

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybářství a ochrany vod

Ústav akvakultury

Bakalářská práce

Vliv příkrmování kapra na druhové složení a  
dynamiku společenstva zooplanktonu v  
rybnících

**Autor:** Pavel Šauer

**Vedoucí bakalářské práce:** Ing. Martin Bláha, PhD.

**Konzultant bakalářské práce:** RNDr. Ivo Přikryl, CSc.

**Studijní program a obor:** Zootechnika, Rybářství

**Forma studia:** prezenční

**Ročník:** 3.

České Budějovice, 2012

## **Prohlášení**

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

Datum: 2. 5. 2012

Podpis studenta

.....

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval svému vedoucímu Ing. Martinu Bláhovi, PhD. i konzultantovi RNDr. Ivo Přikrylovi, CSc., za metodické vedení, odbornou pomoc, poskytnuté rady a cenné připomínky při vypracování této diplomové práce. Díky patří také mé rodině a všem ostatním, na které jsem právě zapoměl, ale kteří mě podporovali a mají svůj podíl na této práci.

---

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Fakulta rybářství a ochrany vod  
Akademický rok: 2010/2011

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel ŠAUER**  
Osobní číslo: **V09B084P**  
Studijní program: **B4103 Zootechnika**  
Studijní obor: **Rybářství**  
Název tématu: **Vliv příkrmování kapra na druhové složení a dynamiku společenstva zooplanktonu v rybnících**  
Zadávající katedra: **Ústav akvakultury**

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

Cílem vypsané práce bude vytvořit literární přehled o vlivu intenzity hospodaření v rybnících na společenstva planktonních organismů. Na základě získaných vzorků z experimentů probíhajících na pokusnictví VURH v průběhu 3 let, které bude student analyzovat, popíše druhové složení a dynamiku společenstva planktonních organismů v rybnících, kde se příkrmovalo obilovinami a granulemi.

Rozsah grafických prací: 5 - 10  
Rozsah pracovní zprávy: 25 - 30 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná  
Seznam odborné literatury:

KOSÍK, M. 2007. Srovnání sezónního vývoje zooplanktonu různých typů nádrží. České Budějovice, 2007. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce doc. RNDr. Libor Pechar, CSc.  
ADÁMEK, Z. 2010. Aplikovaná hydrobiologie. 2. rozš. upr. vyd. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 350 s. ISBN 978-808-7437-094.  
PŘÍKRYL, I. 1996. Vývoj hospodaření na českých rybnících a jeho odraz ve struktuře zooplanktonu, jako možného kritéria biologické hodnoty rybníků. In: Flajšhans, M. (red. ) - Sborník vědeckých prací k 75. výročí založení VÚRH Vodňany, 13: 3-20.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Bláha**  
Ústav akvakultury  
Konzultant bakalářské práce: **RNDr. Ivo Přikryl**  
Ústav akvakultury  
Datum zadání bakalářské práce: **30. listopadu 2010**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2012**

  
prof. Ing. Otomar Dlabhart, DrSc.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD  
Země 73041  
389 25 Vodňany (2)

  
Ing. Pavel Vejsada, Ph.D.  
ředitel

V Českých Budějovicích dne 14. ledna 2011

## **Obsah:**

<b>1. Úvod.....</b>	<b>7</b>
<b>2. Literární rešerše .....</b>	<b>8</b>
2.1. Společenstvo zooplanktonu v rybnících .....	8
2.2. Sezónní dynamika planktonu.....	15
2.3. Hospodaření na rybnících a jeho historie .....	16
2.4. Potrava a krmení kapra .....	17
<b>3. Metodika .....</b>	<b>21</b>
<b>4. Výsledky .....</b>	<b>23</b>
4.1. Chemismus vody .....	23
4.2. Struktura a dynamika zooplanktonu .....	26
<b>5. Diskuze .....</b>	<b>31</b>
5.1. Vztahy mezi zastoupením zooplanktonu a biomasou obsádky .....	33
<b>6. Závěr.....</b>	<b>35</b>
<b>7. Seznam použité literatury .....</b>	<b>36</b>

# 1. Úvod

Cílem této studie (bakalářské práce) byla vytyčena kvantifikace početnosti a rozbor druhového složení zooplanktonu ve dvou experimentálních rybnících v polointenzivních podmínkách s obsádkou kapra obecného (*Cyprinus carpio*), jehož potravu tvořila přirozená složka zooplanktonu a příkrm v podobě pšenice nebo granulí obohacených řepkovými výlisky. Chov kapra na našem území je založen především na přirozené produkci rybníků a na příkrmování. Zooplankton je relativně snadné pozorovat, protože je dobře přístupný a přiměřeně konzervativní, zároveň je ale i dostatečně dynamický. Rozmanitost zooplanktonu nám pomáhá objasnit procesy probíhající ve vodním prostředí a značí biologickou hodnotu daného biotopu, protože vykazuje značné množství informací (abundance, biomasa, druhové a velikostní složení), které umožňují komplexně studovat vývoj ekosystému.

Zmíněný cíl práce byl stanoven, protože odlišnosti ve struktuře a dynamice zooplanktonu v rybnících s příkrmováním různými krmivy nebyly doposud náležitě zmapovány a snad i tento experiment zčásti zaplní řadu pokusů, které vedou k dokonalejšímu poznání ekologie rybníčních biocenóz.

Rybníky jsou významným krajinným prvkem, nádrží zadržující vodu, běžným biotopem mnoha organismů, plní rekreační funkci, ale z rybářského hlediska hrají nejvýznamnější roli v chovu ryb, zejména pak kapra jakožto hlavního produktu akvakultury v České republice.

## 2. Literární rešerše

### 2.1 Společenstvo zooplanktonu v rybnících

Společenstva zooplanktonu nejsou vázána na pevný substrát, ale volně se vznášejí bez vydaného vlastního pohybu ve vodním sloupci. Primární zdroj potravy zooplanktonu je fytoplankton, některé druhy jsou dravé. Zároveň plankton tvoří významnou část potravy vyšších článků trofické kaskády, zejména ryb (Adámek *a kol.*, 1989). Plankton je společenstvo vodních organismů, jež se nedokáže aktivně pohybovat proti rychlejšímu proudu vody ( $2 \text{ cm.s}^{-1}$ ) a volně se vznáší ve vodním sloupci. Funkčně se dělí na fytoplankton (rostlinná složka planktonu), zooplankton (živočišná složka) a bakterioplankton (bakteriální složka). Společenstvo zooplanktonu sestává zejména z perlooček (Cladocera), klanonožců (Copepoda) a vířníků (Rotifera), řídce se vyskytují i prvoci a larvy hmyzu, např. koreter (Hartman *a kol.*, 2005; Kratochvíl, 1973; Adámek *a kol.*, 2010). Planktonní organismy se rozmnožují rychle, a tak se změny v prostředí rychle projeví v druhové skladbě planktonu. Žijí krátce (Hartman *a kol.*, 2005) a bylo zjištěno, že dospělci buchanek přežívají lépe, než naupliová stádia a vznášivky, a obecně drobné formy perlooček a vířníci vykazují nižší mortalitu, než zbytek zooplanktonu (Lellák a Kubíček, 1992).

Pro souhrnné posouzení stavu biocenózy, je významným faktorem kvalitativní a kvantitativní skladba zooplanktonu (Potužák, 2009). Úspěšná reprodukce zooplanktonu a jeho přežití závisí na přítomnosti a druhovém složení fytoplanktonu, jako zdroje živin a energie (Gliwicz a Siedlar, 1980). Komplexní poznání ekologie planktonu nám umožňuje vycházet z ní jako modelu k pochopení ekologických vztahů jiných typů společenstev.

První obecná koncepce sukcese planktonu byla zformulována v 80. letech pod názvem PEG (Plankton ecology group) (Bronmark a Hansson, 1998). Pro tento model (PEG) sestavil Sommer (1986) kombinaci fyzikálních a trofických efektů ve vztahu mezi producentem a spásáčem. Koncept negativních interakcí je v ekologii někdy nazýván Darwinův (Sommer, 1989 in Potužák, 2009). A ekologická role organismu je stanovena jeho postavením a významem v potravním řetězci. Hlavní roli zooplanktonu ve spásání, respektive kontrole růstu fytoplanktonu zdůraznil Adámek (2010). Dynamiku zooplanktonu je snadnější studovat v prostředí stojatých vod (Harris *a kol.*, 2000).



Pro představu o rané historii studia zooplanktonu uvádím příklad na rodu *Daphnia*, jenž je v mnoha vědních oborech modelovým organismem, třeba v ekotoxikologii často užívaným v testech toxicity (Buikema a Cairns, 1980) a je to rod široce rozšířený, který lze snadno vzorkovat i kultivovat a ve vodních společenstvech má významnou roli a zkušenosti o něm získané lze reprodukovat i v praxi (Peters a de Bernardi, 1987). Mueller pojmenoval tento rod *Daphnia*, ale tehdejšími vědci byl již dobře znám nejméně sto let předtím. Swammerdam (1669 in Peters a de Bernardi, 1987) označil tento rod termínem vodní blechy, který později převzal Leeuwenhoek, ani tyto badatelé však nebyli prvními vědci, kteří upozornili na dafnie (Dobell, 1932). Tyto organismy Swammerdam členil k hmyzu, což vyvolalo diskuze o jejich příslušnosti k pravým blechám (Swammerdam, 1669 in Peters a de Bernardi, 1987). V roce 1857 uveřejnil Royal Society Charlesem Darwinem dokument, ve kterém psal o partenogenetickém rozmnožování dafnií, tedy bez samčí intervence při oplození, obvyklé strategii rozmnožování dafnií (Baird, 1850).

Rybářství je odedávna velmi úzce spjato s hydrobiologií a oba obory se logicky v mnoha odvětvích vzájemně prolínají. Tudiž není náhodou, že první praktické uplatnění hydrobiologie našla v rybářství, kde její primární role spočívá v poznání a optimalizaci životního prostředí ryb (Adámek *a kol.*, 2010). O vztazích mezi druhovým složením a početností zooplanktonu vůči rybí obsádce hovořili již Zacharias (1893) a Walter (1895), kteří dospěli k tomu, že množství planktonu úzce souvisí s přírůstkem ryb a ten lze navyšovat hnojením. S rostoucí početností obsádky klesají počty zooplanktonu, přičemž u hustě nasazených rybníků dochází k poklesu abundance zooplanktonu přibližně v červnu (Walter, 1895). Následující text nepotvrzuje Waltrovi úvahy o klesající početnosti zooplanktonu v hustě nasazených rybnících, ale zároveň ani přímo nevyvrací, poněvadž předchozí formulace vztahů mezi rybí obsádkou a početností zooplanktonu byli v předminulém století příliš obecné, tak z nich nelze vyvozovat konkrétní závěry uplatnitelné v praxi.

Mezi první studie, zabývající se druhovým složením zooplanktonu v českých rybnících s obsádkou kapra, patří práce Friče a Kafky (Šrámek-Hušek *a kol.*, 1962). Dr. Frič se pokusil sumarizovat koryše na našem území, práce bohužel neměla ani v tehdejší době velkou průkaznost, protože se zabývala jen 36 druhy z celého území Čech (Šrámek-Hušek *a kol.*, 1962), stejně tak práce ostatních dvou autorů byly na začátku 20. století zastaralé. V rybnících s přirozenou produkcí rybí obsádky 30 – 40

kg/ha, například rybníků v současnosti se vyskytujících na území CHKO Třeboňsko (Příkryl a Faina, 1996) a v neposlední řadě výzkumy Friče a Vávry (1898, 1903), jenž pomocí přenosné „létací“ zoologické stanice pozorovali zvířenu rybníků, jezer, tůní a řek. Jde zároveň o první studie, které se věnovaly zooplanktonu v souvislosti se způsobem hospodaření na rybnících. Porovnání výsledků Friče a Vávry sezónní dynamiky zooplanktonu ve své práci provedl Šorf (2004). Po éře Fričově se rozhostilo ve studiu lupenonožců mrtvé období až do sepsání Lilljeborgových a Dadayových základních děl a zájem o tuto třídu byl zase obnoven (Šrámek-Hušek *a kol.*, 1962).

Sezónní dynamiku zooplanktonu v rybnících ve střední Evropě zkoumali např. Gliwicz a Siedlar (1980), Šorf (2004), Kosík (2007) a Potužák (2009). Výsledkem predančního tlaku ryb na populace zooplanktonu se zabývali Benndorf (1990), a Sed'a *a kol.*, (1989), Devetter (1995) a o dalších tématech planktonního odvětví v hydrobiologii bylo doposud napsáno velké množství článků, bohužel často pouze popisných.

