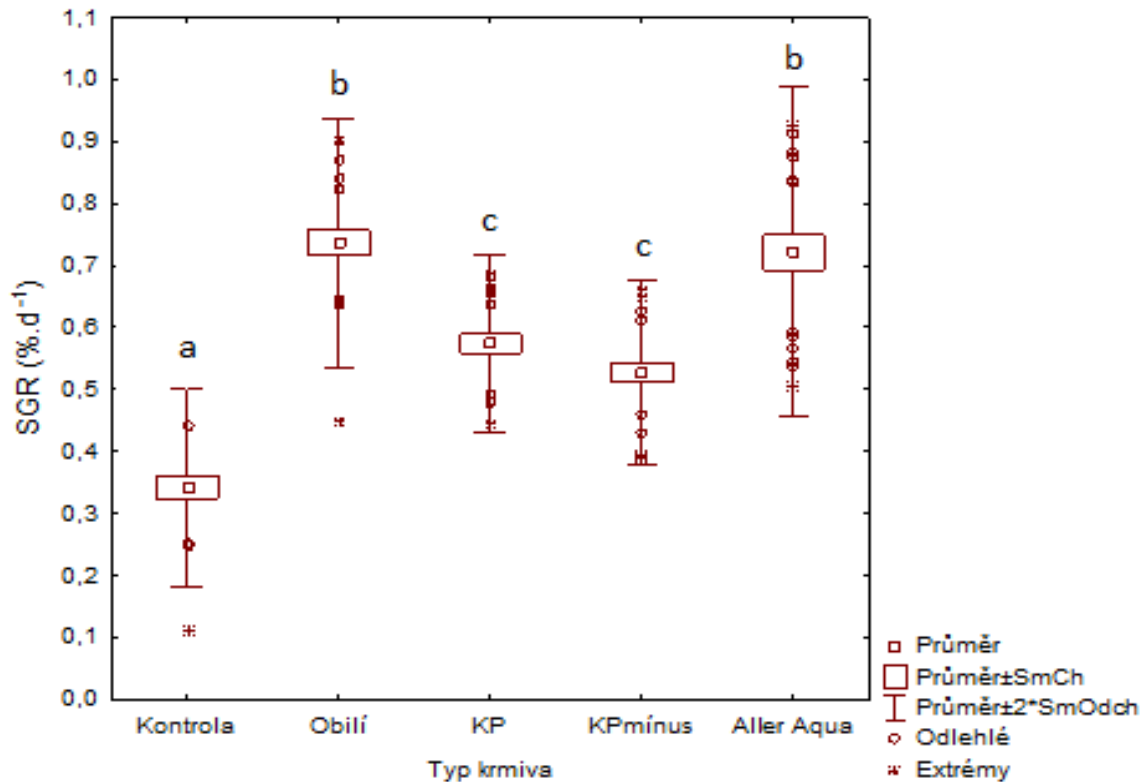


Graf č. 1. Konverze krmiva na konci pokusu (průměr ± směrodatná odchylka, n=2).

Co se týče účinnosti konverze krmiva (dále jen FCE) byl nejlépe vyhodnocena varianta s příkrmováním kaprů krmnou směsí Aller Aqua $0,43 \pm 0,12$ a následně varianta s příkrmováním obilí $0,42 \pm 0,08$. Nižší hodnoty FCE byly zjištěny u krmné směsi KP $0,30 \pm 0$ a nejnižší pak u krmné směsi KP_{minus} $0,27 \pm 0,02$. Mezi výsledky nebyl zjištěn žádný statistický rozdíl.

Specifická rychlost růstu (dále jen SGR) byla vyhodnocována u všech krmných variant, včetně kontroly. Nejvyšších hodnot SGR bylo dosaženo u ryb příkrmovaných obilovinami $0,54 \% \cdot d^{-1} \pm 0,07$ a poté u krmné směsi Aller Aqua $0,53 \% \cdot d^{-1} \pm 0,11$. U ryb příkrmovaných krmnou směsí KP bylo SGR $0,42 \% \cdot d^{-1} \pm 0,01$ a u kaprů

přikrmovaných krmnou směsí $PK_{\text{mínus}}$ $0,39 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1} \pm 0,02$. Nejnižší hodnota SGR byla podle očekávání u kaprů v kontrolních sádkách bez přikrmování $0,25 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1} \pm 0,05$. Hodnoty SGR u obsádky bez přikrmování vykazují signifikantní odlišnosti ($P < 0,05$) od všech přikrmovaných skupin. Mezi přikrmovanými obsádkami se pak signifikantně liší obiloviny a krmná směs Aller Aqua od krmných směsí KP a $KP_{\text{mínus}}$ (viz. graf č. 2).



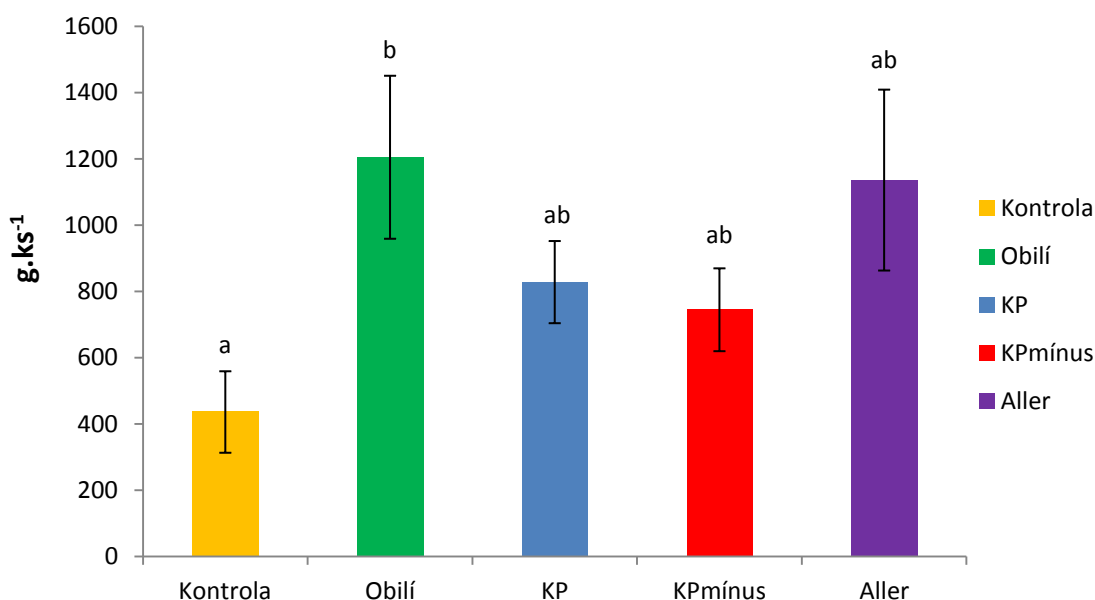
Graf č. 2. Specifická rychlost růstu ryb (průměr ± směrodatná odchylka, $n=22$). Písmena a, b, c značí signifikantní rozdíl; $P < 0,05$.

Nejvyšší průměrné kusové hmotnosti $2136 \pm 291 \text{ g} \cdot \text{ks}^{-1}$ dosáhli kapři přikrmovaní obilovinami a poté ryby přikrmované krmnou směsí Aller Aqua $2045 \pm 281 \text{ g} \cdot \text{ks}^{-1}$. U krmné směsi KP byla průměrná kusová hmotnost $1746 \pm 148 \text{ g} \cdot \text{ks}^{-1}$ a u krmné směsi $KP_{\text{mínus}}$ $1669 \pm 157 \text{ g} \cdot \text{ks}^{-1}$. Nejnižší hodnoty průměrné kusové hmotnosti byly u ryb v kontrolních sádkách bez přikrmování $1356 \pm 172 \text{ g} \cdot \text{ks}^{-1}$. Po statistickém vyhodnocení byly zjištěny signifikantní rozdíly ($P < 0,05$) mezi kontrolní obsádkou a obsádkou přikrmovanou obilovinami.

Celkový přírůstek byl nejvyšší u kaprů přikrmovaných obilovinami $13,26 \pm 2,53 \text{ kg}$ a poté u kaprů přikrmovaných krmnou směsí Aller Aqua $12,50 \pm 3,77 \text{ kg}$. Nižší celkové přírůstky byly u ryb přikrmovaných krmnou směsí KP $9,11 \pm 0,11 \text{ kg}$ a krmnou směsí

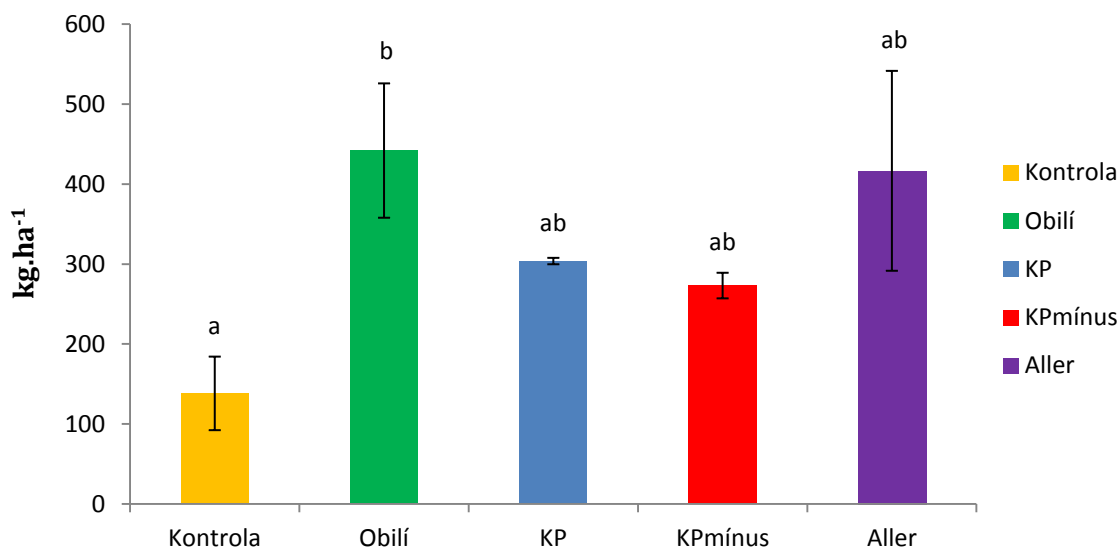
KP_{minus} 8,19 ± 0,49 kg. Nejnižší celkový přírůstek byl zaznamenán u kontrolní obsádky bez příkrmování 4,15 ± 1,41 kg. Po statistickém vyhodnocení byl zjištěn signifikantní rozdíl (P<0,05) mezi kontrolní obsádkou a obsádkou příkrmovanou obilovinami.

Nejvyšší kusový přírůstek byl u ryb příkrmovaných obilovinami 1205 ± 247 g.ks⁻¹. Druhého nejlepšího výsledku bylo dosaženo u kaprů příkrmovaných krmnou směsí Aller Aqua, kde byl kusový přírůstek 1136 ± 273 g.ks⁻¹. Výrazně nižších kusových přírůstku v porovnání s předchozími krmivy dosáhli kapři příkrmovaní krmnou směsí KP a KP_{minus}. U krmné směsi KP to bylo 828 ± 124 g.ks⁻¹ a u KP_{minus} 744 ± 125 g.ks⁻¹. Nejnižší kusový přírůstek 436 ± 123 g.ks⁻¹ u kaprů na přirozené potravě je signifikantně odlišný (P<0,05) pouze od ryb příkrmovaných obilovinami (viz. graf č. 3).



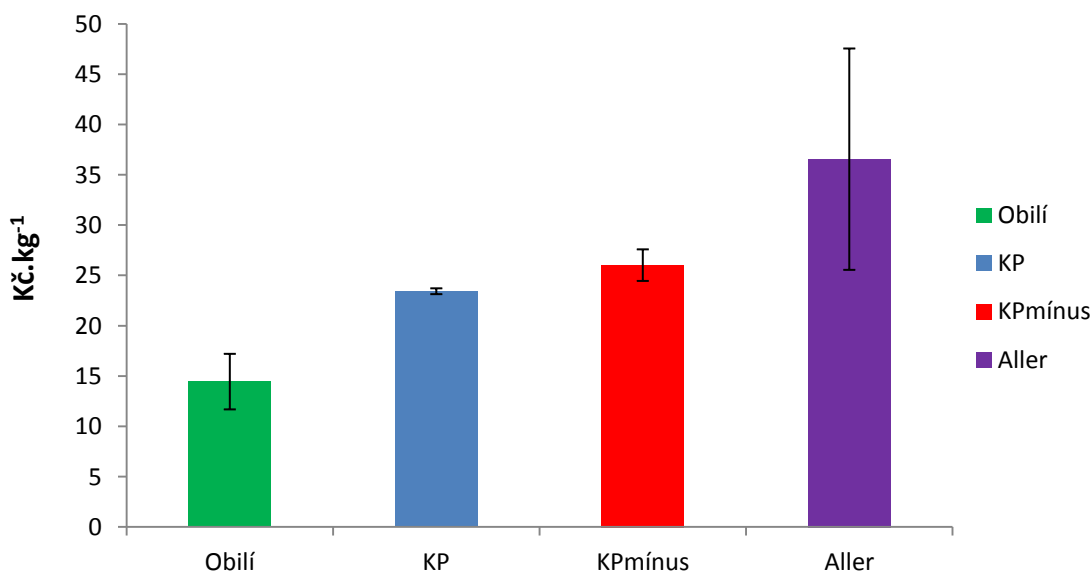
Graf č. 3. Kusový přírůstek na konci pokusu (průměr ± směrodatná odchylka, n=2). Písmena a, b značí signifikantní rozdíl; P<0,05.

Hektarový přírůstek byl nejvyšší u ryb s příkrmováním obilovin 442 ± 84 kg.ha⁻¹. Poté následovala krmná směs Aller Aqua s hektarovým přírůstkem 417 ± 126 kg.ha⁻¹. U kaprů příkrmovaných krmnou směsí KP bylo dosaženo hodnoty 304 ± 4 kg.ha⁻¹ a u krmné směsi KP_{minus} byl hektarový přírůstek 273 ± 16 kg.ha⁻¹. U ryb v kontrolních sádkách byl výsledek 138 ± 46 kg.ha⁻¹, tento výsledek je statisticky rozdílný (P<0,05) od hodnot zjištěných u ryb příkrmovaných obilovinami (viz. graf č. 4).



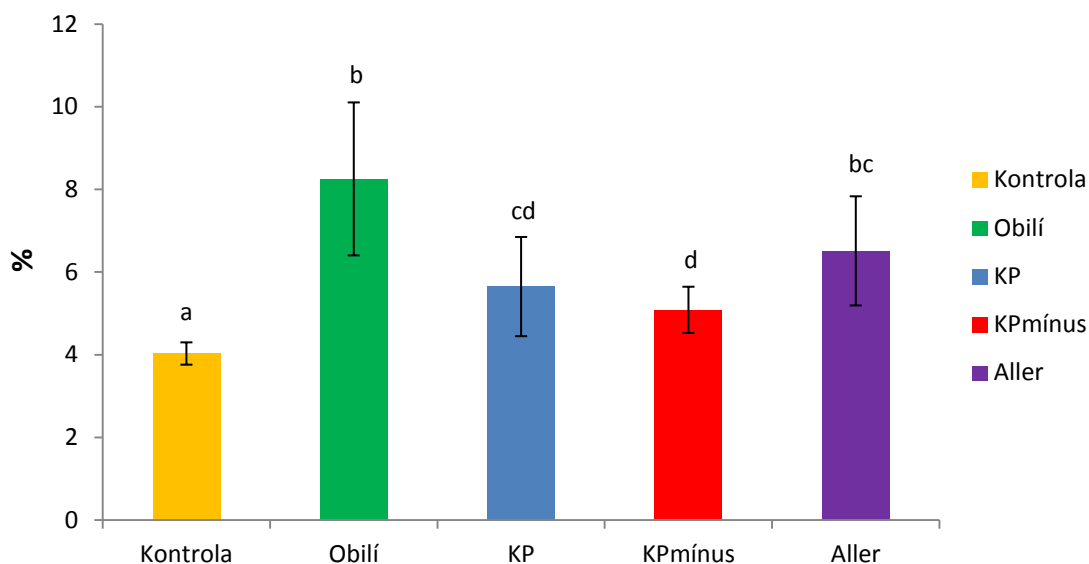
Graf č. 4. Hektarový přírůstek na konci pokusu (průměr ± směrodatná odchylka, n=2). Písmena a, b, značí signifikantní rozdíl; $P < 0,05$.

Co se týče nákladů na 1 kilogram přírůstku, bylo nejnižších a tedy nejlepších hodnot dosaženo u pokusu s obilovinami, kde náklady činily $14,50 \pm 2,80$ Kč.kg⁻¹. U krmné směsi KP byly náklady na 1 kilogram přírůstku $23,40 \pm 0,30$ Kč.kg⁻¹ a u krmné směsi KP_{minus} pak $26,00 \pm 1,60$ Kč.kg⁻¹. Nejvyšších nákladů na 1 kilogram přírůstku bylo dosaženo u krmné směsi Aller Aqua s položkou $37,80 \pm 11$ Kč.kg⁻¹. Data jsou bez statistického rozdílu (viz. graf č. 5).



Graf č. 5. Náklady na 1 kilogram přírůstku (průměr ± směrodatná odchylka, n=2).

Na začátku pokusu byl průměrný obsah tuku ve svalovině u všech sledovaných skupin kaprů $4,28 \pm 0,22$ %. Na konci pokusu byl zjištěn nejvyšší obsah tuku ve svalovině u ryb přikrmovaných obilovinami $8,25 \pm 1,85$ %. Poté následovali kapři přikrmovaní krmnou směsí Aller Aqua $6,51 \pm 1,32$ %. U ryb přikrmovaných krmnou směsí KP byl stanoven obsah tuku ve svalovině $5,64 \pm 1,20$ % a u krmné směsi KP_{minus} pak $5,08 \pm 0,57$ %. Nejnižší obsah tuku ve svalovině $4,03 \pm 0,28$ byl podle očekávání u ryb bez přikrmování. Zjištěné hodnoty obsahu tuku ve svalovině u kaprů bez přikrmování se statisticky liší od všech přikrmovaných skupin ($P < 0,05$). Výsledky u ryb přikrmovaných obilovinami se pak statisticky liší od krmných směsí KP a KP_{minus}. Hodnoty u krmné směsi Aller Aqua jsou statisticky rozdílné od krmné směsi KP_{minus} (viz. graf č. 6).



Graf č. 6. Obsah tuku ve svalovině na konci pokusu (průměr \pm směrodatná odchylka, $n=22$). Písmena a, b, c, d značí signifikantní rozdíl; $P < 0,05$.

4.2. Ekonomické vyhodnocení

Z ekonomického pohledu bylo jako nejlepší krmivo vyhodnoceno obilí s výsledným ziskem 14985 ± 4158 Kč. ha⁻¹. Poté následovala krmná směs KP s výsledným ziskem 7641 ± 189 Kč. ha⁻¹ a kontrola bez přikrmování 6831 ± 2565 Kč. ha⁻¹. U krmných směsí KP_{minus} 5832 ± 1215 Kč. ha⁻¹ a Aller Aqua 5724 ± 5481 Kč. ha⁻¹ byly výsledné zisky dokonce nižší než u kontrolních obsádek. Při statistickém vyhodnocení byl zjištěn signifikantní rozdíl ($P < 0,05$) pouze mezi obilovinami a krmnou směsí KP_{minus}. Přehledné vyhodnocení je uvedeno v tabulce č. 4.

Tab. č. 4. Ekonomické vyhodnocení (Kč. ha⁻¹) použitých krmiv (průměr ± směrodatná odchylka, n=2). Písmena a, b značí signifikantní rozdíl; P<0,05.

Krmivo	Kontrola	Obilí	KP	KP _{minus}	Aller Aqua
Náklady ryby krmiva	19251 ± 540	19251 ± 270	19548 ± 378	19548 ± 378	19143 ± 405
Celkem	-	5913 ± 81	7074 ± 81	6939 ± 216	14553 ± 54
Příjmy z prodeje ryb	19251 ± 540	25164 ± 351	26622 ± 459	26487 ± 594	33696 ± 432
Výsledný zisk	26082 ± 3132	40149 ± 3807	34263 ± 648	32319 ± 1836	39420 ± 5049
	6831 ± 2565	14985 ± 4158^a	7641 ± 189	5832 ± 1215^b	5724 ± 5481

4.3. Zooplankton

V průběhu pokusu nebyly v hustotě a složení zooplanktonu v experimentálních sádkách pozorovány významné statistické rozdíly (P>0,05). Perloočky a buchanky byly hojně zastoupeny ve všech nádržích. V kontrole byl oproti ostatním sádkám, patrný vyžírací tlak obsádky, nikoliv však statisticky významný, čímž nedošlo k ovlivnění krmného pokusu. Průměrná hustota zooplanktonu (ind.l⁻¹) je uvedena v tabulce č. 5.

Tab. č. 5. Průměrná hustota zooplanktonu (průměr ± směrodatná odchylka, n=18) v pokusných sádkách (ind.l⁻¹).

Zooplanton	Kontrola	Obilí	KP	KP _{minus}	Aller Aqua
Rotifera	202 ± 159	223 ± 202	167 ± 184	186 ± 148	150 ± 189
Copepoda	159 ± 87	276 ± 205	263 ± 192	237 ± 172	253 ± 139
Cladocera	122 ± 97	275 ± 424	262 ± 342	141 ± 173	239 ± 377

4.4. Kvalita vody v pokusných sádkách

Provedené analýzy vody z nádrží s příkrmovanými a nepříkrmovanými rybami neprokázaly téměř žádné statistické odlišnosti. Jedinou výjimkou bylo hodnota vodivosti vody, kde voda z kontrolních sádek bez příkrmování vykazovala v porovnání s vodou ze sádek s příkrmování krmnou směsí KP_{minus} signifikantně nižší hodnoty (P<0,05). Výsledky rozborů vody a jejich statistické porovnání jsou znázorněny v tabulce č. 6.

Tab. č. 6: Ukazatele kvality vody (průměr ± směrodatná odchylka, n=18) v průběhu experimentu. Písmena a, b značí signifikantní rozdíl; P<0,05.

Parametr	průměr ± směrodatná odchylka				
	Kontrola	Obilí	KP	KP _{minus}	Aller Aqua
T [°C]	18,7 ± 3,6	19,0 ± 3,8	19,1 ± 3,9	19,4 ± 3,9	19,1 ± 3,9
O ₂ [mg.l ⁻¹]	7,56 ± 1,90	7,04 ± 1,57	7,02 ± 1,84	7,21 ± 1,34	7,39 ± 1,31
O ₂ nasyc. [%]	80,77 ± 21,72	76,12 ± 16,65	76,13 ± 21,62	80,26 ± 12,94	79,57 ± 13,76
pH	8,13 ± 0,52	8,01 ± 0,38	8,10 ± 0,49	8,14 ± 0,34	8,10 ± 0,46
Vodiv.[μS.cm ⁻¹]	158,33 ± 8,12 ^a	162,38 ± 12,75	169,71 ± 15,0	175,03 ± 18,15 ^b	170,2 ± 14,37
Turb.[NTU]	15,39 ± 8,09	16,38 ± 12,75	14,16 ± 10,41	12,82 ± 9,57	11,02 ± 9,31
Alkal.[mmol.l ⁻¹]	1,11 ± 0,17	1,11 ± 0,17	1,23 ± 0,27	1,24 ± 0,22	1,20 ± 0,25
NH ₄ -N [mg.l ⁻¹]	0,03 ± 0,05	0,04 ± 0,06	0,03 ± 0,06	0,01 ± 0,03	0,01 ± 0,02
NO ₃ -N [mg.l ⁻¹]	0,03 ± 0,02	0,02 ± 0,04	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,02	0,01 ± 0,02
TN [mg.l ⁻¹]	2,30 ± 0,99	2,45 ± 1,60	2,27 ± 1,12	1,77 ± 0,72	1,83 ± 0,81
PO ₄ -P [mg.l ⁻¹]	0,02 ± 0,02	0,03 ± 0,06	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01
TP [mg.l ⁻¹]	0,21 ± 0,08	0,21 ± 0,11	0,20 ± 0,10	0,19 ± 0,09	0,17 ± 0,08
BSK ₅ [mg.l ⁻¹]	8,06 ± 2,28	7,50 ± 2,58	7,91 ± 3,02	6,31 ± 2,25	6,72 ± 2,51
CHSK _{Cr} [mg.l ⁻¹]	80,68 ± 19,98	79,22 ± 29,55	79,82 ± 26,05	73,51 ± 24,40	69,68 ± 18,58
NL [mg.l ⁻¹]	29,77 ± 12,86	30,63 ± 19,34	27,82 ± 17,16	25,60 ± 16,57	22,85 ± 15,40
Chla [μg.l ⁻¹]	123 ± 83	102 ± 65	123 ± 87	110 ± 88	109 ± 103

Vysvětlivky: T: teplota vody; O₂: množství rozpuštěného kyslíku; O₂ nasyc.: % nasycení vody kyslíkem; Vodiv.: vodivost; Turb.: turbidita; Alkal.: Alkalita; NH₄-N: amoniakální dusík; NO₃-N: dusičnany; TN: celkový dusík; PO₄-P: fosforečnany; TP: celkový fosfor; BSK₅: biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní; CHSK_{Cr}: chemická spotřeba kyslíku stanovená dichromanem draselným; NL: nerozpuštěné látky; Chla: chlorofyl-a.