Sezónní změny v kompozici zooplanktonu jsou řízeny teplotou, světlem (Losos *a kol.*, 1984 in Baxa 2010), nasycením vody kyslíkem, hodnotami pH a úživností nádrže (Potužák 2009). V eutrofních vodách je obsah rozpuštěného kyslíku obvykle nízký a dochází k jeho vyčerpávání v průběhu sezóny (Laas *a kol.*, 2000). A s rostoucí trofíí nádrže přibývá fytoplanktonu (řasy, sinice), který je potravou zooplanktonu (Lellák, 1992), avšak největší vliv na kvantitativní a kvalitativní složení rybníčního zooplanktonu má obsádka ryb (Hartman, 1988) a není to pouze její biomasa, ale také druhové složení (piscivorní nebo planktivorní ryby) rybí obsádky (Adámek *a kol.*, 2010).

Zooplanktonní organismy jsou informovány o výskytu predátora v jejich okolí za pomoci chemikálií, tzv. kairomonů které jsou pravděpodobně produktem exkrece predátorů (Loose, 1993) a zřejmě jen sladkovodních (Dodson *a kol.*, 1997). Bylo zjištěno, že po 72 hodinách působení kairomonu na zooplankton se tento efekt vytrácí (Loose, 1993).

Primární produkce je reprezentována zejména fytoplanktonem a produkci sekundární realizují společenstva zooplanktonu a zoobentosu, jejichž druhové zastoupení nebývá pestré, ať už druhová rozmanitost závisí na predančním tlaku rybí obsádky na zooplankton nebo charakteru prostředí u zoobentosu. Převažují taxony schopné odolávat predančnímu tlaku obsádky, kterou tvoří převážně kapr (Adámek *a kol.*, 2010).

Všeobecně, potravní řetězce mohou být ovlivňovány zezdola („Bottom-up“ efekt), což stručně řečeno znamená, že při větším množství živin je vyšší produkce na všech trofických hladinách a kontrola shora („Top-down“ efekt) kdy útlum predatorního tlaku planktivorních ryb zapříčiní rozvoj velkého filtrujícího zooplanktonu, který poté efektivně zredukuje rozvoj fytoplanktonu (Carpenter *a kol.*, 1985). „bottom-up“ efekt je způsob limitace zdroji (světlo, živiny a potrava), kdežto u „top-down“ efektu záleží převážně na predatorním tlaku výše postavených organismů v potravním řetězci (Benndorf, 1990). Při „top-down“ efektu dochází ke změně velikostní a druhové kompozice nižší trofické úrovně. V sladkovodních ekosystémech vede k podpoření výskytu velkých druhů perlooček (r. *Daphnia*), které jsou účinnějšími filtrátory malých druhů řas, samozřejmě ve vzorovém případě (Zadinová, 2011) a má vliv zejména na planktivorní ryby, zooplankton a snižování fytoplanktonu, který ovlivňuje buď přímo anebo nepřímo. Na kontrole shora („top-down“) se zakládá biomanipulace užívaná zejména v údolních nádržích, s cílem například ke snižování úživnosti vody pro udržení vysoké jakosti vody sloužící k vodárenským účelům (Benndorf, 1990).

Naopak absence velkých filtrujících perlooček zapříčiní, že rozvoj fytoplanktonu není omezován a řasy nebo sinice dosáhnou velké hustoty biomasy. Zmíněný stav lze běžně pozorovat na rybnících od března do poloviny dubna, při teplotě zpravidla nepřesahující 12 °C a v důsledku fotosyntetické činnosti fytoplanktonu se může hodnota pH blížit až k 10. Následuje perioda, při níž teplota vody vzroste na 16 °C. Pokud rybí obsádka přežije až do léta a dále úspěšně vyžírá velké perloočky rodu *Daphnia*, tak dochází k dalšímu intenzivnímu rozvoji fytoplanktonu (Janda a Pechar, 1996). Enormní rozvoj rostlinné složky planktonu zapříčiní zhoršení světelných podmínek pod vodní hladinou a průhlednost vody klesne na hodnoty 10 – 20 cm (Barica, 1981). Od velikostní struktury planktonu v nádrži a především poměru největších perlooček (větších, než 0,7 mm) se dají odvodit predatorní poměry dané vodní nádrže (Sed'a, 1990). Tato struktura herbivorních perlooček, které efektivně cedí řasy je podstatná pro kvalitu vody (Hrbáček *a kol.*, 1986).

Již v předminulém století Frič a Vávra (1898) ve výzkumu Šumavských jezer (Čertovo a Černé) uvažovali o působení rybí obsádky na populace mikroskopických vodních organismů, když v jejich druhém výzkumu na stejném místě došlo k úbytku či vymizení planktonních živočichů.

Rybníky představují takový typ ekosystému, ve kterém jsou ty nejdůležitější procesy řízeny rybí obsádkou. Vliv predace na strukturu planktonních společenstev byl poprvé doložen na základě výzkumu tůní (například: Poltruba 1953-1956, Velká Arazimova 1954) v záplavovém území středního toku řeky Labe a zmíněné téma studováno ve vztahu k zlepšení kvality vody Hrbáčkem (1958), který jako první, když neuvažujeme s Fričem a Vávrou kvůli malému množství údajů, popisoval velikostně selektivní predaci (Fuka, 1985; Zadinová, 2011). Ve svém experimentu zbavil tůně rybí obsádky vytrávením ryb Fishtoxem (Fuka, 1985), což mělo za následek dominanci velkých perlooček rodu *Daphnia* v zooplanktonu a změnu průhlednosti vodního sloupce (Hrbáček, 1980; Sommer, 1994). Perloočky rodu *Daphnia* vykazují vysokou druhovou diverzitu a jsou široce rozšířené v klimatu mírného pásu, ale víceméně se vyskytují ve všech typech sladkovodních habitatů ve všech zeměpisných šířkách (Peters a de Bernardi, 1987).

Vysoká biomasa dafnií konzumujících fytoplankton způsobí pokles jeho početnosti a tím zvýší průhlednost vody nádrže, ale přináší riziko kyslíkových deficitů. Velká spotřeba kyslíku na rozklad organických látek, jejichž množství je zvýšené hnojením způsobí, že minimální fotosyntetická produkce kyslíku utlumeným fytoplanktonem není dostatečná k pokrytí respiračních potřeb pro rybí obsádku a paradoxně za tohoto tzv. stavu „čisté vody“ nastává zhoršení kyslíkových poměrů (Janda a Pechar, 1996).

„Clear water“ neboli fáze tzv. čisté vody nastává na přelomu května a června. Zvýší se průhlednost vodního sloupce v důsledku potlačení biomasy fytoplanktonu a jeho rozvoje. S růstem teploty vody stoupá také predací tlak ryb, které se specializují na největší zooplanktonní jedince, poté dochází ke zvýšení biomasy rybí obsádky, s níž vzrůstá i vyžírací tlak, tedy její potravní požadavky (Adámek, 2010). Následně můžeme výskyt velkých perlooček lehce monitorovat při stanovení průhlednosti vody bílou deskou. Ke zvýšené průhlednosti může dojít také při úhynu části obsádky a následném rozvoji velkých perlooček (Janeček a Přikryl, 1982). V praxi lze tento jev využít ke snížení úživnosti vodního prostředí tím, když přesadíme rybí obsádku takovým způsobem, že dominují dravé ryby, čímž zapříčiníme skrze potravní řetězec po ose dravé ryby – planktivorní ryby – zooplankton – fytoplankton stav čiré vody (Benndorf *a kol.*, 2002 in Zadinová, 2011).

Ovšem jak už bylo řečeno, predací tlak ryb ve fázi tzv. čisté vody se obvykle zvyšuje a velké druhy perlooček (jedinci > 0,7mm), jež efektivně redukují fytoplankton,

nedokážou přežít v dostatečném množství, aby kontrolovaly následný (často masový) rozvoj fytoplanktonu. Velké perloočky se jen zřídka udrží déle, než pouze v začátku vegetační sezóny, což má za důsledek zhoršení průhlednosti vody v nepřímé úměrnosti k růstu biomasy fytoplanktonu, který je posílený navyšující se teplotou vody zejména slunečním zářením v letních měsících (Adámek, 2010).

Poněkud překvapivě bylo zjištěno, že změna četnosti rybí obsádky přivodí daleko větší změny ve struktuře planktonu a průhlednosti vody, než změna v koncentraci sloučenin dusíku a fosforu (Hrbáček, 1980). Zvýšenou průhlednost vody, při nižší početnosti fytoplanktonu, můžeme také očekávat v případě 60% a vyšší dominance perlooček rodu *Daphnia* o průměrné velikosti 1,5mm, avšak v současnosti se tento stav objevuje zřídka. Obvyklejší je výskyt drobného zooplanktonu s nevelkým procentem zastoupení rodem *Daphnia*, poté zooplankton tolik neomezuje rozvoj fytoplanktonu (Svobodová a Faina, 1984). Dnešní rybářská praxe má tendenci udržovat relativně vysoké rybí obsádky, a v důsledku silného predančního tlaku ryb, který je vyvíjen na zooplankton jsou eliminováni větší jedinci perlooček rodu *Daphnia* (Janda a Pechar, 1996).

V 70. letech minulého století byla zformulována Hypotéza velikostně selektivní predace - Size efficiency hypotheses (SEH) na základě podobné situace v jezerech východního pobřeží USA v Nové Anglii Brooksem a Dodsonem, krátce po Hrbáčkových experimentech, kdy populace sledovité planktonofágní ryby *Alosa pseudoharengus* silně vyžrala velké planktonní druhy perlooček (zejména rod *Daphnia*), čímž se otevřel prostor pro větší množství drobnějších druhů, např. *Bosmina longirostris* či *Ceriodaphnia lacustris*. Hypotéza se pokouší vysvětlit běžně pozorované inverzní vztahy predančního tlaku ryb na velikostní skladbu zooplanktonu v sladkovodních nádržích a předkládá možné scénáře (Sommer, 1994).

Organismy hledají potravu na základě velikosti, požitelnosti a množství. Dělí se na dva typy: selektivní lov a selekce sběračů (Zadinová, 2011). Při slabé predaci planktivorních ryb velké druhy tzv. hrubého zooplanktonu (typické jsou *Daphnia magna* a *D. pulicaria*) kompetičně eliminují drobnější druhy herbivorního zooplanktonu, protože jsou efektivnějšími filtrátory, důsledkem je malá denzita fytoplanktonu. V dalším protikladném případě pokud obsádku ryb tvoří mnoho planktivorních ryb jsou přednostně vyžírány větší druhy planktonních živočichů, tudíž

převažují malé druhy jako vířníci a drobné perloočky (rody *Bosmina* a *Ceriodaphnia*), (Kalff, 2002; Sommer, 1994).

Celkově nejhojněji zastupují zooplankton vířníci (*Brachionus*, *Filinia*, *Keratella*, *Polyarthra*, *Asplanchna*). Početnost planktonních živočichů kolísá v průběhu roku v závislosti na teplotě vody u některých druhů relativně pravidelně, u jiných naopak nepravidelně (Baxa, 2010). Nauplia klanonožců (Copepoda) bývají nejpočetněji zastoupena v zimě a na jaře. Zatímco velké pelagiální perloočky (*Daphnia longispina*, *D. pulicaria*) se v zimních měsících prakticky nevyskytují (Potužák, 2009).

Samotná existence přirozené potravy ještě nezaručuje, že bude zkonzumována, protože organismy mají schopnosti obrany před predací jako třeba skrývat se do substrátu, některé jsou téměř průhledné (*Leptodora*), mají rychlé únikové reakce, brání se cyklomorfózou. Kapr ovšem dokáže využívat přirozenou potravu nejen z pelagiálu a povrchu dna, ale na rozdíl např. od pstruha jde za potravou i do dna, čímž se pro něj zvyšuje dostupnost přirozené potravy (Sukop a Heteša, 1984).

Cyklomorfóza neboli sezónní polymorfismus jsou opakující se tvarové změny po sobě jdoucích generací v průběhu roku, jako odezva na vnější faktory teplotu, dostupnost potravy, míru turbulentního proudění vody, světelné podmínky v nádrži a jiné, které indukují morfologické změny, jež zvyšují přizpůsobivost daného jedince okolnímu prostředí. Tudíž zvyšují šanci na přežití. U perlooček rodu *Daphnia* můžeme pozorovat například špičaté zvýšení hlavy v letních měsících červnu, červenci a srpnu, jako reakce na predáční tlak (Peters a de Bernardi, 1987).