4.5. Bilance fosforu

Na začátku experimentu bylo v tělech pokusných ryb stanoveno totožné množství fosforu $4,88 \pm 0,75 \text{ g.kg}^{-1}$. Na konci pokusu byly ryby podrobeny stejné analýze. Nejvyšší obsahy fosforu byly zjištěny u ryb příkrmovaných krmnou směsí Aller Aqua $7,01 \pm 0,48 \text{ g.kg}^{-1}$ a krmnou směsí KP $6,32 \pm 0,84 \text{ g.kg}^{-1}$. V tělech ryb příkrmovaných krmnou směsí KP_{minus} byla naměřena hodnota $6,29 \pm 0,71 \text{ g.kg}^{-1}$. Z příkrmovaných obsádek byl nejnižší obsah fosforu u ryb příkrmovaných obilovinami $5,66 \pm 0,45 \text{ g.kg}^{-1}$. Celkově nejnižší obsah fosforu byl u kaprů v kontrolních sádkách $5,41 \pm 0,69 \text{ g.kg}^{-1}$. U obsádek příkrmovaných krmných směsí Aller Aqua a KP_{minus} byly oproti hodnotám při nasazení zjištěny signifikantní rozdíly (P<0,05). Výsledky analýz jsou uvedeny v tabulce č. 7.

Tab. č. 7: Množství fosforu v tělech ryb na začátku a na konci pokusu (průměr ± směrodatná odchylka). Písmena a, b značí signifikantní rozdíl; $P < 0,05$.

Krmivo	Nasazené ryby (n=5) TP (g.kg⁻¹ v surové hmotě)	Vylovené ryby (n=4) TP (g.kg⁻¹ v surové hmotě)
Kontrola	4,88 ± 0,75	5,41 ± 0,69
Obilí	4,88 ± 0,75	5,66 ± 0,45
KP	4,88 ± 0,75	6,32 ± 0,84
KP_{minus}	4,88 ± 0,75 ^a	6,29 ± 0,71 ^b
Aller Aqua	4,88 ± 0,75 ^a	7,01 ± 0,48 ^b

4.5.1. Retence vstupů fosforu v biomase ryb

K retenci fosforu v biomase ryb přesahující jeho celkové vstupy došlo pouze u ryb v kontrolních sádkách bez příkrmování a to 178 ± 17 %. U příkrmovaných obsádek bylo nejvyšší procento retence fosforu zjištěno u kaprů příkrmovaných obilovinami, kde biomasa ryb zadržela 88 ± 17 % z celkových vstupů. Nižší hodnoty byly zaznamenány u krmné směsi KP_{minus} 65 ± 3 %. Velice vyrovnaná retence fosforu byla stanovena u ryb příkrmovaných krmnou směsí Aller Aqua 61 ± 8 % a krmnou směsí KP 60 ± 2 %. Hodnoty dosažené u kontrolních sádek se statisticky liší od všech příkrmovaných skupin. Oproti výsledkům u obilovin jsou signifikantně rozdílné ($P < 0,05$) výsledky zaznamenné u krmné směsi KP a Aller Aqua. Retence vstupů fosforu je uvedena v tabulce č. 8.

4.5.2. Bilance fosforu ve vodě

Co se týče množství fosforu při vstupu a výstupu vody do a ze sádek bylo ve všech případech naměřeno více fosforu v odtékající vodě. Největší rozdíl mezi obsahem fosforu v přítokové a odtokové vodě, tedy nejvyšší uvolňování fosforu do povodí bylo zjištěno u sádek s příkrmováním krmné směsi KP_{minus} $52,84 \pm 19,98$ g. Poté následovala krmná směs KP $43,12 \pm 9,92$ g. U obilovin činila tato hodnota $32,66 \pm 9,42$ g a u krmné směsi Aller Aqua pak $31,58 \pm 19,10$ g. Nejnižší hodnota uvolňování fosforu byla naměřena u kontrolních sádek bez příkrmování $18,53 \pm 2,24$ g. Po statistickém vyhodnocení byly zjištěny signifikantní rozdíly ($P < 0,05$) pouze mezi kontrolou a krmnou směsí KP_{minus}. Přehledná bilance fosforu je uvedena v tabulce č. 8.

Tab. č. 8. Bilance fosforu (g) v pokusných sádkách (průměr ± směrodatná odchylka, n=2).
Písmena a, b, c značí signifikantní rozdíl; P<0,05.

Druh krmiva	Kontrola	Obilí	KP	KP_{minus}	Aller Aqua
Vstup TP					
Nasazené ryby	39,33 ± 4,71	46,1 ± 0,1	45,44 ± 1,22	45,75 ± 0,11	45,02 ± 1,05
Krmivo	-	106,3 ± 0,0	156,2 ± 0,0	132,2 ± 0,0	211,3 ± 0,0
Výstup TP					
Vylovené ryby	70,42 ± 14,95	133,71 ± 25,22	121,56 ± 3,93	115,61 ± 5,88	156,34 ± 19,67
% retence vstupů	178 ± 17^a	88 ± 17^b	60 ± 2^c	65 ± 3^{bc}	61 ± 8^c
Vstup TP					
Přítok	47,31 ± 1,76	51,26 ± 2,09	48,95 ± 1,28	49,88 ± 6,01	50,01 ± 0,06
Výstup TP					
Odtok	65,84 ± 0,47	83,92 ± 11,50	92,07 ± 8,65	102,72 ± 13,97	81,59 ± 19,16
Bilance TP ve vodě	18,53 ± 2,24^a	32,66 ± 9,42^{ab}	43,12 ± 9,92^{ab}	52,84 ± 19,98^b	31,58 ± 19,10^{ab}

5. Diskuze

Praktická část tohoto výzkumu byla uskutečněna v roce 2013 na sádkách v Třeboni. Rok 2013 byl teplotně průměrný. V letních měsících, kdy se odehrál tento krmný pokus, byla teplota v porovnání s dlouhodobým normálem Jihočeského kraje o 0,6 °C vyšší. Využití sádek umožnilo vytvořit ve všech pokusných nádržích vyrovnané odchovné podmínky. Zdroj vody pro napuštění a kompenzaci průsaku a odparu byl pro všechny experimentální nádrže stejný (rybník Svět). Vyrovnanost odchovných podmínek je prezentována v tabulce č. 6.

Nejvyšších hodnot konverze krmiva (FCR) bylo dosaženo u ryb příkrmovaných obilovinami $2,41 \pm 0,46$, jen mírně vyšší byl koeficient u kaprů příkrmovaných krmivem Aller Aqua $2,44 \pm 0,74$. O poznání horší hodnoty FCR byly zaznamenány u směsi KP $3,35 \pm 0,04$ a u krmné směsi KP_{minus} $3,72 \pm 0,30$. Przybyl a Mazurkiewicz (2004) testovali účinnost konverze krmiva u obilovin (žito, pšenice, triticales). U všech testovaných skupin bylo dosaženo velmi dobrých výsledků FCR v rozmezí 1,43 - 1,50. Hartvich a Urbánek (2008) zjistili u testovaných obilovin (žito, kukuřice, triticales, pšenice) hodnoty FCR 1,7 - 2,10, kdy se nejlépe projevovalo žito a nejhůře pšenice. Hlaváč (2011) posuzoval v chovu kapra produkční účinnost tepelně a mechanicky upravených krmiv na rybnících v Třeboni. Nejnižších hodnot FCR bylo ovšem dosaženo u neupraveného triticales 1,4. U triticales tepelně upraveného to bylo 1,63 a triticales šrotovaného 1,68. Sám autor vysvětluje tyto výsledky výskytem nejvhodnějšího druhového spektra zooplanktonu u obsádky s příkrmováním neupraveného triticales. Z uvedených dat jsou patrné vyšší hodnoty FCR u pokusů na sádkách, které lze do jisté míry vysvětlit nižší dostupností přirozené potravy oproti rybnickým podmínkám. Píscité dno pokusných sádek zapříčinilo minimální rozvoj bentických organismů, což snížilo možnost příjmu potravy bohaté na cenné bílkoviny.

Nejlepší hodnoty SGR byly zaznamenány u kaprů příkrmovaných obilovinami $0,54 \% \cdot d^{-1} \pm 0,07$ a u krmné směsi Aller Aqua $0,53 \% \cdot d^{-1} \pm 0,11$. U ryb příkrmovaných krmnou směsí KP byla SGR $0,42 \% \cdot d^{-1} \pm 0,01$ a u ryb příkrmovaných krmnou směsí PK_{minus} $0,39 \% \cdot d^{-1} \pm 0,02$. V kontrolních sádkách byla SGR $0,25 \% \cdot d^{-1} \pm 0,05$. Vodárek (2011) experimentoval s mechanicky upraveným triticales. Nejlepších hodnot bylo dosaženo u ryb s příkrmováním šrotovaného triticales (1,2 mm) se SGR $0,86 \% \cdot d^{-1}$ a šrotovaného triticales (1,3 mm) se SGR $0,84 \% \cdot d^{-1}$. Nejnižší hodnoty byly zjištěny u

neupraveného triticales a mačkaného triticales $0,79 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$. Mazurkiewicz (2009) testoval vliv množství triticales, řepných premixů, rybí moučky a žitných otrub na produkční účinnost. Nejlepších hodnot SGR bylo dosaženo u ryb příkrmovaných krmivem s 5,1 % rybí moučky, 27 % řepného premixu a 36 % triticales. U takto namíchaného krmiva byla SRG $1,06 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$. Nejnižší hodnota SGR $0,9 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$ byla stanovena u krmiva tvořeného 12,2 % rybí moučky, 25 % triticales a 45 % žitných otrub. Je tedy možné říci, že příkrmováním kaprů mechanicky úpravenými obilovinami nebo krmivy obohacenými o živočišné komponenty lze dosáhnout vyšších hodnot SGR.

Nejvyššího kusového přírůstku bylo dosaženo u ryb příkrmovaných obilovinami $1205 \pm 247 \text{ g} \cdot \text{ks}^{-1}$. U kaprů příkrmovaných krmnou směsí Aller Aqua byl kusový přírůstek $1136 \pm 273 \text{ g} \cdot \text{ks}^{-1}$. Výrazně nižší kusové přírůstky byly zjištěny u ryb příkrmovaných krmnou směsí KP $828 \pm 124 \text{ g} \cdot \text{ks}^{-1}$ a KP_{minus} $744 \pm 125 \text{ g} \cdot \text{ks}^{-1}$. Nejnižší kusový přírůstek byl u kontroly $436 \pm 123 \text{ g} \cdot \text{ks}^{-1}$. Urbánek (2009) prováděl v roce 2008 krmný pokus na sádkách. Nejvyšších kusových přírůstků dosáhli kapři příkrmovaní mačkaným žitem $1192 \text{ g} \cdot \text{ks}^{-1}$ a neupraveným triticales $1180 \text{ g} \cdot \text{ks}^{-1}$. Nejhorší kusové přírůstky byly u mačkané pšenice s přídavkem řepky $983 \text{ g} \cdot \text{ks}^{-1}$. Na sádkách testoval krmiva také Vodárek (2011), který zjistil nejvyšší kusové přírůstky $1678 \text{ g} \cdot \text{ks}^{-1}$ u kaprů s příkrmováním šrotovaného triticales o velikosti 1,2 mm. Hlaváč (2011) ve svém pokusu na rybnících zaznamenal největší kusové přírůstky u kaprů s příkrmováním triticales bez úprav $2170 \text{ g} \cdot \text{ks}^{-1}$ a poté u tepelně upraveného triticales $1870 \text{ g} \cdot \text{ks}^{-1}$. Jak v této práci, tak u výše zmíněných výzkumů byly kusové přírůstky u obilovin vyšší než u tetovaných krmných směsí. Dosažené výsledky tedy poukazují na nezastupitelnou roli obilovin v odchovných technologiích zohledňujících podmínky naší rybníční akvakultury. V pokusu se také výrazně projevila kvalita krmné směsi Aller Aqua v porovnání s krmnou směsí KP a KP_{minus}. O této problematice bude ještě diskutováno níže v textu.

Hektarový přírůstek byl nejvyšší u kaprů s příkrmováním obilovin $442 \pm 84 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Poté následovala krmná směs Aller Aqua s hektarovým přírůstkem $417 \pm 126 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. U kaprů příkrmovaných krmnou směsí KP bylo dosaženo hodnoty $304 \pm 4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ a u krmné směsi Kp_{minus} $273 \pm 16 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. U kontroly byl výsledek $138 \pm 46 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Pokus na sádkách prováděl v roce 2012 také Melka (2014). U neupravených obilovin dospěl k téměř stejnému hektarovému přírůstku $440 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Urbánek (2009), který prováděl krmné pokusy na rybnících, zaznamenal nejvyšší hektarové přírůstky u kukuřice 678

kg.ha⁻¹, poté u triticales 601 kg.ha⁻¹ a u žita 546 kg.ha⁻¹. Podobný výzkum prováděl také Hlaváč (2011), který uvádí nejvyšší hektarové přírůstky u triticales 766,7 kg.ha⁻¹, u tepelně upraveného triticales 667,9 kg.ha⁻¹ a u šrotovaného triticales 647,1 kg.ha⁻¹. Lepší hektarové přírůstky u rybníků oproti sádkám jsou zapříčiněny jejich vyšší přirozenou produkcí. Významnou roli hraje již výše zmíněná absence bentosu zapříčiněná písčitým dnem sádek. To potvrzuje také studie Másílka et al. (2014), který testoval obiloviny na rybnících a sádkách. U sádek byla stanovena přirozené produkce 185 kg.ha⁻¹ a u rybníků pak 372 kg.ha⁻¹. Dosažené hektarové přírůstky u příkrmovaných obsádek v rozmezí 273 - 442 kg.ha⁻¹ jsou v souladu s průměrně dosahovanou produkcí v ČR (Adámek et al., 2012), což dokazuje vhodnou metodickou realizaci pokusu.

I přes to, že byly krmné dávky stanoveny na zhruba totožnou úroveň stravitelné energie pro kapra, bylo u obilovin a krmné směsi Aller Aqua dosaženo výrazně lepších produkčních výsledků. U všech pokusných sádek bylo krmivo rybí obsádkou bez problémů přijímáno. Na krmných místech nebyly nalezeny viditelně nespotřebované zbytky krmiv. Tyto výsledky lze vysvětlit pravděpodobně nižší stabilitou peletových krmných směsí (KP a KP_{minus}) ve vodě. Tento názor potvrdil při porovnávání peletových (KP) a extrudovaných krmiv (Aller Aqua) také Hilton et al. (1981). U krmné směsi Aller Aqua byl ovšem tento faktor zastíněn poměrně vysokou pořizovací cenou. U obilovin má velký význam jejich silný povrchový obal. Podle Hlaváče et al. (2015) mají zrna obilovin tvořený obal z nerozpustných a málo bobtnavých materiálů, hlavně z celulózy, čímž jsou odolnější proti vyluhování živin do vody. Tato skutečnost hraje významnou roli při volbě krmiva pro příkrmování kaprů v rybníční akvakultuře, poněvadž únik obsažených živin z krmiv do vody je nežádoucí jak z hlediska produkčních výsledků, tak pro kvalitu vody.

Nejvyšší obsah tuku ve svalovině byl naměřen u ryb příkrmovaných obilovinami (triticales) 8,25 ± 1,85 %. Podobných hodnot u triticales 7,68 % dosáhl také Hlaváč (2011) a jen mírně nižší obsah tuku 7,33 % zaznamenal Urbánek (2009). U krmných směsí byl stanoven obsah tuku v rozmezí 6,5 - 5,08 %. Hasan et al. (1997), kteří ve svém výzkumu také testovali krmné směsi v chovu kapra, uvádějí obsah tuku ve svalovině v rozsahu 3,17 - 7,52 % v závislosti na složení krmné směsi. Poměrně vysoký obsah tuku ve svalovině 14,5 % zaznamenali Oberle et al. (1997) u kaprů příkrmovaných kukuřicí. Vyšší ztučnění svaloviny příkrmováním kukuřice potvrzuje i Hůda (2009), v jehož pokusu vykazovala svalovina ryb 13,27 % tuku. Také Bell (1985)

popisuje své práci negativní vliv kukuřice na obsah nenasycených mastných kyselin a senzorické vlastnosti masa. Stejného tvrzení jsou také Urbánek et al. (2010). Obsah tuku nad 10 % způsobuje ve svalovině kapra prokazatelně horší senzorické vlastnosti (Oberle et al., 1997) a její horší konzistenci (Stein, 2005). Velký vliv na obsah tuku ve svalovině kapra má také přirozená potrava. V případě nedostatku této potravy nezajistí bílkoviny v ní obsažené dostatečný přírůstek a příkrmování sacharidovými krmivy způsobí ztučnění rybí svaloviny nad přijatelnou hranici 10 % (Steffens, 1985). Ani u jedné z testované skupiny krmiv nedošlo ke ztučnění svaloviny nad 10 % a lze tedy říci, že použití těchto krmiv k příkrmování kapra by při dodržení správných technologických postupů nemělo způsobit zhoršení senzorických vlastností rybí svaloviny.

Náklady na 1 kilogram přírůstku byly jednoznačně nejnižší u obilovin, kde činily $14,50 \pm 2,80$ Kč. U krmné směsi KP byly náklady $23,40 \pm 0,30$ Kč a u krmné směsi KP_{minus} pak $26,00 \pm 1,60$ Kč. Nejvyšší náklady na 1 kilogram přírůstku byly u krmné směsi Aller Aqua s částkou $37,80 \pm 11$ Kč. Petr (2009) ve své práci dosáhl nejnižších nákladů na 1 kg přírůstku u mačkaného žita $9,53$ Kč, následovaného žitem bez úprav $9,56$ Kč. Nejvyšší náklady na 1 kilogram přírůstku byly u mačkaného triticales $11,72$ Kč. Vodárek (2011) při svém experimentu dospěl u triticales bez úprav k hodnotě 7 Kč a Hlaváč (2009) u totožného krmiva k hodnotě $6,63$ Kč na 1 kilogram přírůstku. Při porovnání s komerčními extrudovanými a peletovanými krmivy lze tedy obiloviny označit za krmiva představující jednoduchý a především levný zdroj energie v podobě sacharidů, zvláště pak škrobů (Gatlin III et al., 2007). Výše nákladů na 1 kilogram přírůstku je značně ovlivněna cenami obilovin v jednotlivých letech. V roce 2013 kdy se uskutečnil tento krmný experiment, byla cena obilí (triticales) poměrně vysoká (6 Kč.kg⁻¹) při současných cenách ($3,5 - 4$ Kč.kg⁻¹) by se náklady na 1 kilogram přírůstku pohybovaly v rozmezí $8,50 - 9,50$ Kč, což by se rovněž pozitivně projevilo na níže diskutovaném ekonomickém vyhodnocení.

Za ekonomicky nejvýhodnější krmivo lze zcela jednoznačně označit obilí, jehož výsledné zisky činily 14985 ± 4158 Kč. ha⁻¹. U krmné směsi KP byl výsledný zisk téměř o polovinu nižší 7641 ± 189 Kč. ha⁻¹ a u kontrolní obsádky bez příkrmování činil výsledný zisk 6831 ± 2565 Kč. ha⁻¹. U krmných směsí KP_{minus} a Aller Aqua byl výsledný zisk z prodeje ryb dokonce nižší než u ryb bez příkrmování. U těchto krmiv to bylo pouze 5832 ± 1215 Kč. ha⁻¹ a 5724 ± 5481 Kč. ha⁻¹. Výsledky rybničního hospodaření závisí především na pořizovací ceně krmiv a jejich produkční účinnosti

(Bosma a Verdegen, 2011). Primárním cílem rybářských subjektů je produkce ryb za účelem maximalizace finanční návratnosti (Turkowski a Lirski, 2010). Proto je důležité investovat jen do takových krmiv, která mají prověřenou produkční účinnost, tudíž by měla zajistit očekávané ekonomické výsledky. Tato studie prokázala, že v případě zvolení nevhodného krmiva pro příkrmování tržního kapra mohou být výsledné zisky nižší, než u obsádek jejichž produkce je založena pouze na přirozené potravě.

Některé studie (Jovanovic at al., 2006; De Silva, 2012) považují chov ryb společně s příkrmováním za příčinu nárůstu koncentrace živin ve vodním prostředí a s tím související zhoršení kvality vody. Pokusy provedené v roce 2013 ovšem tato tvrzení neprokázaly. Výsledky rozborů vody naznačují, že příkrmování obilovinami a krmnými směsmi nemělo při porovnání s vodou ze sádek bez příkrmování významný vliv na koncentraci živin ve vodě ani na jiné měřené parametry vody, kromě vodivosti. Statisticky odlišné hodnoty vodivosti v sádkách s aplikací krmné směsi Aller Aqua lze přisoudit vyšší koncentraci vápníku (tab. č. 3) v tomto krmivu. Tuto skutečnost popisují také Ćirić et al. (2015), kteří rovněž zjistili v nádržích s příkrmováním krmných směsí vyšší hodnoty vodivosti vody. Tito autoři testovali vliv obilovin, extrudovaného krmiva a granulovaného krmiva na kvalitu vody v rybnících. Z výsledků vyplynulo, že použitá krmiva neměla žádný statisticky významný vliv na kvalitu vody a že použití doplňkových krmiv v polointenzivním chovu kapra má pozitivní dopad na dlouhodobé udržení společenstva zooplanktonu, což napomáhá udržovat ekologickou rovnováhu ve smyslu eliminace masového rozvoje biomasy fytoplanktonu a následnému zhoršení kvality vody. Nutno ovšem dodat, že rybníční a jim podobné ekosystémy mají poměrně dlouhou dobu odezvy na živinové vstupy během vegetačního období. Živiny jsou nejprve zabudovány do biomasy fytoplanktonu a poté do ostatních článků v potravním řetězci. V krátkém časovém úseku tak nemají tyto nutrienty významný vliv na kvalitu vody. K podobným závěrům ohledně účinku příkrmování na kvalitu vody dospěli také Dulic et al. (2010) a Hlaváč (2015). Nemalou roli hraje také tzv. samočistící schopnost vody (Céréghino et al., 2014), při které jsou živiny nevyužité rybí obsádkou mineralizovány a následně navázány do sedimentu dna.

Na začátku pokusu byl v tělech testovaných ryb stanoven průměrný obsah fosforu $4,88 \pm 0,75 \text{ g.kg}^{-1}$. Na konci pokusu byly nejvyšší hodnoty fosforu zjištěny u ryb příkrmovaných krmnou směsí Aller Aqua $7,01 \pm 0,48 \text{ g.kg}^{-1}$ a poté krmnou směsí KP $6,32 \pm 0,84 \text{ g.kg}^{-1}$. U krmné směsi KP_{minus} byla naměřena hodnota $6,29 \pm 0,71 \text{ g.kg}^{-1}$ a u

ryb přikrmovaných obilovinami $5,66 \pm 0,45 \text{ g.kg}^{-1}$. Nejnižší hodnota $5,41 \pm 0,69 \text{ g.kg}^{-1}$ byla stanovena u kontroly. Nižší množství fosforu v biomase ryb na začátku pokusu, tedy před začátkem vegetačního období lze podle Spangenberg a Schreckenbacha (1984) vysvětlit jako důsledek přezimování ryb, kdy ryby v průběhu zimních měsíců výrazně snižují příjem potravy, čímž se snižuje i příjem fosforu. Šimánek (2015), který testoval tepelně upravené a neupravené obiloviny dospěl u přikrmovaných obsádek k podobným hodnotám obsahu fosforu v rozmezí $6,96 - 7,28 \text{ g.kg}^{-1}$. U kontrolní obsádky zjistil rovněž nejnižší hodnoty. Autor dále dodává, že tepelné úprava obilovin se pozitivně promítla na retenci fosforu v biomase kapra a tudíž nižšímu úniku do vodního prostředí. Nwanna et al. (2010) tvrdí, že obsah fosforu v tělech ryb je přímo úměrný jeho obsahu v přijímané potravě. Toto tvrzení dokazuje i tato práce, kde naměřené hodnoty fosforu v tělech ryb korespondovaly s obsahem fosforu v předkládaných krmivech.

Retence fosforu v biomase ryb převyšující jeho celkové vstupy byla zaznamenána jen u ryb v kontrolních sádkách $178 \pm 17 \%$. U přikrmovaných ryb byla nejvyšší retence fosforu zjištěna u kaprů přikrmovaných obilovinami $88 \pm 17 \%$ z celkových vstupů. Nižší hodnoty byly stanoveny u krmné směsi KP_{minus} $65 \pm 3 \%$. Velice vyrovnaná retence fosforu byla zjištěna u kaprů přikrmovaných krmnou směsí Aller Aqua $61 \pm 8 \%$ a krmnou směsí KP $60 \pm 2 \%$. Z těchto výsledků vyplývá, že fosfor dodaný v podobě krmných směsí a obilovin nebyl při výše zmíněných krmných koeficientech plně transformován do biomasy ryb. U všech sádek s přikrmováním rybí obsádky byl zjištěn jistý stupeň uvolňování fosforu do vodního prostředí. Je ovšem nutné zdůraznit, že dosažené krmné koeficienty v rozmezí $2,41 - 3,72$ jsou při porovnání s běžnou rybářskou praxí poměrně vysoké, což se také negativně podepsalo na konečné bilanci fosforu. Mráz (2012) zdůrazňuje, že pro udržení přijatelné kvality vody je u krmiv podstatná jejich stravitelnost a využitelnost obsažených živin rybami. V provozní praxi je proto jak z ekonomického, tak ekologického hlediska zapotřebí u předkládaných krmiv dosahovat krmného koeficientu do výše $2 - 2,2$ (Hartman a Regenda, 2014). Šimánek (2015) při svých pokusech s tepelně upravenými a neupravenými obilovinami dosáhl krmných koeficientů v rozmezí $1,74 - 1,94$, což se pozitivně projevilo na konečné bilanci fosforu, kde výstupy fosforu v podobě vylovených ryb dokonce převýšily vstupy prostřednictvím nasazených ryb a předkládaných krmiv. To

koresponduje také s výsledky Hlaváče (2015). Dá se tedy říci, že při dosažení optimálních krmných koeficientů lze očekávat vyrovnanou bilanci fosforu.