Tyto a jiné různé výrůstky očividně zvyšují tvarový odpor těla, protože všechny odchylky od kulovitěho tvaru těla zvyšují odpor prostředí. Druhem vířníka, u kterého je cyklomorfóza nejpodrobněji popsána je *Brachionus calyciflorus*, u nějž při výskytu jeho hlavního predátora (rod *Asplanchna*) mění zadní postranní trny délku a tvar, jelikož predátor do prostředí produkuje bílkovinnou látku stimulující růst trnů (Lellák a Kubíček, 1992).

## 2.2 Sezónní dynamika planktonu

V sezónní dynamice zooplanktonu lze najít pravidelné cykly výskytu daných druhů. Kratší periodu vykazuje například buchanka *Thermocyclops*, zimní cyklus života má *Keratella hamalis*. Dicyklické druhy (někteří zástupci buchaneček a vířníků) se objevují dvakrát do roka a polycyklické (rod *Keratella*) s přítomností několika generací ročně bez zjevné příčiny výskytu. Jelikož se doby výskytu jednotlivých druhů v průběhu roku překrývají, tak v rybničním společenstvu zooplanktonu obvykle nenastává v žádném ročním období azoický stav (Sukop a Heteša, 1984), kromě zimních měsíců ve stabilizačních a akumulacích rybnících, kdy ve vodě panují nepříznivé hydrochemické a hydrobiologické poměry (Faina a Kubů, 1989).

Vrchol rozvoje zooplanktonu sukcesivně přichází v době, kdy je na ústupu vrchol rozvoje fytoplanktonu (Sukop a Heteša, 1984). Tedy první tzv. „jarní“ vrchol rozvoje fytoplanktonu, k němuž dochází obvykle v dubnu až květnu. Svého druhého vrcholu rozvoje dosahuje fytoplankton od července do září. Početnost fytoplanktonu klesá na minimum při tzv. „stavu zdánlivě čiré vody“ (Clear water phase), kdy často masový výskyt velkých herbivorních filtrátorů ze společenstva zooplanktonu (rod *Daphnia*), bez přítomnosti většího množství planktivorních ryb (obvykle prožraných piscivorními rybami), potlačuje rozvoj rostlinné složky planktonu, jenž je vyžírán a nestíhá se množit, čímž se zvyšuje průhlednost vodního sloupce (Boney, 1975).

Ovšem vyšší průhlednost vodního sloupce je možné spolehlivě očekávat, jen při dominanci perlooček 60 % a více o průměrné velikosti jedinců minimálně 1,5 mm, která způsobí, jak již bylo řečeno nižší množství fytoplanktonu. Tyto podmínky se vyskytují zřídka a přinášejí riziko nízké koncentrace kyslíku ve vodě. Proto je stádium „čisté vody“ (clear water) nebezpečné rybí obsádce. Nejpoužívanější prostředek, jak změnit tento stav je aplikace organofosfátů k hubení dafnií, následný rozvoj fytoplanktonu zlepší kyslíkové poměry v nádrži (Pechar a Radová, 1996).

Jelikož jsou velké filtrující perloočky primárně preferovanou potravou většiny planktivorních druhů ryb, tak jejich dominanci umožňuje pouze nízká početnost obsádky planktonožravých ryb (Hrbáček, 1980). A obecně zooplankton ve střevech ryb napomáhá k trávení dvěma způsoby: mechanicky (schránky organismů drtí zbytek potravy v trávicím traktu) a enzymy přijaté v potravě se uplatňují v trávení ostatních zkonsumovaných částic v trávicím traktu ryb.

Druhové složení společenstev zooplanktonu a dalších vodních živočichů v povrchových vodách významně ovlivňuje chemické složení vody, jakožto jeden z faktorů působících změny v rozmanitosti prostředí (Přikryl, 2000 in Kosík, 2007).

### 2.3 Hospodaření na rybnících a jeho historie

První zásahy do rybničního ekosystému s cílem zvyšování produkce ryb se začaly objevovat na našem území před 2. světovou válkou. Skutečného zvýšení produkce se dosáhlo až v 50. – 80. letech 20. století za použití zejména příkrmování, hnojení a vápnění. Důsledkem jejich aplikace bylo rostoucí zatížení rybníků přísunem živin a následnou zvyšující se trofíí. Přirozená produkce ryb v nížinných rybnících s vysokým podílem živin je v rozmezí 200 – 300 kg na hektar a s rostoucí nadmořskou výškou klesá až na 50 kg na hektar (Adámek *a kol.*, 2010).

Rybníky jsou zaměřeny na dosažení maximální produkce a jejich obsádky jsou voleny s ohledem na charakter rybníka. Ve většině případů čítají pouze několik rybích druhů (Dubský *a kol.*, 2003). Po šest století se na našem území hospodářsky využívá v chovu Kapr obecný (*Cyprinus carpio*) a o něco kratší dobu zřejmě ve zbytku Evropy, ale v Číně chovají kapra déle než 2 000 let. Na obou kontinentech, v průběhu času rybníkáři zdokonalují své techniky chovu a navazují na cenné zkušenosti získané předchozími generacemi rybářských hospodářů (Coker, 1968). Kapr obecný tvoří necelých 87 % z produkce všech ryb v České republice, která je získávána z polointenzivního chovu slučujícího přirozenou potravu s příkrmováním (Másilko, 2009). Polointenzifikační rybníky jsou na našem území nejrozšířenější skupinou a jejich hlavním významem není pouze funkce rybochovná, ale také retence vody, zavlaha a jiné, což snižuje výnosy produkce ryb z rybářského hlediska. Obsádku stanovíme podle míry přirozené produkce navýšenou o produkci dosaženou hnojením a příkrmováním (Fuka, 1985).

V průběhu posledních dvou staletí narůstala trofie rybníků a poté se zvyšovaly i obsádky ryb a stavy zooplanktonu zejména ve vegetační sezóně a s nimi spojená značná sezónní dynamika mnoha přítomných druhů, jak planktonu, tak ryb (Přikryl a Faina, 1996). Druhově nejpestřejší spektrum zooplanktonu lze najít v rybnících s nízkým až středním stupněm intenzifikace. Rybníky s takovými podmínkami poskytují pro ryby



uspokojivou potravní nabídku a je zde dostatečná vodní vegetace, na kterou je v příbřežní zóně fixován litorální zooplankton (Příkryl, 1996).

## 2.4 Potrava a krmení kapra v rybnících

V rybnících s chovem kapra obecného se přikrmuje převážně obilovinami. Přikrmováním rozumíme podávání krmiv rybám v podmínkách, kde je dalším zdrojem potravy přirozená potrava (Adámek *a kol.*, 2010; Čítek, 1998) a při nedostatku přirozené potravy je vhodné zařadit mezi složku potravy ryb kvalitnější krmiva (Dubský *a kol.*, 2003). Aby bylo krmivo efektivně využito kaprem na přírůstek, měl by poměr přirozené potravy, kterou zkonsumuje z jeho celkové potravy dosahovat nejméně 50% a v daném prostředí by měli být optimální kyslíkové poměry (Čítek, 1998). Pokud se zooplanktonní organismy vyskytují masově, krmení omezíme do doby, než se jejich výskyt v rybníku sníží na hojný, což znamená například průhlednost nad 1m při třech krmných dnech v týdnu a rybí obsádkou  $K_{1-2}$  (Janeček a Příkryl, 1982). Lze přikrmovat i krmivy méně vhodnými pro hospodářská zvířata (Čítek, 1998).

Raná vývojová stádia ryb se obvykle živí, v době přechodu na exogenní výživu, živočišnou složkou jemného zooplanktonu, jenž v tomto období ontogeneze plní významnou funkci (Kalff, 2002; Čítek, 1998; Dubský *a kol.*, 2003) a při nízkých stavech četnosti zooplanktonu z něj raná vývojová stádia ryb preferují při výběru potravy skupinu perlooček (Cladocera), konkrétně pak rod *Bosmina* (Goździewska a Tucholski, 2010), jakožto i raná stádia býložravých a dravých druhů ryb (Sukop a Heteša, 1984). Plůdek je limitován svou velikostí ve výběru potravy, a proto je jeho hlavní složkou potravy drobný plankton (Karaová, 2000).

Kapr obecný (*Cyprinus carpio*) je všežravý druh s rozmanitou škálou potravy, do které patří také značná část sekundární produkce rybníka (Adámek *a kol.*, 2010). V prvním roce se kapří plůdek živí převážně zooplanktonem, jež doplňují fytofilní organismy, jako například larvy některých pakomárů (*Cricotopus*, *Phytotendipes*) či jepic (*Cloeon*) a pakomárů (*Chironomus*). Při nedostatku živočišné potravy je přijímána i rostlinná strava (Hrabě, 1946). Od druhého roku života je hlavní potravní složkou kapra makrozoobentos (larvy pakomárů, nitěnky), ale v případě nadměrného rozvoje velkých filtrujících perlooček (*Daphnia magna*, *D. pulex*) je schopen tyto dafnie efektivně využít i tříletý a starší kapr (Adámek *a kol.*, 2010).

Podmínkou získání vysokých produkcí kapra přikrmovaného umělými krmivy je precizní sestavení plánu, který sestává z potřebného množství krmiva daného druhu. Obiloviny jako krmivo může kapr účelně v polointenzifikačních rybních využít pouze při výskytu dostatečného množství přirozené potravy, které Faina (1983) v metodice VÚRH Vodňany osvětluje v návodu pro rybníkáře vztahy zooplankton-ryby, aby v praxi jednoduše dokázali odhadnout zhodnocením zooplanktonu reálnou hmotnost ryb obývajících danou nádrž (Faina, 1983). Podle Fuky (1985) a závěrů z jeho konzultace s RNDr. Fainou je tato metoda poměrně přesná.

Smysl studia vztahů krmivo - zooplankton, potažmo přikrmování – přirozená potrava, významných složek potravy kapra, spočívá v prohloubení poznání na jednu stranu z hlediska hydrobiologického a hydrochemického (např. kvalita vody) a na straně druhé z pohledu rybářského managementu. Tato bakalářská práce v podstatě spojuje oba zmiňované obory mapováním společenstva zooplanktonu v rybnících s přikrmováním.

Krmné dávky je třeba volit s přihlédnutím k zásobám přirozené potravy rybníka, hmotnosti obsádky a také jejímu zdravotnímu stavu, teplotě vody a nasycení vody kyslíkem (Janeček a Přikryl, 1992). Literárních pramenů zaměřených přímo na společenstva zooplanktonu v rybnících s přikrmováním pšenicí či granulemi je málo a informace jsou velmi kusé.

Kaprovité ryby získávají hmotnostní přírůstek ve vegetačním období, když přijímaná potrava pokryje záchovnou a zároveň produkční dávku, na rozdíl od zimy, kdy příjem potravy nestačí ani na záchovnou dávku (Dubský *a kol.*, 2003). Avšak určit limitující zdroje pro zooplankton v daných podmínkách, je relativně obtížné, protože jednotlivé druhy požírají odlišnou potravu, na rozdíl od fytoplanktonu, který je limitován zejména minerálními živinami a světlem (Šustrová, 2001).

Příliš vysoké krmné dávky platí za ekonomicky nevyužitelné, protože kapr dokáže přijmout více potravy, než je schopen vstřebat, jelikož rostoucí příjem potravy je přímo úměrný průchodu potravy trávicím traktem. Vhodné je volit nižší častěji frekventované dávky krmiva, které kapra nezasytí kompletně vzhledem k tomu, že si vyhledá ostatní přirozenou potravu sám v rybníce (Čítek, 1998).

Čím více informací o potravní nabídce v daném habitatu máme k dispozici, tím snáze stanovíme optimální složení komponent krmiva předkládaného rybám a při chudé potravní nabídce přirozené potravy včas aplikujeme plnohodnotná krmiva. Existenci a

kvalitu přirozené potravy lze zjišťovat na fixovaném materiálu či přímo u živých ryb (Sukop a Heteša, 1984). Průplach zažívacího traktu kapra popsal v metodice Faina (1983). V plůdkových rybnících o malém objemu je vyžírání tlak vytvářený na zooplankton zvláště patrný na jeho skladbě, již po 2-3 týdnech od nasazení ryb při nízké úmrtnosti. Je důležité kontrolovat přítomnost zooplanktonu, hlavní složku potravy plůdku ryb. Zejména je nutné sledovat, v rybnících s velkým rozvojem hrubého dafniového zooplanktonu, jestli samičky dafnií mají vytvořená vajíčka v zárodečných vacích. Pokud samičky postrádají vajíčka a začnou se u nich tvořit tmavá trvalá vajíčka, tak jsou sužovány nedostatkem potravy (zřejmě i celé společenstvo zooplanktonu) a tato skutečnost přináší riziko masového úhynu zooplanktonu (Faina, 1983).