Nejvyšší množství fosforu v odtékající vodě bylo zjištěno u sádek s příkrmováním krmné směsi KP_{minus} $52,84 \pm 19,98$ g a krmné směsi KP $43,12 \pm 9,92$ g. U obilovin bylo naměřeno $32,66 \pm 9,42$ g a u krmné směsi Aller Aqua pak $31,58 \pm 19,10$ g. Nejnižší hodnotu uvolňování fosforu vykazovaly sádky bez příkrmování $18,53 \pm 2,24$ g. Vyšší koncentrace fosforu v odpadní vodě ze sádek s příkrmováním krmné směsi KP a KP_{minus} , lze vysvětlit již dříve zmíněnou nižší stabilitou ve vodě a odolností vůči vyplavování živin. I přes to, že u kontrolních nádrží nedocházelo ke vstupu fosforu prostřednictvím krmiv a v tělech vylovených ryb byl na konci pokusu zjištěn vyšší obsah fosforu než při nasazení ryb, bylo v celkové bilanci zjištěno jeho uvolňování v odtékající vodě. Z výsledků tedy vyplynulo, že zhruba 20 % fosforu pocházelo z nepodložených zdrojů, které mohou podle některých autorů (Cole et al., 1990; Boyd, 1995; Newman, 1995; Kropáček et al., 1997; Holas et al., 1999; Adámek a Maršálek, 2013) pocházet ze sedimentu dna a jeho bioturbace rybami, dále také z náletového hmyzu, atmosférického spadu, prachových částic a deště. Je zajímavé, že tento jev týkající se neidentifikovaného zdroje fosforu v řádu 15 - 25 % je popisován také u uzavřených recirkulačních systémů (Verdegem, 2007).

6. Závěr

- Nejlepších hodnot u sledovaných produkčních ukazatelů jako je kusový přírůstek, specifická rychlost růstu (SGR) a konverze krmiva (FCR) bylo dosaženo příkrmováním obilovinami a poté krmnou směsí Aller Aqua. Výrazně horší výsledky byly zamenány u krmných směsí KP a KP_{minus}. I přes téměř totožnou hladinu stravitelné energie v předkládaných krmných dávkách vedlo tedy příkrmování obilovinami k nejlepším produkčním výsledkům.
- Příkrmování obilovin a krmných směsí nevedlo u svaloviny tržního kapra ke zvýšení obsahu tuku nad hranici 10 %.
- Významný faktor představuje také cena krmiva, s čímž jsou spojeny náklady na 1 kg přírůstku a výsledný zisk z prodeje ryb. Z toho pohledu lze jako nejlepší krmivo označit obiloviny, kde bylo dosaženo výrazně nejnižších nákladů na 1 kg přírůstku a zároveň nejvyšších výsledných zisků. Ostatní testovaná krmiva v tomto hodnocení značně zaostala.
- Aplikace krmných směsí a obilovin neměla při porovnání s nepřikrmovanými obsádkami významný vliv na kvalitu vody.
- Při porovnání obsahu fosforu v biomase nasazených a vylovených ryb, byly naměřeny vyšší hodnoty u ryb na konci pokusu. Statisticky významný rozdíl mezi hodnotami u nasazených a vylovených ryb byl prokázán jen u kaprů příkrmovaných krmnou směsí KP_{minus} a Aller Aqua. Průměrné hodnoty obsahu fosforu v biomase ryb korespondovaly s obsahem fosforu v předkládaných krmivech.
- Bilance fosforu vstupujícího do biomasy přírůstku rybí obsádky prokázala, že fosfor obsažený v krmivech nebyl zcela transformován do biomasy ryb. Nejvyšší procento retence fosforu (88 %) vykazovaly obsádky příkrmované obilovinami. U ostatních krmiv se retence fosforu pohybovala v rozmezí 60 - 65 %.
- Vstup fosforu přítokem vody do sádek byl u všech sledovaných skupin nižší než jeho výstup v odtékající vodě. Nejnižší množství fosforu v odtékající vodě bylo v rámci příkrmovaných obsádek u krmné směsi Aller Aqua a obilovin. Nejvyšší hodnoty byly stanoveny u krmné směsi KP_{minus}. Propočtem jednotlivých vstupů a

výstupů byl odhalen neidentifikovatelný zdroj fosforu (cca 20 %), který lze přičíst dalším potenciálním faktorům.

- V konečném hodnocení lze tedy říci, že největší perspektivu mají pro rybníční chov tržního kapra obiloviny a jejich technologické úpravy (tepelná, mechanická), které představují vhodnou alternativu jak z ekonomického, tak z environmentálního pohledu.

7. Seznam použité literatury

- Acosta-Nassar, M.V., Morell, J.M., Corredor, J.E., 1994. The nitrogen budget of a tropical semi-intensive freshwater fish culture pond. *Journal of the World Aquaculture Society* 25, 261–270 s.
- Adámek, Z., Párová, J., Stibranyiová, I., 1997. Perspectives of phytase application in feed mixtures for reduction of phosphorus amounts in fish farm effluents. *Krmiva (Zagreb)*, 39, 115–122 s.
- Adámek, Z., Helešic, J., Maršálek, B., Rulík, M., 2010. *Aplikovaná hydrobiologie*. JČU České Budějovice, fakulta Rybářství a ochrany vod, Vodňany, 350 s.
- Adámek, Z., Linhart, O., Kratochvíl, M., Flajšhans, M., Randák, T., Policar, T., Masojídek, J., Kozák, P., 2012. Aquaculture the Czech Republic in 2012: Modern European prosperous sector based on thousand-year history of pond culture. *Aquaculture Europe* 37 (2), 5-14 s.
- Adámek, Z., Maršálek, B., 2013. Bioturbation of sediments by benthic macroinvertebrates and fish and its implication for pond ecosystems: a review. *Aquaculture International* 21, 1–17 s.
- Abdelghany, E. A., Ahmad, M. H., 2002. Effects of feeding rates on growth and production of Nile tilapia, common carp and silver carp polyculture in fertilized ponds. *Aquaculture Research* 33, 415–423 s.
- Adamidou, S., Nengas, I., Henry, M., Grigorakis, K., Rigos, G., Nikolopoulou, D., Kotzamanis, Y., Bell, G.J., Jauncey, K., 2009. Growth, feed utilization, health and organoleptic characteristics of European seabass (*Dicentrarchus labrax*) fed extruded diets including low and high levels of three different legumes. *Aquaculture* 293, 263–271 s.
- Anderson, J.S., Sunderland, R., 2002. Effect of extruder moisture and dryer processing temperature on vitamin C and E and astaxanthin stability. *Aquaculture* 207, 137–149 s.
- Anton-Pardo, M., Adámek, Z., 2015. The role of zooplankton in carp pond management. A review. *Journal of Applied Ichthyology* 31, 7-14 s.

- Arlinghaus, R., Wirth, M., Rennert, B., 2003. Digestibility measurements in juvenile tench (*Tinca Tinca L.*) by using a continuous filtration device for fish faeces. *Journal of Applied Ichthyology* 19, 152–156 s.
- Athar, N., Hardacre, A., Taylor, G., Clark, S., Harding, R., McLaughlin, J., 2006. Vitamin retention in extruded food products. *Journal of Food Composition and Analysis* 19, 379–383 s.
- Avnimelech, Y., Kochva, M., Hargreaves, J.A., 1999. Sedimentation and resuspension in earthen fish ponds. *Journal of the World Aquaculture Society* 30, 401–409 s.
- Baranova, V.P., Sakharov, A.M., 1988. Method of estimation of water pollution in carp culture. In: *Sbomik nauch. trudov GosNII ozer.i rechn.rybn.khoz. NPO po prom.i teplovod. rybovod.* 274, 26–35 s.
- Barrows, F.T, Stone, D.A.J., Hardy, R.W., 2007. The effects of extrusion conditions on the nutritional value of soybean meal for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 265, 244–252 s.
- Bauer, C., Schlott, K., 2006. Reaction of common carp (*Cyprinus carpio L.*) to oxygen deficiency in winter as an example for the suitability of radio telemetry monitoring the reaction of fish to stress factors in pond aquaculture. *Aquaculture Research* 37, 248 – 254 s.
- Bell, M.V., 1985. Effects of dietary polyunsaturated fatty acid deficiencies on mortality, growth and gill structure in the turbot. *Journal of Fish Biology* 26, 181–191 s.
- Bergheim, A., Aabel, J.P., Seymour, E.A., 1991. Past and present approaches to aquaculture waste management in Norwegian net pen culture operations. In: Cowey, C.B., Cho, C.Y., (Editors), *Nutritional Strategies and Aquaculture Waste*, University of Guelph, Ontario, 117–136 s.
- Bergheim, A., Asgard, T., 1996. Waste production in aquaculture. In: Baird D.J., Beveridge, M.C.M., Kelly, L.A., Muir, J.F., (eds) *Aquaculture and waste resource management*. Blackwell Science, Oxford.

- Bíro, P., 1995. Management of pond ecosystems and trophic webs. *Aquaculture* 129 (1–4), 373–386 s.
- Bogut, I., Has-Schön, E., Adámek, Z., Hajković, V., Galović, D., 2007. *Chironomus plumosus* larvae – a suitable nutrient for freshwater farmed fish. *Agriculture* 13, 159-162 s.
- Bosma, R.H., Verdegem, M.C.J., 2011. Sustainable aquaculture in ponds: Principles, practices and limits. *Livestock Science* 139, 58–68 s.
- Boyd, C.E., 1982. *Water quality management for pond fish culture*. Elsevier, New York.
- Boyd, C.E., 1995. *Bottom soils, sediment, and pond aquaculture*. Chapman & Hall, New York, USA, 348 s.
- Boyd, C.E., Tucker, C.S., 1998. *Pond aquaculture water quality management*. Kluwer academic publishers, Boston, USA, 700 s.
- Céréghino, R., Boix, D., Cauchie H.M., Martens, K., Oertli, B., 2014. The ecological role of ponds in a changing world. *Hydrobiologia* 723, 1-6 s.
- Cirkovic, M., Jovanovic, B., Maletin. S., 2002. *Ribarstvo*. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, 197-213 s.
- Cole, J.J., Caraco, N.F., Likens, G.E. 1990: Short-range atmospheric transport - a significant source of phosphorus to an oligotrophic lake. *Limnology and Oceanography* 35, 1230–1237 s.
- Čermák, B., Kadlec, J., 1999. *Krmivářství*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 111 s.
- Ćirić, M., Subakov-Simic, G., Dulic, Z., Bjelanovic, K., Cicovacki, S., Markovic, Z., 2015. Effect of supplemental feed type on water quality, plankton and benthos availability and carp (*Cyprinus carpio L.*) growth in semi-intensive monoculture ponds. *Aquaculture Research* 46, 777–788 s.
- Čítek, J., Krupauer, V., Kubů, F., 1998. *Rybníkářství*. Informatorium, Praha, 306 s.

- ČSN 46 7092-11, 1998: Metody zkoušení krmiv – Část 11: Stanovení obsahu celkového fosforu, Praha: Český normalizační institut.
- Das, P.C., Ayyappan, S., Jena, J., 2005. Comparative changes in water quality and role of pond soil after application of different levels of organic and inorganic inputs. *Aquaculture Research* 36, 785–798 s.
- Degani, G., Yehuda, Y., Viola, S., 1997. The digestibility of nutrient sources for common carp (*Cyprinus carpio L.*). *Aquaculture Research* 28 (8), 575-580 s.
- De Silva S., 2012. Carps. In: Lucas J.S., Southgate P.C. (Eds.), *Aquaculture: farming aquatic animals and plants*. Oxford, 294–312 s.
- Doležal, P., Zeman, L., Kopřiva, A., 2006. Konzervace a úpravy krmiv. In: Zeman, L., Kopřiva, A., Mrkvicová, E., et al. (Editors), *Výživa a krmení hospodářských zvířat*. Profi Press, 161-187 s.
- Driver, P.D., Closs, G.P., Koen, T., 2005. The effects of size and density of carp (*Cyprinus carpio L.*) on water quality in an experimental pond. *Archiv fur Hydrobiologie* 163, 117–131 s.
- Dubský, K., Kouřil, J., Šrámek, V., 2003. *Obecné rybářství*. Informatorium, Praha, 308 s.
- Dulic, Z., Mitrovic-Tutundzic, V., Markovic, Z., Zivic, I., 2006. Monitoring water quality using zooplankton organisms as bioindicators at the Dubica fish farm, Serbia. *Archives of Biological Sciences* 58, 245–248 s.
- Dulic, Z., Subakov-Simic, G., Ciric, M., Relic, R., Lakic, N., Stankovic, M., Markovic, Z., 2010. Water quality in semi-intensive carp production system using three different feeds. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 16, 266–274 s.
- Dulic, Z., Stankovic, M., Raskovic, B., Spasic, M., Ciric, M., Grubisic, M., Markovic, Z., 2011. Role and significance of zooplankton in semi-intensive carp production. University of Belgrade, Faculty of Agriculture, 66-71 s.
- Dyk, V., Podubský, V., Štědrónský, E., 1948. *Naše rybářství*. Práce, Praha, 232 – 234 s.