Ryby, které konzumují drobnou potravou, mají v hltanu lépe vyvinut filtrační aparát z žaberních tyčinek, jejichž hustota, počet a délka jsou odvislé od typu přijímané potravy. Skrze tento ústroj pak cedí potravu nebo může být zcela uzavřen (Dubský *a kol.*, 2003). Filtrační kapacita je u jedinců zooplanktonu malých rozměrů (vířníci) přibližně několik tisíc ml denně, oproti tomu větší filtrační kapacitu mají například perloočky (Cladocera), kde se pohybuje řádově v mililitrech na den. Se zvyšující se biomasou zooplanktonu roste i celkový filtrační efekt a může vyústit ve značnou redukci fytoplanktonu (Adámek *a kol.*, 2010).

V přírodě ve vodních nádržích, které nemají rybí obsádku regulovanou člověkem je běžný výskyt velkých jedinců zooplanktonních organismů, protože právě osídlení planktonožravých ryb na jednotku plochy je menší (Pechar *a kol.*, 1988).

Přirozená potrava stačí ke zdárnému vývoji, růstu a rozmnožování ryb. Je pro ni charakteristický vyvážený poměr živin a vysoký obsah bílkovin. Esenciální aminokyseliny přijaté rybou v potravě se uplatňují v procesu trávení (tzv. autolytické enzymy), tedy i pro dobrou stravitelnost můžeme přirozenou potravu označit za plnohodnotný zdroj výživy, který je v polointenzivních chovech základem krmné dávky (Dubský *a kol.*, 2003) a spolu s teplotním a kyslíkovým režimem rybníka v daném období, zdravotním stavem ryb, hodnotu pH, kvalitou krmiv, krmnou technikou atd. určuje skutečnou spotřebu krmiv a intenzitu krmení (Janeček a Přikryl, 1982). Z důvodu značných změn potravní nabídky v rybníku během sezóny je účelné posoudit významnost potravní nabídky nenáročnou kvantitativní metodou pomocí bílé desky, kdy zjišťujeme objem a počet přítomného zooplanktonu s následným porovnáním reálného příjmu potravy, tudíž s kontrolou trávicího traktu ryb (Faina, 1983).

Krmiva doplňující přirozenou potravu (hlavní zdroj bílkovin) jsou zejména zdrojem sacharidů a lipidů, takže pozřené v organismu hrají roli zdroje zásobárny energie jak krátkodobě (sacharidy), tak dlouhodobě (lipidy) využitelné. Na konečném přirozeném přírůstku mají podíl příkrmování a přirozená potrava přibližně v poměru 1:1 (Dubský *a kol.*, 2003). Potřebu hnojení, jako způsob podpory rozvoje přirozené potravy, reguluje různý stupeň rozvoje zooplanktonu a vegetačního zákalu (Janeček a Přikryl, 1982).

Periodické příkrmování na stejná krmná místa tlumí potravní aktivitu kapra, a proto je sníženo celoplošné využití přirozené potravy (Adámek *a kol.*, 2010), které ztěžuje odběr reprezentativních vzorků planktonu. Obecně platí, že zooplankton není rozmístěn rovnoměrně, ani náhodně (Edmondson a Winberg, 1971). Jeho rozložení je proměnlivé (Hartman, 1988), ale obvykle bývá hojný ve vrchních vrstvách vodního sloupce (Edmondson a Winberg, 1971).

Pro laboratorní vyšetření je důležité správně odebrat vzorek, aby byl typický pro dané prostředí a správně jej zafixovat, popsat a uchovat (Harris *a kol.*, 2000). V části vzorků planktonu, odebraných stejným způsobem jako v minulosti, jsou v současnosti objevovány vyšší počty živočichů (Baxa, 2010).

### 3. Metodika

Vzorky zooplanktonu byly odebírány z experimentálních rybníků na pokusnictví Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického ve Vodňanech vědeckými pracovníky v průběhu tří let (2008-2010) v rámci pokusu, jehož hydrobiologickou částí se zabývá tato práce (bakalářská). Odběry vzorků probíhaly od května do září (případně října), za použití vrhací planktonní sítě. Odebírány byly vždy tři horizontální tahy o délce 3 m na jeden vzorek, který byl dále zafixován roztokem formaldehydu (4%) do 100 ml PE-lahvičky. K determinaci vzorků byl použit optický mikroskop Olympus BX 51 při čtyřnásobném zvětšení objektivu a desetinásobným zvětšením okuláru. V průběhu let 2011 a 2012 byly planktonní organizmy ze vzorků určeny a spočítány pod mikroskopem, následně pak zapracovány do této práce.

Po vnoření pipety do lahvičky se vzorkem byly sedimentované organismy zvířeny, aby byl nabraný podvzorek reprezentativní. Poté se napipetovaný objem (většinou 1,5 ml) přenesl na Sedgwick-Rafterovu počítací komůrku, kam byl rovnoměrně rozprostřen. Zde byl podvzorek planktonu prohlédnut a po determinaci zaznamenaných druhů, se přistoupilo k jejich sčítání dle jednotlivých taxonů. Buchanky (Cyclopoida), které dominovaly skupině klanonožců (Copepoda), byly v prvním roce reprezentovány druhem *Acanthocyclops trajani*, ale v dalších letech se buchanky nedeterminovaly na úrovni druhu, třídily se pouze na naupliová stádia a kopepoditová stádia společně s dospělci. Následně, po sečtení jednotlivých taxonomických skupin, byla ze zjištěných hodnot vypočtena početnost jednotlivých taxonomických skupin zooplanktonu v abundanci jedinců na 1 dm<sup>3</sup>. Přítomnost fytoplanktonu se zaznamenávala, pokud se v daném vzorku vyskytoval ve větším množství.

Pokusné rybníky leží v nadmořské výšce cca 398 m. n. m., mají stejnou průměrnou hloubku (0,8 m) a rozlohu (0,16 ha), ve sledovaných letech byl v rybnících odchováván kapr obecný polointenzivním způsobem s příkrmováním, kde v roce 2008 na rybníku 45 (příkrmování pšenicí) počet nasazených ryb (kapr) v přepočtu činil 1250 ks.ha<sup>-1</sup>. Následující sezónu byla početnost nasazené rybí obsádky rybníku číslo 41 s příkrmováním granulemi ve výši 1875 ks.ha<sup>-1</sup> (nejvyšší ze všech tří sezón). Abundance obsádky ryb roku 2010, kdy se v obou rybnících příkrmovalo pšenicí, v přepočtu na hektar činila cca 518 ks.ha<sup>-1</sup>. V obou rybnících byla početnost nasazených ryb v posledním roce stejná.

V prvním roce (2008) byly odebrány vzorky z rybníku číslo 45 s příkrmováním pšenicí a hustotou obsádky kapra 375 kg.ha<sup>-1</sup>. Ryby byly krmeny v pravidelných intervalech pětkrát týdně v dávce 2-3 % aktuální biomasy s korekcí na teplotu. Celkem bylo zkrmeno 520 kg pšenice na rybník.

V další sezóně (rok 2009) byl rybník číslo 41 s příkrmováním granulemi obohacenými řepkovými výlisky a hustotou obsádky kapra 1500 kg.ha<sup>-1</sup>. Ryby byly krmeny pětkrát týdně v dávce 2-3 % aktuální biomasy s korekcí na teplotu. Celkem bylo zkrmeno 1000 kg řepkových granulí na rybník.

V posledním roce (2010) probíhal pokus na dvou rybnících číslo 41 a 45 s příkrmováním pšenicí a hustotou obsádky 186-200 kg.ha<sup>-1</sup>. Ryby byly příkrmovány pšenicí pětkrát týdně v dávce cca 2 % aktuální biomasy s korekcí na teplotu. Na každém z rybníků bylo celkem zkrmeno 147,4 kg pšenice.

Přežití ryb se pohybovalo v rozmezí od 92 do 98 %. V roce 2010 byly do rybníčků nasazeny výrazně nižší iniciální hmotnosti obsádky ryb ve srovnání s roky 2008 a 2009. Nízké obsádky ryb měly příznivý vliv na kvalitu vody v rybníčcích, což se projevilo nižším procentem nedodržení imisních standardů měřených parametrů vody ve srovnání s předchozími lety, tak mírou jejich překročení. Hmotnost obsádky byla zjištěna individuálním vážením všech jedinců.

Během sledovaných měsíců byly měřeny tyto parametry vody: koncentrace kyslíku u hladiny a v hloubce 50 cm, teplota, pH, KNK<sub>4,5</sub> a další parametry chemismu vody. V průběhu vegetační sezóny bylo uskutečněno 6 odběrů a analýz vody, což představuje pro každou skupinu tří rybníků 18 analýz. Tyto parametry byly zpracovány pracovníky VÚRH Vodňany.

## 4. Výsledky

### 4.1. Chemismus vody

Z dosažených výsledků vyplývá, že zvýšená intenzita rybářské výroby se negativně odrazila na kvalitě vody, a to zejména v ukazatelích organického zatížení vody, kde imisní standardy (CHSK<sub>Cr</sub> a BSK<sub>5</sub>) požadované nařízením vlády č.61/2003 Sb. ve znění pozdějších předpisů byly dodrženy jen výjimečně (v roce 2009), a to i u rybníků, kde ryby nebyly přikrmovány (výzkum na těchto rybnících je součástí experimentu, jehož částí se zabývá tato bakalářská práce), také hodnoty ukazatelů kvality vody, získané v průběhu sledování, byly výrazně vyšší.

Jak vyplývá z tabulek uvedených níže, imisní standardy nebyly dodržovány opakovaně zhruba o 10 - 30 %. V tabulce 1 jsou uvedeny hodnoty přípustného znečištění povrchových vod podle přílohy č. 3 k nařízení vlády č. 61/2003 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Další tabulky (Tab. 2-5) pak ukazují hodnoty jednotlivých parametrů v sledovaných pokusných rybnících.

Tab. 1 Přípustné parametry znečištění povrchových vod

parametr kvality vody	pH	O <sub>2</sub>	BSK <sub>5</sub>	CHSK <sub>Cr</sub>	P	N	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
přípustné znečištění [mg.l <sup>-1</sup> ]	6,8	> 6	6	32	0,2	8	0,5	0,14	7

Tab. 2 Chemismus vody v roce 2008, rybník číslo 45

Datum	měřené parametry [mg.l <sup>-1</sup> ]										
	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	N	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	P	KNK <sub>4,5</sub>	CHSK <sub>Mn</sub>	CHSK <sub>Cr</sub>	BSK <sub>5</sub>	NL
19.5.	0,16	0,28	0,012	1,3	0,021	0,13	0,7	9	29	5,1	112
2.6.	0,15	0,18	0,004	1,4	0,026	0,13	0,6	9,4	30,1	5,7	132
16.6.	0,11	0,28	0,017	1,4	0,64	0,28	0,8	14,7	34,5	6,7	170
21.7.	0,2	0,2	0,002	2	0,034	0,27	1	14,8	35	8	178
11.8.	0,25	0,14	0,011	2,3	0,078	0,43	1	17,2	52	9,8	220
8.9.	0,34	0,34	0,009	2,2	0,091	0,66	0,9	20,8	49	8,8	232

Měřené parametry vycházejí v mg.l<sup>-1</sup>, vyjma hodnoty KNK<sub>4,5</sub>, jenž vychází v mmol.l<sup>-1</sup>.

Nižší hodnoty CHSK<sub>Cr</sub> (Tab. 2) naměřené v roce 2008 ukazují na menší zatížení organickými látkami, oproti výsledným údajům těchto metod analýzy vody (BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Cr</sub>) v roce 2009 (Tab. 3). V tomto rybníku (č. 41), kde byly ke krmení použity

řepkové granule na rozdíl od pšenice v předchozím a následujícím roce, vzrostly i hodnoty BSK<sub>5</sub> potvrzující větší množství organické hmoty, oproti výsledným údajům těchto metod analýzy vody (BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Cr</sub>) v roce 2008 (Tab. 2).