- Duras, J., Potužák, J., 2012. First results obtained by monitoring of phosphorus mass balance of several fish ponds. *Vodní hospodářství* 6, 210–216 s.
- Edmondson, W.T., 1964. Reproductive rates of planktonic rotifers as related of food and temperature in nature. *Ecological Monographs* 35, 61-111 s.
- Edwards, P., 2007. Pilgrimage to traditional carp pond culture in Central Europe. *Aquaculture Asia* 12 (4), 28-34 s.
- Faina, R., 1983: Využití přirozené potravy kaprem v rybnících. Edice metodik VÚRH Vodňany č. 8, 15 s.
- Faina, R., Gergel, J., Příkryl, I., 1994. Attempt in reduction of effluents from carp ponds during their fishing out. *Book of Abstracts - Aquaculture and Water Resource Management, International Symposium, Stirling 21 – 25.6.1994.*
- Francis, G., Makkar, H.P.S., Becker, K., 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture* 199, 197–227 s.
- Füllner, G., Langner, N., Pfeifer, M., 2000. Ordnungsgemäße Teichbewirtschaftung im Freistaat Sachsen, Sächsisches Landesansalt für Landwirtschaft, Referat Fischerei Königswarta, 66 s.
- Garcia-Ortega, A., Verreth, J.A.J., Coutteau, P., Segner, H., Huisman, E.A., Sorgeloos, P., 1998. Biochemical and enzymatic characterization of decapsulated cysts and nauplii of the brine shrimp *Artemia* at different developmental stages. *Aquaculture* 161, 501-514 s.
- Gatlin III, D.M., Barrows, F.T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T.G., Hardy, R.W., Herman, E., Hu, G., Krogdahl, Å., Nelson, R., Overturf, K., Rust, M., Sealey, W., Skonberg, D., Souza, E.J., Stone, D., Wilson, R., Wurtele, E., 2007: Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Research* 38, 551–579 s.
- Gaylord, T.G., Barrows, F.T., Rawles, S.D., 2008. Apparent digestibility of gross nutrients from feedstuffs in extruded feeds for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of the World Aquaculture Society* 39, 827–834 s.

- Gergel, J., Kratochvíl, A., 1989. Effect of small fish-culture reservoirs on water quality. Halaszat 35 (1), 7–8 s.
- Ghosh, S.K., Mandal, B. K., Borthakur, D. N., 1984. Effects of feeding rats on production of common carp and water quality in paddy-cum-fish culture. Aquaculture 40, 97–101 s.
- Glencross, B., Blyth, D., Tabrett, S., Bourne, N., Irvin, S., Anderson, M., Fox-Smith, T., Smullen, R., 2012. An assessment of cereal grains and other starch sources in diets for barramundi (*Lates calcarifer*): implications for nutritional and functional qualities of extruded feeds. Aquaculture Nutrition 18, 388–399 s.
- Guziur, J., 1991. Analysis of elements of carp production intensification (K₂₋₃) – Wyd. MIR, Gdynia, 142 s.
- Guziur, J., 1997. Chór ryb v malých stawach. Warszawa, 125 -140 s.
- Hardy, R.W., Barrows, F.T., 2002. Diet Formulation and Manufacture. In: Halver J.E., Hardy R.W., (eds) Fish nutrition, 3rd edn. Academic Press, San Diego
- Hartman, P., Přikryl, I., Štědranský, E., 1998. Hydrobiologie. Informatorium, Praha, 335 s.
- Hartman, P., 2012. Výživa rybníční biocenózy organickými hnojivy. Edice metodik FROV JCU č. 127, 35 s.
- Hartman, P., 2013. Šetrný způsob vápnění rybníků. Edice metodik FROV JCU č. 73, 18 s.
- Hartman, P., Regenda, J., 2014: Praktika v rybníkářství. Fakulta rybářství a ochrany vod. Vodňany, 375 s.
- Hartman, P., 2015. Technologie používané při chovu ryb v rybnících. In: Urbánek, M., a kolektiv autorů. Naše rybářství. Rybářské sdružení České republiky. České Budějovice, 57-94 s.
- Hartvich, P., Urbánek, M., 2008. Snižování nákladů na příkrmování obilovinami v chovu tržního kapra na rybářství Třeboň hld. a.s..Ověřená technologie, JČU, České Budějovice, 21 s.

- Hasan, M.R., Macintosh, D.J., Jauncey, K., 1997. Evaluation of some plant ingredients as dietary protein sources for common carp (*Cyprinus carpio L.*) fry. *Aquaculture* 151, 55-70 s.
- Hepher, B., 1979. Supplementary diets and related problems in fish culture. *Proc. World Symp. On Finfish Nutrition and Fishfeed. Technology, Vol I. Hamburg.*
- Hilton, J.W., Cho, C.Y., Slinger, S.J., 1981. Effect of extrusion processing and steam pelleting diets on pellet durability, pellet water absorption and the physiological response of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture* 25, 185–194 s.
- Hlaváč, D., 2009. Možnosti využití netradičních krmiv v chovu kapra. *Bakalářská práce, JČU České Budějovice*, 48 s.
- Hlaváč, D., 2011. Vliv úpravy krmiv na produkční ukazatele v chovu tržního kapra na rybnících Rybářství Třeboň, *Diplomová práce, JČU České Budějovice*, 101 s.
- Hlaváč, D., Adámek, Z., Hartman, P., Másílko, J., 2014. Effects of supplementary feeding in carp ponds on discharge water quality - a review. *Aquaculture International* 22, 299–320 s.
- Hlaváč, D., Másílko, J., Hartman, P., Bláha, M., Pechar, L., Anton-Pardo, M., Adámek, Z. 2015. Effects of common carp (*Cyprinus carpio L.*) supplementary feeding with modified cereals on pond water quality and nutrient budget. *Journal of Applied Ichthyology* 31, 30-37 s.
- Hofer, R., Sturmbauer, C., 1985. Inhibition of trout and carp α -amylase by wheat. *Aquaculture* 48, 277-283 s.
- Holas, J., Holas, M., Chour, V. 1999: Pollution by phosphorus and nitrogen in water streams feeding the Zelivka drinking water reservoir. *Water Science and Technology* 39, 207–214 s.
- Horváth, L., Tamás, G., Seagrave, C., 1992. *Carp and Pond Fish Culture*. Fishing News Books, Blackwell Scientific Publications Ltd., UK, 154 s.

- Hůda, J., 2009. Cereals efficiency in market carp farming. [in Czech]. Ph.D.Thesis. University of South Bohemia, 159 s.
- Chakrabarti, R., Sharma, J.G., 1998. Influence of management protocols on carp growth under nursery conditions: relative importance of food and water quality. *Aquaculture International* 6, 293-301 s.
- Cho, C.Y., Bureau, D.P., 2001. A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. *Aquaculture Research* 32, 349–360 s.
- Ild-Scholtt, K., 1991. Development of zooplankton in fishponds of the Waldviertel (Lower Austria), *Journal of Applied Ichthyology* 7, Verlag Paul Payer, Hamburg und Berlin, 223-229 s.
- Jahan, P., Watanabe, T., Satoh, S., Kiron, V., 2000. Effect of dietary fish meal levels on environmental phosphorus loading from carp culture. *The Open Fish Science Journal* 66, 204–210 s.
- Jahan, P., Watanabe, T., Kiron, I., Satoh, S.H., 2003. Balancing protein ingredients in carp feeds to limit discharge of phosphorus and nitrogen into water bodies. *The Open Fish Science Journal* 69, 226–233 s.
- Janda, J., 1996. Trvalé udržitelné využívání rybníků v Chráněné krajinné oblasti a biosférické rezervaci Třeboňsko, 81 s.
- Janeček, V., Přikryl, I., 1982. Chov násadových a tržních kaprů v intenzifikačních rybnících. *Metodika č.2, VÚRH Vodňany*, 16 s.
- Janeček, V. Přikryl, I., 1992. Polykulturní obsádky kapra s býložravými rybami a línem. *Edice metodik č. 38, VÚRH – Jihočeská univerzita Vodňany*, 16 s.
- Jankovic, S., Jovanovic, R., Cirkovic, M., Ljubojevic, D., Rakic, S., Milosevic, N., 2011. Importance and use of grains in fish nutrition. In: Z. Markovic (Editor), 5th International Conference Aquaculture and Fishery. Belgrade (Serbia), 1–3 Jun 2011, 103–109 s.
- Jirásek, J., 1989. Biologické a technologické aspekty intenzivního chovu kapřího plůdku. *Doktorská disertační práce, VŠZ Brno*, 412 s.

- Jirásek, J., Mareš, J., Zeman, L., 2005. Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro ryby. Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, MZe ČR a Komise výživy a krmení hospodářských zvířat ČAZV Praha, 68 s.
- Jovanovic, R., Milisavljevic, D., Sredanovic, S., Levic, J., Duragic, O., 2006. Proizvodnja hrane za ribe različitih fizičkih karakteristika. *Biotechnology in Animal Husbandary* 22, 339–349 s.
- Karakassis, I., Hatziyanni, E., Tsapakis, M., Plaiti, W., 1999. Benthic recovery following cessation of fish farming: a series of successes and catastrophes, *Marine Ecology Progress Series* 184, 205–218 s.
- Kaushik, S., Preface, 1995. Fish nutrition in practice. Practice. Proceedings of the IV International Symposium on Fish Nutrition and Feeding, 24-27 June, Bairritz, France, INRA Les Colloques, n 61. Institut National De LA recherche Agronomique, Paris, 15-16 s.
- Kearns, J.P., 1993. Extrusion of aquatic feed. Technical Bulletin of American Soybean Association 40, 16–34 s.
- Kestemont, P., 1995. Different system of carp production and their impacts on the environment. *Aquaculture* 129, 347–372 s.
- Kiang, J.K., 1999. The principles of extruding fishfeeds. *Feed Technology* 3 (6), 48–49 s.
- Kibria, G., Nugegoda, D., Fairclough, R., Lam., P., Bradly, A., 1997. Zooplankton: its biochemistry and significance in aquaculture. *Aquabyte* 20, 8-14 s.
- Kim, J.D., Kim, K.S., Song, J.S., Lee, J.Y., Jeong, K.S., 1998. Optimum level of dietary monocalcium phosphate based on growth and phosphorus excretion of minor carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture* 161, 337–344 s.
- Knösche, R., Schreckenbach, K., Pfeifer, M., Weissenbach, H., 2000. Balances of phosphorus and nitrogen in carp ponds. *Fisheries Management and Ecology* 7, 15–22 s.

- Kloskowski, J., 2011. Differential effects of age-structured common carp (*Cyprinus carpio*) stocks on pond invertebrate communities: implications for recreational and wildlife use of farm ponds. *Aquaculture International* 19, 1151-1164 s.
- Kolasa-Jamińska, B., 1994. Improvement of the biotechnique of carp fingerling culture. Characteristics of pattern of hydrochemical conditions in the course of intensive carp fingerling culture. *Acta Hydrobiologica* 36, 145–158 s.
- Kolasa-Jamińska, B., 2002, The intensification of pond fish production and the magnitude of the waste load discharged during autumn harvesting. *Archives of Polish Fisheries* 10, 187–205 s.
- Kopp, R., Brabec, T., Hadašová, L., Lang, Š., Lukas, V., Mareš, J., 2013. Použití aerační techniky na hypertrofních rybnících v letním období. In: Chov ryb a kvalita vody II. 1. vyd. České Budějovice: TYP, 17–20 s.
- Kopřiva, A., Barančic, F., Doležal, P., Dudáš, F., Prudil, S., Přikryl, J., Štencl, J., Zeman, L., 1992. Konzervace, skladování a úpravy krmiv. *Vysoká škola zemědělská v Brně*, 105 s.
- Kořínek, V., Fott, J., Fuksa, J., Lellák, J., Pražáková, M., 1987. Carp ponds of central Europe. In: R.G. Michael, (Editor), *Manager aquatic ecosystem. Ecosystems of the World* 29, Elsevier Amsterdam, 29-63 s.
- Kostomarov, B., 1958. *Rybářství. ČSAZV, Státní zemědělské nakladatelství, Praha*, 353 s.
- Kováč, M., 1989. *Výživa a krmenie hospodárskych zvierat. Bratislava*, 522 s.
- Krogdahl, A., Hemre, G-I., Mommsen, T.P., 2005. Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in postlarval stages. *Aquaculture Nutrition* 11, 103-122 s.
- Kopáček J., Procházková, L., Hejzlar, J., Blažka, P. 1997: Trends and seasonal patterns of bulk deposition of nutrients in the Czech Republic. *Atmospheric Environment* 31, 797–808 s.
- Lewkowicz, S., Kolasa-Jamińska, B., 1982. The comparison of the effectiveness of the production of two-year-old carp at three levels of production intensity. Part III. Fish habitation conditions and pond eutrophication at various production intensity levels - *Gospodarstwo Rybackie* 9, 3–7 s.