Tab. 3 Chemismus vody v roce 2009, rybník číslo 41

datum	měřené parametry [mg.l <sup>-1</sup> ]										
	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	N	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	P	KNK <sub>4,5</sub>	CHSK <sub>Mn</sub>	CHSK <sub>Cr</sub>	BSK <sub>5</sub>	NL
4.5.	0,1	0,42	0,009	2,4	0,079	0,32	0,5	17,3	40,4	13,5	71
10.6.	0,18	0,14	0,014	2,8	0,072	0,61	0,7	22,9	55,9	19	117
20.7.	0,19	0,20	0,018	2	0,086	0,48	0,75	19,2	51,4	12,9	144
18.8.	0,28	0,12	0,006	3,2	0,048	0,63	1	22,4	77	26,4	88,7
5.10.	0,27	0,19	0,014	2,9	0,064	0,12	0,9	22,9	59,6	13,5	55,6

Měřené parametry vycházejí v mg.l<sup>-1</sup>, vyjma hodnoty KNK<sub>4,5</sub>, jenž vychází v mmol.l<sup>-1</sup>.

V průběhu měření hodnot BSK<sub>5</sub> došlo 26. června 2010, u obou rybníků (41 a 45), k nočnímu výpadku elektrického proudu, a tudíž přístroj, který měřil hodnoty BSK<sub>5</sub>, je nemohl zaznamenat a odečtené hodnoty se pohybovaly od 1,4 – 5,1 mg.l<sup>-1</sup>, proto je nelze použít. Nejvyšší naměřená hodnota alkality KNK<sub>4,5</sub> 1,2 mmol.l<sup>-1</sup> byla zjištěna 21. září 2010 v rybníku číslo 41 (Tab. 4). A také v rybníku číslo 45 v roce 2010 dosáhla nejvyšší hodnoty v září (Tab. 5).

Tab. 4 Chemismus vody v roce 2010, rybník číslo 41

Datum	měřené parametry [mg.l <sup>-1</sup> ]										
	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	N	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	P	KNK <sub>4,5</sub>	CHSK <sub>Mn</sub>	CHSK <sub>Cr</sub>	BSK <sub>5</sub>	NL
25.5.	0,09	1,18	0,039	2,1	0,02	0,03	0,75	9,3	8,7	4	5,96
26.6.	0,2	1,1	0,036	2,7	0,033	0,12	0,9	12,1	15,4	x	12,4
26.7.	0,09	0,33	0,023	2,7	0,029	0,22	0,95	13,9	26	9	27,8
24.8.	0,09	0,92	0,036	3	0,041	0,21	1	13,4	22	8,5	31,9
21.9.	0,14	1	0,014	2,3	0,028	0,13	1,2	12,9	20	7,5	20,4

Měřené parametry vycházejí v mg.l<sup>-1</sup>, vyjma hodnoty KNK<sub>4,5</sub>, jenž vychází v mmol.l<sup>-1</sup>.



Tab. 5 Chemismus vody v roce 2010, rybník číslo 45

Datum	měřené parametry [mg.l <sup>-1</sup> ]										
	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	N	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	P	KNK <sub>4,5</sub>	CHSK <sub>Mn</sub>	CHSK <sub>Cr</sub>	BSK <sub>5</sub>	NL
25.5.	0,06	0,54	0,021	1,9	0,013	0,06	0,7	13,2	17,9	8	9
26.6.	0,05	0,16	0,001	1,5	0,016	0,14	0,5	11,5	16,3	x	28,15
26.7.	0,14	0,22	0,016	4,6	0,073	0,41	0,8	19,1	59	14,3	60
24.8.	0,19	0,16	0,014	3,3	0,067	0,45	1	19,7	45	17,1	44,2
21.9.	0,13	0,23	0,005	2,5	0,032	0,46	1,1	18,6	41	16,9	67,3

Měřené parametry vycházejí v mg.l<sup>-1</sup>, vyjma hodnoty KNK<sub>4,5</sub>, jenž vychází v mmol.l<sup>-1</sup>.

Tab. 6 Hodnota pH a teplota vody v roce 2010, rybník číslo 41

Datum	měřené parametry	
	pH	Teplota (°C)
25.5.	8,3	16,2
22.6.	7,9	18
26.7.	8,3	20,6
24.8.	8,9	23,4
22.9.	8,4	14,1

Na rybníku číslo 41 dosahovala teplota vody v průměru nižších hodnot (Tab. 6), než na rybníku číslo 45 (Tab. 7).

Tab. 7 Hodnota pH a teplota vody v roce 2010, rybník číslo 45

datum	měřené parametry	
	pH	Teplota (°C)
25.5.	7,3	17,4
22.6.	7,4	19,6
26.7.	8,9	21
24.8.	7,8	23,4
22.9.	8,4	15,8

Průhlednost vody byla měřena pouze v posledním roce (2010). Vyšších hodnot dosahovala v rybníku číslo 41 o obsádce kapra 186 kg.ha<sup>-1</sup>. V rybníku číslo 45 byla

průhlednost nižší, než v prve zmiňovaném, zřejmě v důsledku vyšší míry hmotnosti nasazených ryb ( $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), tudíž i většího zatížení organickými látkami. Nejvyšší hodnota průhlednosti vody byla naměřena v říjnu na rybníku číslo 41 a činila 80 cm, což znamená, že bylo vidět až na dno (Tab. 8).

Tab. 8 Průhlednost vody v roce 2010 v cm na rybnících číslo 41 a 45 s příkrmováním pšenicí

datum	měřené parametry	
	41	45
26.7.	30	20
2.8.	40	25
24.8.	40	20
30.8.	40	25
16.9.	45	20
22.9.	35	20
5.10.	80	20

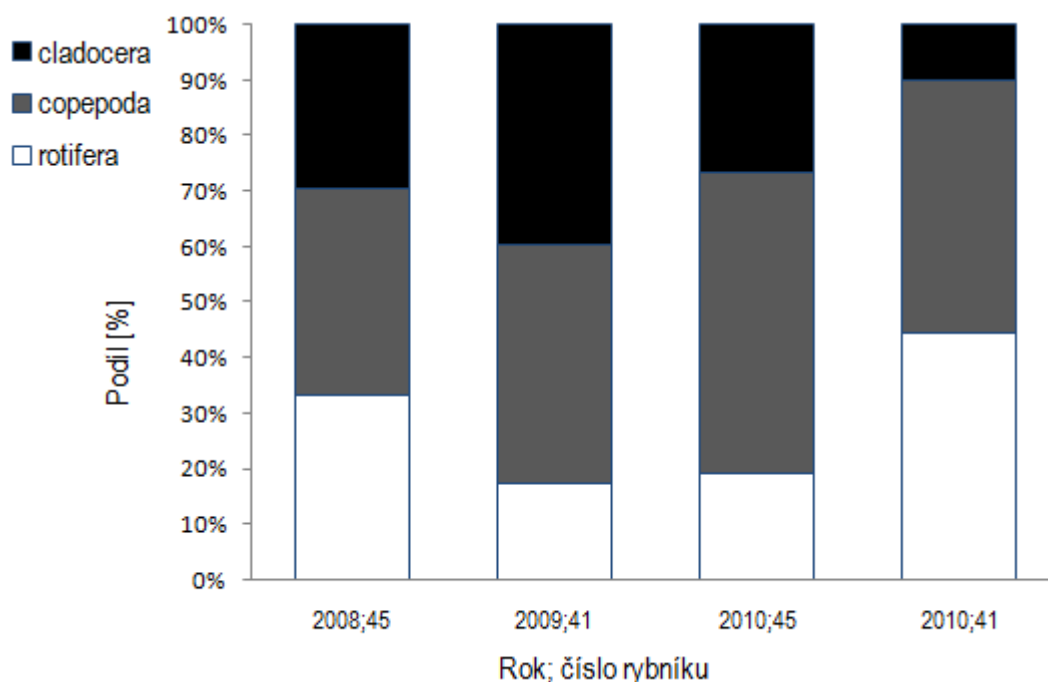
#### 4.2. Struktura a dynamika zooplanktonu

Celkem bylo zjištěno 20 druhů planktonních organismů, přičemž mezi klanonožci byly determinovány pouze buchanka *Acanthocyclops trajani* a vznášivka *Eudiaptomus gracilis* v prvním roce 2008, vznášivky (Calanoida) zastupoval zmíněný druh i v roce 2010. Zastoupení kmene vírníků (Rotifera) čítalo 11 druhů a řád perlooček (Cladocera) byl reprezentován 7 determinovanými druhy. Složení zooplanktonu se mezi rybníky lišilo druhově i v početnosti, nejvíce patrné rozdíly byly zaznamenány u skupiny vírníků (Obr. 1).

Mezi téměř permanentně se vyskytující vírníky patřily druhy *Keratella cochlearis*, *K. quadrata* či *Asplanchna priodonta*. Klanonožci patřili po celé tři roky k nejpočetněji zastoupené skupině a tento řád byl zastoupen ve všech vzorcích svými vývojovými stádii. Dominantními druhy perlooček, stabilně se vyskytujícími v průběhu pokusu, byly *Bosmina longirostris* a *Daphnia pulicaria*. Vyskytovaly se tedy v podmínkách s velmi odlišnou biomasou rybí obsádky, která se pohybovala v širokém rozmezí od  $186 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  do  $1500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Fytoplankton se zaznamenával pouze při hojném množství. V červnu 2008 a červnu a září 2010 byl ve vzorcích zaznamenán váleč *Volvox globator* a v červenci, srpnu 2008

a červnu a srpnu 2010 se vyskytovalo značné množství obrněnky *Ceratium hirundinella*.

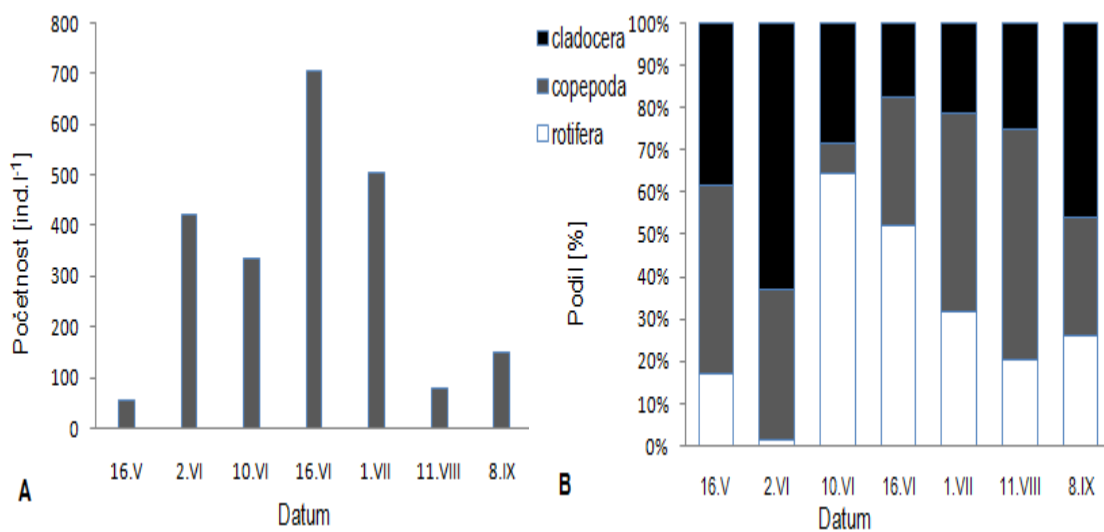


Obr. 1 Zastoupení taxonomických skupin zooplanktonu v průběhu celého pokusu

V první sezóně 2008 se abundance vířníků pohybovala řádově v jednotkách (9 a 7 ind.l<sup>-1</sup>) na přelomu května a června, ve stovkách (od 162 do 369 ind.l<sup>-1</sup>) od poloviny června do začátku července, v srpnu a září pak v desítkách (16 a 39 ind.l<sup>-1</sup>) jedinců na litr (Obr. 2). V četnosti dominovaly v prvním roce druhy *Polyarthra vulgaris*, *Brachionus variabilis* a *B. angularis*.

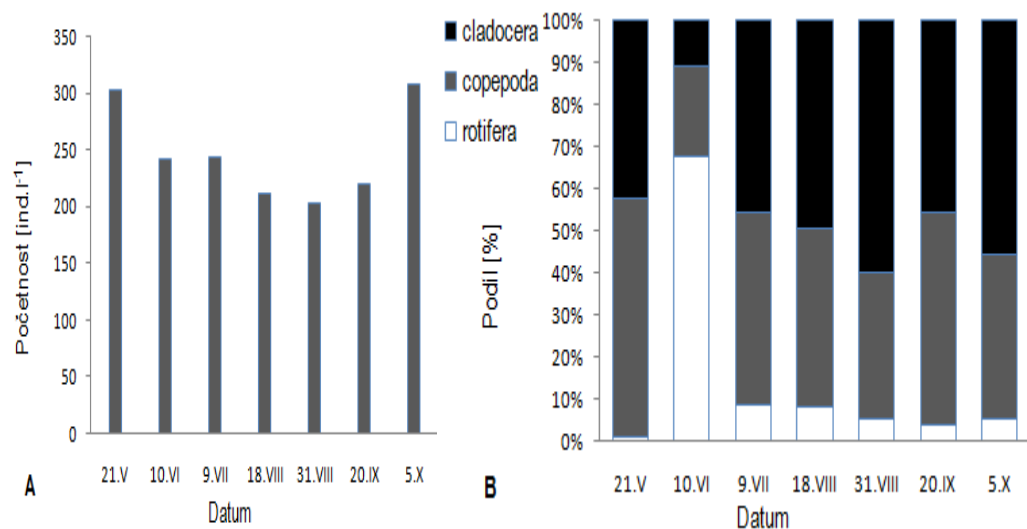
Přítomnost klanonožců kolísala, v první sezóně, od desítek (od 21 do 42 ind.l<sup>-1</sup>) po stovky (od 148 do 238 ind.l<sup>-1</sup>) na začátku června a na přelomu července a srpna (Obr. 2). Společenstvu klanonožců dominovala nauplia buchaneček, převažující nad kopepoditovými stádii a dospělci. Ve dvou letech, kdy byly zaznamenány vznášivky, byla jejich početnost velmi nízká, 0,4 % z celkové početnosti klanonožců v roce 2008 a pouze 0,1 % v posledním roce 2010.

Perloočky reprezentovaly zejména druhy *Bosmina longirostris*, *Daphnia pulex* a *D. magna*. Jejich početnost se pohybovala v desítkách (od 19 do 68 ind.l<sup>-1</sup>) a stovkách (od 107 do 266 ind.l<sup>-1</sup>) jedinců na litr v prvním roce (Obr. 2), v němž byla pozorována největší druhová diverzita (7 druhů).



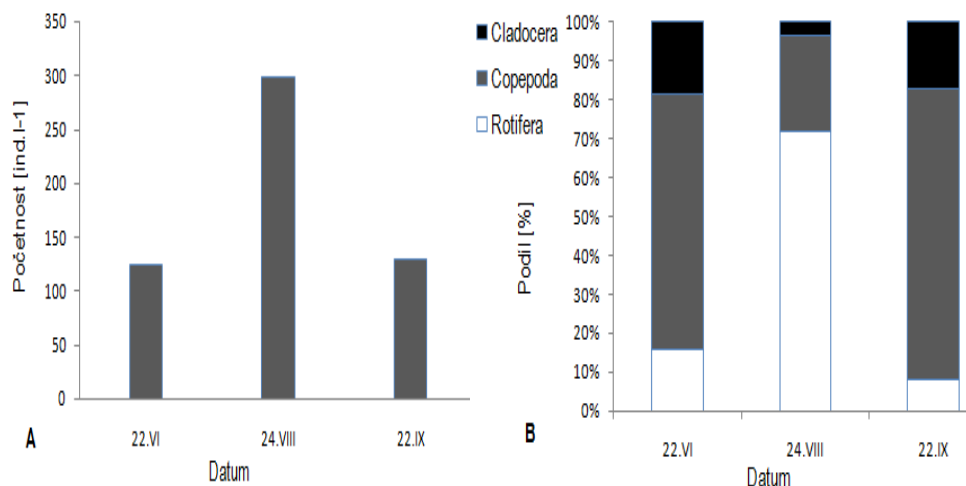
Obr. 2 Celková abundance zooplanktonu v jednotlivých měsících roku 2008 na rybníku číslo 45 s příkrmováním pšenicí (A) a podíl zastoupení jednotlivých skupin zooplanktonu v roce 2008 na rybníku číslo 45 (B)

V následujícím roce 2009 se početnost vířníků pohybovala řádově v rozmezí 3 - 21 ind.l<sup>-1</sup>, pouze v červnu vzrostla abundance vířníků na 164 ind.l<sup>-1</sup>. Zástupci klanonožců se vyskytovali v další sezóně roku 2009 v rozmezí 52 -170 ind.l<sup>-1</sup>. Výskyt perlooček v druhé sezóně byl relativně stejnoměrný a v červnu dosáhl svého minima (26 ind.l<sup>-1</sup>), kdy planktonnímu společenstvu dominovali vířníci. Skupině perlooček dominoval druh *Bosmina longirostris* (79 %) a *Daphnia longispina* (15 %) a *D. pulicaria* (4 %). Tato data jsou zobrazena v následujícím obrázku (Obr. 3).



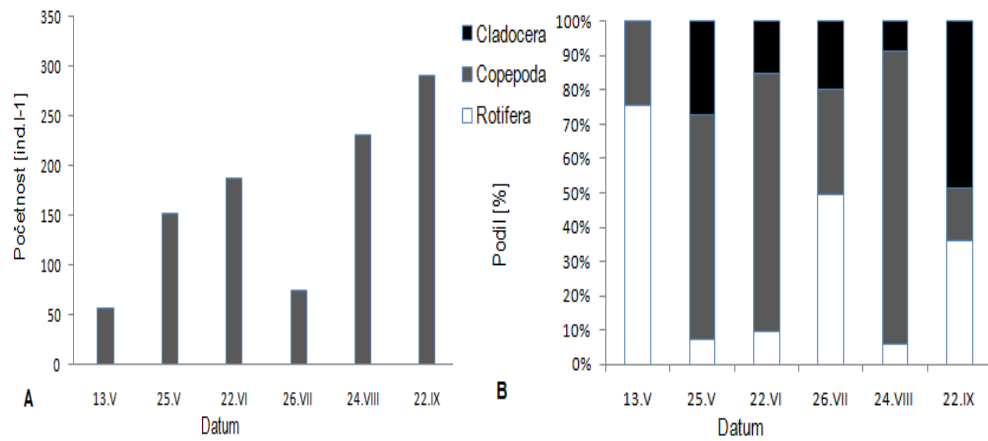
Obr. 3 Graf (A) znázorňuje celkovou abundanci zooplanktonu, v jednotlivých měsících roku 2009 na rybníku číslo 41 s příkrmováním řepkovými granulemi, vyjádřenou v jedincích na litr a graf (B) udává podíl zastoupení jednotlivých skupin zooplanktonu v jednotlivých měsících v roce 2009 na rybníku číslo 41 vyjádřený v procentech

Rybník číslo 41 měl v roce 2010 nižší obsádku ( $518 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) nasazených ryb (o hmotnosti  $186 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) než rybníky v předchozích letech a byl osídlen společenstvem zooplanktonu, z nějž se vířníci vyskytovali v průběhu vegetační sezóny v početnosti řádově desítek (v rozmezí od 10 do  $20 \text{ ind} \cdot \text{l}^{-1}$ ) a stovek ( $215 \text{ ind} \cdot \text{l}^{-1}$ ) pouze v srpnu. Poslední rok přinesl relativně vyrovnanou abundanci klanonožců ( $73 - 97 \text{ ind} \cdot \text{l}^{-1}$ ) v odebraných vzorcích zooplanktonu z rybníku číslo 41. Mezi perloočkami převažovaly druhy *Bosmina longirostris* a *Daphnia pulex*, jejichž výskyt se pohyboval v desítkách ( $11 - 23 \text{ ind} \cdot \text{l}^{-1}$ ) jedinců na litr (Obr. 4).



Obr. 4 Graf (A) znázorňuje celkovou abundanci zooplanktonu v jednotlivých měsících roku 2010 na rybníku číslo 41 s příkrmováním pšenicí (v jedincích na liter) a graf (B) udává podíl zastoupení jednotlivých skupin zooplanktonu v jednotlivých měsících v roce 2010 rybníku číslo 41 (v procentech)

Početnost vířníků, v rybníku číslo 45 v roce 2010, se pohybovala řádově v desítkách (od 11 do 43 ind.l<sup>-1</sup>) s výjimkou měsíce září, kdy byl zaznamenán jejich výskyt ve stovkách (104 ind.l<sup>-1</sup>) jedinců na liter. Zastoupení klanonožců fluktovalo od desítek (14 – 98 ind.l<sup>-1</sup>) až po stovky (141 – 197 ind.l<sup>-1</sup>). Celkový podíl zastoupení perlooček byl, v tomto roce v rybníku číslo 45, ze třech skupin zooplanktonu nejnižší (od 14 do 140 ind.l<sup>-1</sup>), jak je patrné z následujícího grafu B (Obr. 5).



Obr. 5 Graf (A) znázorňuje celkovou abundanci zooplanktonu v jednotlivých měsících roku 2010 na rybníku číslo 45 s příkrmováním pšenicí, vyjádřenou v jedincích na litr a graf (B) udává podíl zastoupení jednotlivých skupin zooplanktonu v jednotlivých měsících v roce 2010 rybníku číslo 45 (v procentech)

## 5. Diskuze

Zastoupení jednotlivých skupin zooplanktonu se v rybnících v průběhu roku měnilo. Výsledné změny byly v souladu s pozorovanými trendy i v ostatních rybnících (Kosík, 2007; Baxa, 2010; Potužák, 2009), Goździejewska a Tucholski (2010), Adámek *a kol.* (2010), kdy nejprve převažují vířníci (Rotifera) a klanonožci (Copepoda), posléze jsou nejpočetněji zastoupeny perloočky (Cladocera) a na podzim s blížícím se koncem sezóny převažují klanonožci s vířníky nebo perloočky.

Skladba zooplanktonu u obou rybníků byla podobná, víceméně se lišila jen v četnosti výskytu jednotlivých druhů v průběhu pokusu (v letech 2008 – 2010) a ve světle publikovaných dat hydrobiologických studií (Hrbáček, 1962; Goździejewska a Tucholski, 2010) je z nich patrné, že síla vyžíracího tlaku rybí obsádky je hlavním faktorem schopným modifikovat složení zooplanktonu a jeho sukcesi, známé jako kontrola shora („Top-down” efekt) tak jako se lišilo v tomto experimentu v jednotlivých letech s rozdílnou obsádkou ryb (518 – 1875 ks.ha<sup>-1</sup> a 186 – 1500 kg.ha<sup>-1</sup>), když kvalitativní a kvantitativní kompozice planktonního společenstva byla odlišná mezi oběma rybníky a v jednotlivých letech.

Vířníci byli v prvním roce 2008 zastoupeni převážně druhy *Asplanchna priodonta*, *Brachionus angularis*, *Keratella cochlearis*, *K. quadrata* a *Polyarthra vulgaris*, které Kosík (2007) označuje za běžné druhy rybničního společenstva zooplanktonu, ačkoliv je nalézal i v tůních.

Ve vzorcích je zřejmá spojitost ve výskytu klanonožců, protože minimum jejich výskytu nastalo v měsíci srpnu, kromě rybníku číslo 45 v roce 2010, kdy svého minima tento řád dosáhl již v červenci. Klanonožci byly nejpočetněji zastoupenou skupinou zooplanktonu s dominancí naupliových stádií. To je obvyklé v rybnících v letních měsících což potvrzuje i studie Goździejewské a Tucholskiho (2010). Ačkoliv naupliová stádia nebyla rozlišována na úrovni buchanek (Cyclopoida) či vznášivek (Calanoida) abundance vznášivek byla po celou dobu studie zanedbatelná. Podobnou stabilitu výskytu klanonožců a především pak naupliových stádií zpozoroval ve své studii také Baxa (2010), v jehož výsledcích byla dominance buchanek ještě zjevnější, než ve výsledcích této práce.

Další skupina zooplanktonu, perloočky byly zastoupeny především rodem *Daphnia* a *Bosmina*, které reprezentoval v největším počtu druh *Bosmina longirostris* (72 %



z celkového počtu perlooček během třech sezón), dále pak *Daphnia pulicaria* (12 %), *D. magna* a *D. longispina*. V menším počtu se vyskytovaly druhy *Moina micrura*, *D. galeata*, které byly nalezeny jen v prvním roce po prožrání hrubého zooplanktonu a druh *Scapholeberis mucronata*, žijící v povrchové blance hladiny, se vyskytoval také zejména v prvním roce, tedy v rybníku s obsádkou kapra přikrmovaného pšenicí.

V následujícím roce (2009) byla nasazena nejvyšší obsádka ryb na jednotku vodní plochy a velké množství vířníků ve vzorku odebraném 10. června bylo zřejmě zapříčiněno právě velkou obsádkou planktivorních ryb (kapr), při které převažovali právě vířníci, protože s ustupujícím stavem „čisté vody“ klesala početnost hrubého dafniového zooplanktonu.

Početnost perlooček v rybníku číslo 41, kde se přikrmovalo pšenicí (rok 2010), činila v průměru 18 ind.l<sup>-1</sup>. Dominantním druhem byla *Daphnia pulicaria*.