- Lovell, T., 1989. Nutrition and feeding of fish. [s.l.] : Kluwer Academic Publishers 224 s.
- Máchová, J., Faina, R., Mráz, J., Picková, J., Valentová, O., Beránková, P., Sudová, E., Svobodová, Z., 2010. Vliv intenzity rybářského hospodaření na kvalitu vody v rybnících a kvalitu masa ryb. Bulletin VÚHR Vodňany 46 (1), 19–30 s.
- Maleš J., 1996. Úprava zrnin ke krmení. Institut výchovy a vzdělání Ministerstva zemědělství ČR v Praze, 61 s.
- Manz, D., Tschirschnitz, M., Teichmann, W., 1988. Untersuchungen zum Einfluss von Teichwirtschaften auf die Qualität der Fließgewässer. Wasser Boden 40 (11), 615–619 s.
- Mareš, J., Kopp, R., Brabec, T., 2012. Kvalita masa kapra obecného – nutriční a senzorické parametry. In: M. Urbánek (Editor), Sborník referátů konference Chov ryb a kvalita vody. 24.1 2012. České Budějovice, Rybářské sdružení, České Budějovice, 73–80 s.
- Markovic, Z., Mitrovic-Tutundzic, V., 2003. Gajenje riba. Zaduzbina Andrejevic. Beograd, 138 s.
- Másílko, J., Hartvich, P., 2010. Utilization of modified cereals in market carp farming (a review). Bulletin VÚRH Vodňany 46 (2), 35-43 s.
- Másílko, J., Hlaváč, D., Hartman, P., Bláha, M., Hartvich, P., Hůda, J., Všeticková, L., 2014. Příkrmování kapra upravenými obilovinami. Edice metodik FROV JCU 143, 33 s.
- Matěna, J., 1982. Rozvoj bentosu v planktonních a plůdkových rybnících. Bulletin VÚRH Vodňany 4, 10-15 s.
- Mazurkiewicz, J., 2009. Utilization of domestic plant components in diets for common carp *Cyprinus carpio* L. Archives of Polish Fisheries 17, 5-39 s.
- Mazurkiewicz, J., Przybyl, A., Czyzak-Runowska, G., Lyczynski, A., 2011. Cold-pressed rapeseed cake as a component of the diet of common carp (*Cyprinus Carpio*): effects on growth, nutrient utilization, body composition and meat quality. Aquaculture Nutrition 17, 387-394 s.

- Melka, V., 2014. Produkční účinnosti upravených krmiv při odchovu trního kapra na sádkách Rybářství Třeboň. Bakalářská práce, JČU, České Budějovice, 75 s.
- Merla, A., Miller, H.A., 1986. Industriemassige karpfenproduktion in Reichem mit technischer Belüftung-Ergebnisse und Ausblick. Zeitschrift für Binnenfischerei 26 (8), 237-239 s.
- Milstein, A., 1993. Water quality and fresh water fish culture intensification. The Israeli example. Aquaculture Fisheries Management 24, 715–724 s.
- Mitra, G., Mukhopadhyay, P.K., Ayyappan, S., 2007. Biochemical composition of zooplankton community grown in freshwater earthen ponds. Nutritional implication in nursery rearing of fish larvae and early juveniles. Aquaculture 272, 346-360 s.
- Moore, L. B., 1985. The role of feeds and feeding in aquatic animals production. GeoJournal 10, 245–251 s.
- Mráz, J., Picková, J., 2009. Differences between lipid content and composition of different parts of fillets from crossbred farmed carp (*Cyprinus carpio*). Fish Physiology and Biochemistry 35, 615–623 s.
- Mráz, J., 2012. Stravitelnost krmiv pro ryby – literární přehled. Bulletin VÚHR Vodňany 48 (4), 57–69 s.
- Mráz, J., Máchová, J., Kozák, P., Picková, J., 2012. Lipid content and composition in common carp – optimization of n-3 fatty acids in different pond production systems. Journal of Applied Ichthyology 28, 238-244 s.
- Newman E.I. 1995. Phosphorus inputs to terrestrial ecosystems. Journal of Ecology 83, 713–726 s.
- Nunn, A.D., Harvey, J.P., Cowx, I.G., 2007. The food and feeding relationships of larval and 0+year juvenile fishes in lowland rivers and connected waterbodies. I. Ontogenetic shifts and interspecific diet similarity. Journal of Fish Biology 70, 726-742 s.
- Nunn, A.D., Tewson, L.H., Cowx, I.G., 2012. The foraging ecology of larval and juvenile fishes. Reviews in Fish Biology and Fisheries 22, 377-408 s.

- Nwanna, L.C., Kuhlwein, H., Schwarz, F.J., 2010. Phosphorus requirement of common carp (*Cyprinus carpio* L.) based on growth and mineralization. *Aquaculture Research* 41, 401–410 s.
- Oberle, M., Schwarz, F.J., Kirchgessner, M., 1997. Growth and carcass quality of carp fed. *Aquaculture*, 655-666 s.
- Párová, J., 1981. Intenzivní odchov násadových a tržních ryb v rybnících, plovoucích klecích a speciálních odchovných zařízeních s využitím oteplených vod. Zpráva DÚ C 11-329-111-02, VÚVZ Pohořelice, 27 s.
- Pechar, L., Příkryl, I., Faina, R., 2002. Hydrobiological evaluation of Třeboň fishponds since the end of the nineteenth century In: Květ, J., Jeník, J., Soukupová, L., (eds). *Freshwater wetlands and their sustainable future*. Paris, 31-61 s.
- Peňaz, M., Prokeš, M., Kouřil, J., Hamáčková, J., 1983. Early development of the carp, *Cyprinus carpio*. *Acta Scientiarum Naturalium*. Brno 17, 8-16 s.
- Pereira, P.M.F., Black, K.D., Donald, S., McLusky, D.S., Nickell, T.D., 2004. Recovery of sediments after cessation of marine fish farm production, *Aquaculture* 235 (1-4), 315–330 s.
- Petr, M., 2009. Hodnocení produkčních ukazatelů při odchovu tržního kapra v rybnících. *Bakalářská práce, JČU České Budějovice*, 33 s.
- Pfeifer, M., Füllner, G., 1998. Aufzucht von Wels und Schleie in Karpfenteichen. Abschlussbericht zum Forschungsthema: “Aufzucht wirtschaftlich wichtiger Nebenfische in Karpfenteichen” [in Deutsch]. Sächsische Landesanstalt für Fischerei, Dresden.
- Pillay, T.V.R., 2004. *Aquaculture and the environment*. Blackwell, Oxford.
- Piotrowska-Opuszyńska, W., 1984. The impact of various nitrogen fertilizers on the physical and chemical properties in the first yearling pond - *Rocz. Nauk Rol. Ser. H.* 100 (4), 111–131 s., (in Polish).

- Potužák, J., Pechar, L., 2006. Zpráva o výsledcích hydrochemického a hydrobiologického sledování experimentálních rybníků v sezónách 2005. LAE, ZF JCU, 19 s.
- Potužák, J., Hůda, J., Pechar, L., 2007. Changes in fish production effectivity in eutrophic fishponds – impact of zooplankton structure. *Aquaculture International* 15 (3-4), 201-210 s.
- Potužák, J., 2009. Plankton and trophic interactions in hypertrophic fish ponds. Ph.D.Thesis. University of South Bohemia, 137 s.
- Prugar, J., Burešová, I., Nedělník, J., Bradová, J., Pelikán, M., Psota, V., Bárta, J., 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarnický a sladařský, a. s. ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, Praha, 327 s.
- Przybyl, A., 1999. Technological processes of fish feeds production (in Polish). *Zakład Upowszechniania Postępu IRŚ Olsztyn*.
- Przybyl, A., Mazurkiewicz, J., 2004. Nutritive value of cereals in Leeds common carp (*Cyprinus Carpio L.*), *Czech Journal of Animal Science* 49 (7), 307-314 s.
- Příkryl, I., 1979: Kvalitativní složení zooplanktonu v rybnících se silně zhuštěnou obsádkou kapra. *Edice metodik VÚRH Vodňany č. 1*, 13 – 21 s.
- Rahman, M.M., Jo, Q., Gong, Y.G., Miller, S.A., Hossain, M.Y., 2008. A comparative study of common carp (*Cyprinus carpio L.*) and calbasu (*Labeo calbasu* Hamilton) on bottom soil resuspension, water quality, nutrient accumulations, food intake and growth of fish in simulated rohu (*Labeo rohita* Hamilton) ponds. *Aquaculture* 285, 78–83 s.
- Ritvo, G., Kochba, M., Avnimelech, Y., 2004. The effects of common carp bioturbation on fishpond bottom soil. *Aquaculture* 242, 345–356 s.
- Rodehutsord, M., Gregus, Z., Pfeffer, E., 2000. Effect of phosphorus intake on faecal and non-faecal phosphorus excretion in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and the consequences for comparative phosphorus availability studies. *Aquaculture* 188, 383–398 s.

- Rozkošný, M., Adámek, Z., Heteša, J., Všeticková, L., Marvan, P., Sedláček, P., 2011. Vliv rybníků na vodní ekosystémy recipientů Jižní Moravy, *Vodní hospodářství* 2, 18–21 s.
- Sadowski, J., Trzebiatowski, R., 1995. *Fish Leeds. Pashe Polskie*, 110-188 s.
- Sargent, J.R., Tocher, R., Bell, J.G., 2002. The lipids. In: J.E. Halver and R.W. Hardy (Editors), *Fish Nutrition*, Academic Press, London, 181–257 s.
- Shalaby, S., Nour, E., Omar, A.R.A., Akkada A., Gunther, K.D., 1989. Utilization of some grains and its by-product in feeding common carps (*Cyprinus carpio*) fingerlings. *Land Wineschafiliche Forschung* 42, 196-204 s.
- Sharma, J.G., Chakrabarti, R., 1999. Larval rearing of common carp *Cyprinus carpio*, A comparison between natural and artificial diets under three stocking densities. *Journal of the World Aquaculture Society* 30, 490-495 s.
- Shiloh, S., Viola, S., 1973. Experiments in the nutrition of growing carp in cages v Bamidgeh, 25, 17-31 s.
- Schäperclaus, W., Lukowicz, M., 1997. *Lehrbuch der Teichwirtschaft*. Blackwell Verlag GmbH, 590 s.
- Smith, L.S., 1989. Nutritional energetics. In: J.E. Halver and R.W. Hardy (Editors), *Fish Nutrition*, Academic Press, London, 332 s.
- Soldan, P., Tušil, P., 2011. Identifikace antropogenních tlaků v české části mezinárodního povodí řeky Odry-souhrn výsledků z řešení projektu VAV, *VTEI* 53 (3), příloha *Vodního hospodářství* 6/2011, 1-4 s.
- Sørensen, M., Ljøkjel, K., Storebakken, T., Shearer, K.D., Skrede, A., 2002. Apparent digestibility of protein, amino acids and energy in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed a fish meal based diet extruded at different temperatures. *Aquaculture* 211, 215–225 s.
- Sørensen M., 2012. A review of the effects of ingredient composition and processing conditions on the physical qualities of extruded high-energy fish feed as measured by prevailing methods. *Aquaculture Nutrition* 18, 233–248 s.

- Spangenberg, K., Schreckenbach, K., 1984. On the origin of the spinning disease of common carp (*Cyprinus carpio*). Fortschritte der Fischereiwissenschaft 3, 23–46 s.
- Steffens, W., 1985. Industrialnyje metody vyraščivaniya ryby. Agropromizdat, Moskva, 384 s.
- Steffens, W., 1989. Principles of Fish Nutrition. Halsted Press, John Wiley & Sons, New York, 384 s.
- Steffens, W., 1995. Principles of Fish Nutrition. [s.l.]: John Wiley and Sons Ltd., 384 s.
- Stein, L.H., 2005. The effects of stress and storage temperature on the colour and texture of pre-rigor filleted farmed cod (*Gadus morhua* L.). Blackwell Publishing Ltd. Aquaculture Research 36, 1197-1206 s.
- Stirling, H.P., 1989. Chemical and biological methods of water analysis for aquaculturists. Institute of aquaculture, University of Stirling, 199 s.
- Sukop, I., 1998. Aplikovaná hydrobiologie. Skriptum MZLU Brno, 143 s.
- Szumiec, J., 2002. Ecological aspects of pond fish culture intensification. 1. The effects of rearing biotechnology and intensification level. Archives of Polish Fisheries 10, 4–5 s.
- Šárka, E., Smrčková, P., Seilerová, L., 2013. Rezistentní a pomalu stravitelný škrob. Chemické listy 107, 929–935 s.
- Ščerbina, M.A., 1984. Izučeniye piščevaritelnykh processov u kapra *Cyprinus carpio* L. (*Cyprinidae*). Soobščenie II. Vsasyvanie azotsodernaščich vėščestv i aminokislot v kišečnike dvuchletnich kaprov při pitanii zlakovymi i bobovymi. Voprosy ichtyologii 24 (5), 803-813 s.
- Šimánek, J., 2015. Bilance fosforu v polo-intenzivním chovu kapra. Bakalářská práce, JČU, České Budějovice, 40 s.
- Turk, M., 1994. Croatian freshwater fisheries in 1993. Ribarstvo, Zagreb, 52, 119–132 s.
- Turk, M., 1995. Croatian freshwater fisheries in 1994. Ribarstvo, Zagreb, 53, 105–118 s.