Na podzim, v měsíci září v posledním roce dominovaly společenstvu zooplanktonu (rybníku 45) perloočky (Cladocera) a vířníci (Rotifera). Jejich abundance přesáhla v průměru 100 ind.l<sup>-1</sup>. Mezi vířníky dominovaly dva druhy *Filinia longiseta* (61 %) a *Asplanchna priodonta* (15 %). Podobný výskyt zmíněných organismů ve své studii zaznamenali Goździejewská a Tucholski (2010).

Nejvyšší zaznamenaná množství fytoplanktonu (*Volvox globator* a *Ceratium hirundinella*) byla pozorována simultánně s velkým rozvojem perloočky *Bosmina longirostris* při nevelké početnosti větších jedinců perlooček a nízké průhlednosti vody (20 cm), což představuje ¼ hloubky rybníku číslo 45. Obdobně je popisován Baxou (2010) stav, při kterém byl predanční tlak obsádky ryb natolik silný, že ani nejvyšší zjištěná početnost drobné perloočky *Daphnia galeata* nevytvářela postačující filtrační kapacitu, vedoucí k tomu, aby se zvýšila průhlednost vody.

Kvalita vody byla zhoršena zvýšenou intenzitou rybářské produkce, především v parametrech udávající organické zatížení vody (CHSK<sub>Cr</sub>, BSK<sub>5</sub>), které například u hodnoty CHSK<sub>Cr</sub>, zjištěné v rybnících, kde byly ryby přikrmovány granulemi, přesahovaly v 70 % případů 50 mg.l<sup>-1</sup>. Velikost rybí obsádky se rovněž projevila na koncentraci nerozpuštěných látek ve vodě, kde je výrazný nárůst patrný v rybnících, kde ryby byly přikrmovány granulemi.

Koncentrace kyslíku odpovídala optimu imisních standardů v naprosté většině případů, jen v květnu roku 2010 nebyl limit O<sub>2</sub> > 6 mg.l<sup>-1</sup> dodržen, pravděpodobně v důsledku jarního vrcholu rozvoje fytoplanktonu (duben – květen).

Teplota vody byla v průměru nižší (Tab. 6 a Tab. 7), než je podle Dubského *a kol.* (2003) optimální hodnota teploty vody pro chov kapra obecného (*Cyprinus carpio*) pohybující se v rozmezí od 20 do 26 °C.

## 5.2 Vztahy mezi zastoupením zooplanktonu a biomasou rybí obsádky

Jak bylo zmíněno ve výsledcích, druh *Bosmina longirostris* byl rovnoměrně zastoupen v naprosté většině vzorků zooplanktonu i přes vysokou biomasu rybí obsádky, zejména v roce 2009 (1500 kg.ha<sup>-1</sup>), což je v souladu s tvrzením Baxy (2010), že zvýšený výskyt drobné perloočky *Bosmina longirostris* indikuje zvýšený predanční tlak rybí obsádky. Podobný výskyt tohoto druhu uvádí Potužák (2009), který ve svém pokusu dokonce zaznamenal největší procentuální podíl (68,5 %) perloočky *Bosmina longirostris* v zooplanktonu při obsádce ryb 1600 kg.ha<sup>-1</sup>. Hrbáček (1962) ve svém výzkumu Polabských tůní popsal také dominanci tohoto druhu v průběhu jara se společným výskytem s malým druhem *Daphnia cucullata* při obsádce, která přesahovala 30 000 ks.ha<sup>-1</sup> ryb.

Prevalenci tohoto druhu (*Bosmina longirostris*) na úkor větších druhů perlooček lze vysvětlit jako důsledek její menší velikosti a tak snazšímu unikání predančnímu tlaku ryb (Adámek *a kol.*, 2010; Potužák, 2009) což byl i případ této studie. Tak si lze ostatně vysvětlit i vyšší podíl drobných klanonožců (buchanek) v zooplanktonu. Kdy většinu jejich společenstva tvořila převážně vývojová stádia.

Podíl zastoupení klanonožců ve společenstvu zooplanktonických organismů byl neustále vysoký ve všech třech sezónách, zvyšující se s rostoucí obsádkou ryb a nejvyšší při počáteční obsádce ryb 1500 kg.ha<sup>-1</sup> a také v Potužákově práci (2009) byli klanonožci velmi frekventovanou skupinou i při vysokých obsádkách (nejpočetnější při 1300 až 1500 kg.ha<sup>-1</sup>). Ovšem při vyšších hmotnostech rybí obsádky, než 1500 kg.ha<sup>-1</sup> byla početnost klanonožců nižší. Je tedy pravděpodobné, že by se ani v tomto pokusu, za předpokladu zvýšení rybí obsádky nad 1500 kg.ha<sup>-1</sup> nedosáhlo vyšší početnosti klanonožců. Naupliová stádia buchanek se vyskytovala stejnoměrně v souladu s výsledky Kosíka (2007), avšak Potužák (2009) zaznamenal růst početnosti nauplií s rostoucí biomasou obsádky ryb se signifikantním vzrůstem abundance při hmotnosti ryb 900 kg.ha<sup>-1</sup>.

Společenstvo zooplanktonních organismů se kvalitativně významně neliší od druhového složení jiných prací. Seicherstein (2012 – ústní sdělení) zaznamenal ve svém

pokusu, v němž pozoroval zooplankton rybníků v extenzivních podmínkách, větší druhovou rozmanitost, avšak menší celkovou početnost zooplanktonu. Ovšem dominantní druhy dosahovaly vyšší abundance, než v mém experimentu, kde byl podíl zastoupení více rozložen mezi jednotlivé druhy v daných třech skupinách zooplanktonu. Zjevně proto, že v podmínkách extenzivních na rozdíl od podmínek tohoto pokusu, kdy byly ryby přikrmovány, je přirozená potrava jedinou složkou potravy ryb, což snižuje abundanci, avšak zvyšuje diverzitu zooplanktonu.

## 6. Závěr

Dohromady bylo zjištěno 20 druhů zooplanktonu v průběhu tří let.

V roce 2008 byl sledován zooplankton z pokusného rybníku číslo 45, kde se přikrmovalo pšenicí. V dalším roce probíhal odběr zooplanktonu z rybníku 41 s přikrmováním granulami obohacenými řepkovými výlisky a v poslední sezóně roku 2010 byly sloveny vzorky zooplanktonu z obou zmiňovaných rybníků (41 a 45). Cílem bylo kvantifikovat a porovnat společenstvo zooplanktonu. Z dosažených údajů lze usuzovat na poměrně rovnoměrné kvantitativní složení jednotlivých skupin zooplanktonu v rybníku (41), kde se přikrmovalo řepkovými granulami, v kontrastu s rybníkem (45) s přikrmováním pšenicí, jelikož tamější společenstvo zooplanktonu vykazovalo rozkolísanější procentuální podíl zastoupení jednotlivých skupin zooplanktonu, zřejmě vlivem rozdílného přikrmování. Popsané výsledky lze považovat za orientační s tím, že budou v budoucnosti dále zpřesňovány novými poznatky, získanými analýzou zooplanktonu v rybnících v polointenzivních podmínkách.

Rozdílný způsob přikrmování, jenž byl aplikován v jednotlivých rybnících (číslo 41 a 45), měl tedy vliv spolu s výskytem fytoplanktonu a velikostí rybí obsádky na početnost a zastoupení jednotlivých skupin zooplanktonu, která byla proměnlivá v rozdílných podmínkách, stanovených v tomto experimentu. A tudíž vhodně voleným způsobem přikrmování je možno ovlivnit složení a následně i dynamiku zooplanktonu, ale je samozřejmě nutné zvolit optimální velikost rybí obsádky, která je tím faktorem, jenž nejpodstatněji reguluje stav zooplanktonu. Mezi jednotlivými rybníky v průběhu pokusu byly patrné rozdíly ve struktuře a druhovém složení společenstev zooplanktonu.

## 7. Seznam použité literatury:

- ADÁMEK, Z., HELEŠIC J., B. MARŠÁLEK a M. RULÍK. (2010): *Aplikovaná hydrobiologie*. 2. rozš. upr. vyd. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 350 s. ISBN 978-808-7437-094.
- ADÁMEK, Z., J. JIRÁSEK a V. KRUPAUER. (1989): *Rybářství a ochrana vod (návody do cvičení)*. Brno: Vysoká škola zemědělská v Brně, 122 s, 55-920-89.
- BAIRD, W. (1850): *The natural history of the British Entomostraca*. Ray Society, London.
- BARICA, J. (1981): *Hypereutrophy – the ultimate stage of eutrophication*. - W.H.O. Water Quality Bulletin 6 (4): 95 – 98.
- BAXA, M. (2010): *Vliv rybářského hospodaření na strukturu a dynamiku potravních organizmů a na kvalitu vodního prostředí na vybraných rybníčních soustavách*. České Budějovice. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. Vedoucí práce doc. RNDr. Libor Pechar, CSc.
- BENNDORF, J. (1990): *Conditions for effective biomanipulation; conclusion derived from wholelake experiments in Europe*. *Hydrobiologia*, 200/201, 187-203
- BENNDORF J., BÖING W., KOOP J. & NEUBAUER I. (2002): *Top-down control of phytoplankton: the role of time scale, lake depth and trophic state*. *Freshwater Biology* 47, 2282-2295
- BONEY, A. (1975): *Phytoplankton*. 1. vyd. London: Edward Arnold, 116 s. Institute of Biology's studies in biology, no. 52. ISBN 07-131-2476-8.
- BRÖNMARK, Ch., HANSSON, L. A. (1998): *The biology of lakes and ponds*. New York: Oxford University Press, 216 s. ISBN 01-985-4971-7.
- BUIKEMA, A. L., Jr. a J., Jr. CAIRNS. (1980): *Aquatic invertebrate bioassays*. Baltimore: American society for testing and materials.
- CARPENTER, S. R., KITCHELL, J. F., HODGSON, J. R. (1985): *Cascading trophic interactions and lake productivity*. *Bioscience*, 35:634-639.
- COKER, R. E. (1968): *Streams, lakes, ponds*. Marc Portman. New York and Evanston: Harper & Row, Publishers, Inc., 327 s. Harper torchbooks, 1. SBN 06-130586-3.

- ČÍTEK, J. (1998): *Rybníkářství*. 2. aktual. vyd. Praha: Informatorium, 306 s. ISBN 80-860-7326-2.
- DEVETTER, M. (1995): *Dynamika zooplanktonu, jeho rozdíly na podélném transektu a vztah k rybí obsádce v nádrži Lipno*. České Budějovice, Bakalářská práce. Jihočeská univerzita, Biologická fakulta.
- DOBELL, C. (1932): *Antony van Leeuwenhoek and his „little animals”*. Constable, Ltd. (Dover reprint 1960).
- DODSON, S. I., TOLLRIAN, R., LAMPERT, W. (1997): *Daphnia swimming behavior during vertical migration*, J. Plankton Res. 19 (8), 969-978
- DUBSKÝ, K., V. ŠRÁMEK a J. KOUŘIL. (2003): *Obecné rybářství*. Vyd. 1. Praha: Informatorium, 308 s. ISBN 80-733-3019-9.
- EDMONDSON, W. T. a G. WINBERG (1971): *A manual on the methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 358 s. IBP Handbook, no. 17. ISBN 06-320-6430-7.
- FAINA, R. (1983): *Využívání přirozené potravy kaprem v rybnících*. 8. vyd. Vodňany: VÚRH, 15 s. Edice Metodik, č. 8.
- FAINA, R. a F. KUBŮ. (1989): *Chov ryb ve stabilizačních a akumulacích rybnících*. Vodňany: Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, 11 s. Edice Metodik, č. 31.
- FRIČ, A. a V. VÁVRA. (1898): *Výzkumy zvířeny ve vodách Českých: Výzkum dvou jezer Šumavských, Černého a Čertova jezera*. 3. vyd. Praha: Knihkupectví Fr. Řivnáče.
- FRIČ, A. a V. VÁVRA. (1903): *Výzkumy zvířeny ve vodách českých.: Výzkum Labe a jeho starých ramen, který provedli na přenosné zoologické stanici*. 5. vyd. Praha: Knihkupectví Fr. Řivnáče.
- FUKA, Z. (1985): *Vliv rybářského obhospodařování na plankton jihočeských rybníků*. Praha, Diplomová práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce RNDr. Jan Fott.
- GLIWICZ, Z. M., SIEDLAR, E. (1980): *Food size selection and seasonal succession of filter-feeding zooplankton in eutrophic lake*.-Ekol. Pol. 25: 179 – 225.