- Turkowski, K., Lirski, A., 2010. The economics of carp farms in Poland. *Acta Ichthyologica Et Piscatoria* 40 (2), 137–144 s.
- Urbánek, M., 2009. Influence of cereals feeding on produce parameters and quality of flesh in market carp farming. [in Czech]. Ph.D.Thesis. University of South Bohemia, 179 s.
- Urbánek, M., Hartvich, P., Vácha, F., Rost, M., 2010. Investigation of fat content in market common carp (*Cyprinus carpio*) flesh during the growing season. *Aquaculture Nutrition* 16, 11-519 s.
- Venou., B., Alexis, M.N., Fountoulaki, E., Haralabous, J., 2009. Performance factors, body composition and digestion characteristics of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fed pelleted or extruded diets. *Aquaculture Nutrition* 15, 390–401 s.
- Verdegem, M.C.J. 2007: Nutrient balances in ponds. In: *Fishponds in farming systems*. A.J. van der Zijpp, J.A. J. Verreth, Le Quang Tri, M.E.F. van Mensvoort, R.H. Bosma, M.C.M. Beveridge (Eds.). Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, 71–78 s.
- Verreth, J., Storch, V., Segner, H., 1987. A comparative study on the nutritional quality of decapsulated *Artemia* cysts, micro-encapsulated egg diets and enriched dry feeds for *Clarias gariepinus* (Burchell) larvae. *Aquaculture* 63, 269-282 s.
- Viola, S., Rappaport, U., Arieli, Y., Amidan, G., Mokady, S., 1980. The effects of oil-coated pellets on carp (*Cyprinus carpio*) intensive culture. *Aquaculture* 26, 49-65 s.
- Viola, S., Ariely, Y., 1983. Evaluation of different grains as basic ingredients in complete feeds for carp and tilapia in intensive culture. *Bamidgeh* 35 (4), 38-43 s.
- Vodárek, M., 2011. Využití mechanicky upravených krmiv v polointenzivním chovu tržního kapra, Diplomová práce, JČU České Budějovice, 79 s.
- Všetičková, L., Adámek, Z., Rozkošný, M., Sedláček, P., 2012. Effects of semi-intensive carp pond farming on discharged water quality. *Acta Ichthyologica Et Piscatoria* 42, 223–231 s.

- Weber, M.J., Brown, M.L., 2009. Effects of Common Carp on Aquatic Ecosystems 80 Years after “Carp as a Dominant”, Ecological Insights for Fisheries Management. Reviews in Fisheries Science 17, 524-537 s.
- Wieniawski, J., 1983. Żywienie karpia. Gospodarka rybna, 35 (6), 18 s.
- Wilson, R.P., 1994. Utilization of dietary carbohydrate by fish. Aquaculture 124, 67–80 s.
- Wrona, J., Bienkowska, B., Lovell, R.T., 1981. Sorgo w żywieniu kroczków i karpia towarowego. Roczniki Naukowe Zootychniki 8 (1), 255-266 s.
- Wojnarovich, A., Moth-Poulsen, T., Peteri, A., 2010. Carp polyculture in Central and Eastern Europe, the Caucasus and Central Asia: a manual. F.F. a A.T. Paper, Rome, 73 s.
- Zajíc, T., Mráz, J., Sampels, S., Picková, J., 2013. Fillet quality changes as a result of purging of common carp (*Cyprinus carpio* L.) with special regard to weight loss and lipid profile. Aquaculture 400-401, 111-119 s.

8. Seznam použitých zkratek

ANOVA	- Statistická jednocestná metoda
BNLV	- Bezdušikáté látky výtahové
FCE	- Převrácená hodnota FCR (Food Conversion Efficiency)
FCR	- Ukazatel konverze krmiva (Food Conversion Ratio)
K _{2,3}	- Označení věkové skupiny kapra, popř. stádia chovu
NL	- Dusíkaté látky
SE	- Stravitelná energie
SGR	- Specifická rychlost růstu (Specific Growth Rate)
TN	- Celkový dusík
TP	- Celkový fosfor
TŠ	- Třeboňský kapr šupinatý

9. Seznam tabulek, grafů a obrázků v textu

Tabulka č. 1: Nutriční složení těla *Daphnia magna* a larev *Chironomus plumosus*

Tabulka č. 2: Nutriční složení nejčastěji používaných obilovin pro kapra

Tabulka č. 3: Nutriční složení testovaných krmiv

Tabulka č. 4: Ekonomické vyhodnocení použitých krmiv

Tabulka č. 5: Průměrná hustota zooplanktonu v pokusných sádkách

Tabulka č. 6: Ukazatele kvality vody v průběhu experimentu

Tabulka č. 7: Množství fosforu v tělech ryb na začátku a na konci pokusu

Tabulka č. 8: Bilance fosforu v pokusných sádkách

Graf č. 1: Konverze krmiva na konci pokusu

Graf č. 2: Specifická rychlost růstu

Graf č. 3: Kusový přírůstek na konci pokusu

Graf č. 4: Hektarový přírůstek na konci pokusu

Graf č. 5: Náklady na 1 kilogram přírůstku

Graf č. 6: Obsah tuku ve svalovině na konci pokusu

Obrázek č. 1: Schéma pro hodnocení látkové bilance živin

10. Přílohy

Příloha č. 1: Pokusné sádky

Příloha č. 2: Obilí - triticales

Příloha č. 3: Krmná směs KP_{minus}

Příloha č. 4: Krmná směs KP

Příloha č. 5: Krmná směs Aller Aqua

Příloha č. 6: Odběr vzorků zooplanktonu

Příloha č. 7: Hodnoty produkčních ukazatelů na sádkách Rybářství Třeboň, a.s. v roce 2013



Příloha č. 1: Pokusné sádky



Příloha č. 2: Obilí – triticales



Příloha č. 3: Krmná směs KP_{minus}



Příloha č. 4: Krmná směs KP



Příloha č. 5: Krmná směs Aller Aqua



Příloha č. 6: Odběr vzorků zooplanktonu

Druh krmiva		Kontrola	Obilí	KP	KP _{minus}	Aller Aqua
Datum nasazení		15.5.2013	15.5.2013	15.5.2013	15.5.2013	15.5.2013
Nasazeno ks.ha⁻¹	ks	363	363	363	363	363
Celková hmotnost	kg	8,74 ± 1,05	10,25 ± 0,01	10,1 ± 0,27	10,17 ± 0,03	10,01 ± 0,23
Průměr na 1ks	g.ks ⁻¹	920 ± 74	931 ± 83	917 ± 74	924 ± 83	909 ± 101
Datum výlovu		3.9.2013	3.9.2013	3.9.2013	3.9.2013	3.9.2013
Počet dní pokusu		112	112	112	112	112
Ztráty ks	ks	-	-	-	-	-
Ztráty %	%	-	-	-	-	-
Celková hmotnost výlovu	kg	12,89 ± 2,45 ^a	23,5 ± 2,54 ^b	19,21 ± 0,15 ^b	18,36 ± 0,46 ^b	22,5 ± 3,54 ^b
Průměrná hmotnost	g.ks ⁻¹	1356 ± 172 ^a	2136 ± 291 ^b	1746 ± 148 ^{ab}	1669 ± 157 ^{ab}	2045 ± 281 ^{ab}
Přírůstek celkem	kg	4,15 ± 1,41 ^a	13,26 ± 2,53 ^b	9,11 ± 0,11 ^{ab}	8,19 ± 0,49 ^{ab}	12,5 ± 3,77 ^{ab}
Přírůstek kusový	g.ks ⁻¹	436 ± 123 ^a	1205 ± 246 ^b	828 ± 124 ^{ab}	745 ± 125 ^{ab}	1136 ± 273 ^{ab}
Přírůstek hektarový	kg.ha ⁻¹	138 ± 47 ^a	442 ± 85 ^b	304 ± 4 ^{ab}	273 ± 16 ^{ab}	417 ± 126 ^{ab}
SGR	% .d ⁻¹	0,25 ± 0,05 ^a	0,54 ± 0,07 ^b	0,42 ± 0,01 ^c	0,39 ± 0,02 ^c	0,53 ± 0,12 ^b
Obsah tuku svalovina	%	4,03 ± 0,27 ^a	8,25 ± 1,85 ^b	5,64 ± 1,20 ^{cd}	5,08 ± 0,57 ^d	6,51 ± 1,3 ^{bc}
Spotřeba krmiva	kg	-	31,35	30,5	30,4	29,07
FCR		-	2,41 ± 0,46	3,35 ± 0,04	3,72 ± 0,30	2,44 ± 0,74
FCE		-	0,42 ± 0,08	0,30 ± 0	0,27 ± 0,02	0,43 ± 0,13
Cena krmiva 2013	Kč. kg ⁻¹	-	6	7	7	15,5
Náklady na 1kg přírůstku	Kč	-	14,20 ± 2,80	23,40 ± 0,30	26,00 ± 1,60	37,80 ± 11

Příloha č. 7: Hodnoty produkčních ukazatelů na sádkách Rybářství Třeboň, a.s. v roce 2013.

Data jsou prezentována jako průměr ± směrodatná odchylka. Písmena a, b, c, d v rámci stejné veličiny značí signifikantní rozdíl ($P < 0,05$) mezi skupinami.

11. Abstrakt

Cílem této diplomové práce bylo otestovat produkční účinnost obilovin a krmných směsí a současně posoudit jejich vliv na kvalitu vody při aplikaci v polointenzivním chovu kapra. Krmný pokus probíhal 112 dní v 10 experimentálních sádkách. Testovaným krmivem bylo obilí (triticale), extrudovaná doplňková krmná směs od firmy Aller Aqua s 24 % obsahem proteinu, peletová krmná směs glycidového typu s 12,5 % obsahem proteinu (KP) a peletová krmná směs glycidového typu s 12,5 % obsahem proteinu a s nižším obsahem fosforu (KP_{minus}). Kontrolní obsádka o stejné hustotě byla bez příkrmování jen na přirozené potravě. Rybí obsádky byly příkrmovány 3x týdně, pokaždé v ranních hodinách a na stejné místo v nádrži. Pokus probíhal ve dvojím opakování. Měření parametrů vody (teplota, kyslík, pH) probíhalo ve dvoutýdenních intervalech, odběry vzorků vody pak v měsíčních intervalech. Na konci experimentu byly vyhodnoceny sledované produkční ukazatele a stanovena bilance fosforu. Nejvyšší produkční účinnost byla dosažena u kaprů příkrmovaných obilovinami (FCR - koeficient konverze krmiva $2,41 \pm 0,46$, SGR - specifická rychlost růstu $0,54 \pm 0,07 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$) nejnižší produkční účinnost byla u krmné směsi KP_{minus} (FCR - $3,72 \pm 0,30$, SGR - $0,39 \pm 0,02 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$). Nejvyšší retence fosforu (88 %) v biomase ryb byla dosažena u obilovin. Nejnižší retenci fosforu (60 %) vykazovali kapři příkrmovaní krmnou směsí KP. Příkrmování kaprů testovanými krmivy nemělo významný vliv na kvalitu vody. Z ekonomického i environmentálního pohledu se jako nejvhodnější krmivo pro rybníční chov kapra jeví obilovina.

Klíčová slova: kapr obecný, obilí, peletová krmná směs, extrudovaná krmná směs, produkční účinnost, fosfor, kvalita vody

12. Abstract

The aim of this diploma thesis was to test the production effectiveness of cereals and compound feed and at the same time, find out what influence they have on the water quality when applied in the semi-intensity carp farming. The feeding test was taking place in the period of 112 days in 10 experimental storage ponds. The feed which was tested, was cereals, extruded feed from the Aller Aqua company with 24% share of protein, pelleted feed glycid type feed with the 12,5% share of protein (KP) and pellet feed glycid type compound feed with 12,5% share of protein and reduced share of phosphorus (KP_{minus}). A tested carp population of the same density was left without any additional feeding, to be fed only on the natural nutrition. Every one of these separated carp populations were fed three times a week in the morning and on the same spot of the fish tank. The testing was taking place twice. The measuring of the parametres of the water (temperature, oxygen, pH) took place once a fortnight, taking samples of the water once a month. At the end of the experiment, the level of phosphorus and the observed production parametres were evaluated. The highest production effectiveness was reached in the carps that were fed with cereals (FCR - Food Conversion Ration $2,41 \pm 0,46$, SGR - Specific Growth Rate $0,54 \pm 0,07 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$). The lowest production effectiveness was achieved with the pelleted feed KP_{minus} (FCR - $3,72 \pm 0,30$, SGR - $0,39 \pm 0,02 \text{ \%} \cdot \text{d}^{-1}$). The highest retention of phosphorus (88%) in the fish biomass was reached with cereals. The lowest retention of phosphorus (60%) was reached in the carps fed with the pelleted feed KP. Feeding carps with tested feeds did not have any significant influence on the water quality. From both the economic and the environmental point of view, the best feed for carp pond farming is cereals.

Key words: common carp, cereals, pelleted feed, extruded feed, productive efficiency, phosphorus, water quality