- GOŹDZIEJEWSKA, A., TUCHOLSKI, S. (2010): *Zooplankton of fish culture ponds periodically fed with treated wastewater*. Olsztyn, Department of Applied ecology, University of Warmia and Mazury, Departement of Land reclamation and enviromental management, Polish J. of Environ. Stud. Vol 20, No 1, 67-79
- HARRIS, R., WIEBE, P., LENZ, J., SKJOLDAL, H., HUNTLEY, M. (2000): *ICES zooplankton methodology manual*. Repr. San Diego, Calif: Academic, ISBN 01-232-7645-4.
- HARTMAN, P., I. PŘIKRYL a E. ŠTĚDRONSKÝ. (1988): *Hyrobiologie*. Praha: SZN, 320 s.
- HARTMAN, P., I. PŘIKRYL a E. ŠTĚDRONSKÝ. (2005): *Hydrobiologie*. 3. přepr. vyd. Praha: Informatorium, 359 s. ISBN 80-733-3046-6.
- HRABĚ S., (1946): *O potravě nejmladšího kapřího plůdku*. Sborník Klubu přírodovědeckého v Brně, 26:30-39.
- HRBÁČEK, J. (1962): *Species composition and the amount of zooplankton in relation to the fish stock*. Praha. Nakladatelství ČSAV, 114 s.
- HRBÁČEK, J. (1980): *Struktura a vztahy společenstva organizmů stojatých vod, důležité pro posouzení produkčních procesů a eutrofizace*. Průhonice u Prahy. Disertační práce. Ústav krajinné ekologie ČSAV.
- HRBÁČEK, J., ALBERTOVÁ, O., DESORTOVÁ, B., GOTTWALDOVÁ, V., POPOVSKÝ, J. (1986): *Relation of the zooplankton biomass and share of large Cladocerans to the concentration of total phosphorus, chlorophyll-a and transparency in Hubenov and Vrchlice reservoirs*, *Limnologica* 17 (2), 301-308
- JANEČEK, V., PŘIKRYL, I. (1982): *Chov násadových a tržních kaprů v intenzifikačních rybnících*. VÚRH Vodňany, 13 s. Edice Metodik, č. 2.
- KALFF, J. (2002): *Limnology: inland water ecosystems*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 592 s. ISBN 01-303-3775-7.
- KARAOVÁ, L. (2000): *Analýza složení potravy a potravního překryvu mezi dominantními druhy plůdkových společenstev ve Vltavě*. České Budějovice. Bakalářská práce. Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta. Vedoucí práce RNDr. Josef Matěna, CSc.

- KOSÍK, M. (2007): *Srovnání sezónního vývoje zooplanktonu různých typů nádrží*. České Budějovice. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce doc. RNDr. Libor Pechar, CSc.
- KRATOCHVÍL, J. (1973): *Použitá zoologie 1: Bezobratlí*. 2. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 442 s.
- LAAS, S., BOERSMA, M., SPAAK, P. (2000): *How do migrating daphnids cope with risk in the epilimnion under anoxic conditions in the hypolimnion?* J. Plankton Res. 22 (7), 1411-1418
- LELLÁK, J. a F. KUBÍČEK (1992): *Hydrobiologie*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova, 257 s. ISBN 80-706-6530-0.
- LOOSE, C. J. (1993): *Daphnia diel vertical migration behavior: Response to vertebrate predator abundance*, Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. 39, 29-36
- LOSOS, B. (1984): *Ekologie živočichů*, 1. vyd., SPN, Praha, 320 s.
- MÁSÍLKO, J. (2009): *Efektivní příkrmování mechanicky upravenými obilovinami v chovu tržního kapra na Rybářství Třeboň Hld. a.s.* 1. vyd. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 11 s. Metodik. ISBN 978-80-85887-98-3 (BROŽ.).
- PECHAR, L., HRBÁČEK, J., DUFKOVÁ, V., KOMÁREK, J., KROUPA, M., PAPÁČEK, M. (1988): *Hydrobiologická charakteristika tůní v nivě horní Lužnice*. – sborník AF V3Z v Českých Budějovicích, řada fyto technická 5 (2): 73 – 84
- PECHAR, L., RADOVÁ, J. (1996): *Hydrobiologické zhodnocení vývoje třeboňských rybníků od konce 19. století*. In IUCN: Význam rybníků pro krajinu střední Evropy. Trvale udržitelné využívání rybníků v Chráněné krajinné oblasti a biosférické rezervaci Třeboňsko. Praha a IUCN Gland, Švýcarsko a Cambridge, Velká Británie: České koordinační středisko IUCN - Světového svazu ochrany přírody, INPRESS České Budějovice, 78 – 81 s., ISBN 2-8317-0322-0.
- PETERS, R. H., de BERNARDI, R. (1987): *Memorie dell'Istituto italiano di idrobiologia dott. Marco De Marchi: Daphnia*. Verbania Pallanza: Tipo-Litografia Saccrado snc., Ornavasso (No), roč. 45., 502 s., ISSN 0374-9118.



- PŘÍKRYL, I. (1996): *Vývoj hospodaření na českých rybnících a jeho odraz ve struktuře zooplanktonu, jako možného kritéria biologické hodnoty rybníků*. In: Flajšhans, M. (red.) - Sborník vědeckých prací k 75. výročí založení VÚRH Vodňany, 13: 3-20.
- PŘÍKRYL, I. a R. FAINA (1996): *Hydrobiologické zhodnocení vývoje třeboňských rybníků od konce 19. století*. In IUCN: Význam rybníků pro krajinu střední Evropy. Trvale udržitelné využívání rybníků v Chráněné krajinné oblasti a biosférické rezervaci Třeboňsko. Praha a IUCN Gland, Švýcarsko a Cambridge, Velká Británie: České koordinační středisko IUCN - Světového svazu ochrany přírody, INPRESS České Budějovice, 78 – 81 s., ISBN 2-8317-0322-0.
- PŘÍKRYL, I. (2000): *Tůň u Mušova – komentář po 25 letech*. – In: KOSÍK, M. *Srovnání sezónního vývoje zooplanktonu různých typů nádrží*, České Budějovice, 2007. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce doc. RNDr. Libor Pechar, CSc.
- RUPPERT, E., R. D BARNES a R. D BARNES. (1994): *Invertebrate zoology*. 6th ed. Fort Worth: Saunders College Pub., xii, 1056, 1630. ISBN 00-302-6668-8.
- SEĎA, J., KUBEČKA, J., BRANDL, Z. (1989): Zooplankton structure and fis population development an the Římov reservoir, Czechoslovakia, Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. 33, 605-609
- SOMMER, U. (1994): *Planktologie*. New York: Springer, 274 s. ISBN 35-405-7676-2.
- SUKOP, I., HETEŠA, J. (1984): *Aplikovaná hydrobiologie I*. první. Brno: Vysoká škola zemědělská v Brně vlastním nákladem, 105 s. 55-950-84.
- SWAMMERDAM, J. (1669): *Historia insectorum generalis, of te algemeene verhandeling van de bloedeloose dierkens*. t'Utrecht. In: PETERS, R. H., BERNARDI de, R. *Memorie dell'Istituto italiano di idrobiologia dott. Marco De Marchi: Daphnia*. Verbania Pallanza: Tipo-Litografia Saccrado snc., Ornavasso (No), 1987, roč. 45., 502 s., ISSN 0374-9118.
- SVOBODOVÁ, Z., FAINA, R. (1984): *Použití přípravku SOLDEP v rybářství*. – Edice metodik VÚRH Vodňany, 12: 1 – 15 pp.

- ŠORF, M. (2004): *Sezónní změny zooplanktonu Kačležského rybníka*. České Budějovice, Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta. Vedoucí práce RNDr. Miloslav Devetter, PhD & RNDr. Jaromír Sed'a, CSc.
- ŠRÁMEK-HUŠEK, R., M. STRAŠKRABA a J. BRTEK. (1962): *Fauna ČSSR: Lupenonožci - Branchiopoda*. 1. vyd. Mykisová A., Kadlecová D. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd, 472 s. 16.
- ŠUSTROVÁ, H. (2001): *Vývoj společenstva zooplanktonu dvou nově založených nádrží*. České Budějovice, Magisterská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta. Vedoucí práce RNDr. Jaromír Sed'a, CSc.
- WALTER (1895): *Über der möglichkeit einer biologische bonitierung von Teichen*. München.
- ZACHARIAS (1893): *Die mikroskopische Organismenwelt des Süßwassers und ihre Beziehung zur Ernährung der Fische*. Jahrsber.d. Zentralfischereivereins f. Schleschwig-Holstein, 1895: 15.
- ZADINOVÁ, K. (2011): *Bio-manipulace jako jeden z možných nástrojů v zotavování přehradních nádrží na příkladu nádrže Orlick: Limitace použití bio-manipulačních zásahů na hluboké nádrži se silným přísunem živin z přítoků*. České Budějovice, Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce prof. RNDr. Zdeněk Brandl, CSc.

## Abstrakt

### Společenstvo zooplanktonu v rybnících s chovem kapra v polonitenzivních podmínkách

Odběry vzorků zooplanktonu proběhly od května do září v letech 2008, 2009 a 2010 na pokusnictví VÚRH JU na dvou experimentálních rybnících (o ploše 0,16 ha). Obsádka kapra obecného (*Cyprinus carpio*) byla 1250 ks.ha<sup>-1</sup> v roce 2008 v rybníku číslo 45 a v roce 2009 činila 1875 ks.ha<sup>-1</sup>. Přikrmovalo se pšenicí a řepkovými granulemi. Zastoupení jednotlivých skupin zooplanktonu se v průběhu třech sledovaných sezón měnilo a početnost jednotlivých druhů v rybnících se lišila. V prvním roce, v rybníce s příkrmovním pšenicí, ve společenstvu dominovaly na začátku června perloočky (*Bosmina longirostris*, *Daphnia longispina*, *D. pulicaria* a *D. magna*; 64 %) a jejich výskyt v ostatních měsících byl rovnoměrný. Od poloviny června začali převažovat vířníci (*Polyarthra vulgaris*, *Brachionus angularis*; 88 %), ale již na přelomu června a července se nehojněji vyskytovaly buchanky, zastoupené především naupliovými stadii (59 %). Další sezónu v rybníce s kaprem příkrmovaným granulemi s řepkou dominovali začátkem června vířníci (*Polyarthra vulgaris*, *Brachionus quadridentatus*; 60 %). Přes léto převažovaly ve společenstvu zooplanktonu perloočky (*Bosmina longirostris*, *Daphnia longispina*; 50 %). Klanonožci, reprezentovaní zejména buchankami se vyskytovaly po celou sezónu rovnoměrně (18 %, jen v červnu početnost klesla na 5 % a v srpnu na 7 %). V posledním roce byly vzorky odebrány z obou rybníků. Z výsledných hodnot vyplývá, že v rybnících s rozdílnými krmnými komponenty (pšenice, granule s řepkou) bylo odlišné druhové zastoupení i početnost jedinců ve třech skupinách zooplanktonu. Především u vířníků byly patrné rozdíly v početnosti (až o 45 %, v menší míře u perlooček (jedenkrát se početnost lišila o 64 %) a nejméně pozměnilo klanonožce (rozdíl nepřesáhl 12 %). V rybnících s rozdílným způsobem příkrmování byly patrné změny společenstev zooplanktonu.

Klíčová slova: plankton, Cladocera, Copepoda, Rotifera, rybníky, pšenice, granule

## **Zooplankton community in carp ponds under semi-intensive conditions**

Sampling of zooplankton took place from May to September 2008, 2009 and 2010 in the area of RIFH USB in a two experimental ponds (an area of 0.16 hectares each). The ponds were stocked with 200 and 300 individuals of common carp (*Cyprinus carpio*) fed with wheat (pond No. 45) and pellets enriched by oilseed rape pressings (pond No. 41). Representation of individual zooplankton groups in the three monitored seasons changed and abundance of each species were different. In the first year, the community was dominated by cladocerans (*Bosmina longirostris*, *Daphnia longispina*, *D. pulicaria* and *D. magna*) (64 %) in the pond with feeding by wheat in early June. Their occurrence in other months was uniform. From the middle of the June, rotifers (*Polyarthra vulgaris*, *Brachionus angularis*) began to predominate (88 %), but in late June and July, copepods, represented by nauplii became the most abundant (59 %). Next season, rotifers (*Polyarthra vulgaris*, *Brachionus quadridentatus*) prevailed (60 %) during early summer in a pond with fish fed by oilseed pellets. Cladocerans (*Bosmina longirostris*, *Daphnia longispina*) dominated (50 %) the zooplankton community during the summer. Copepods, represented mainly by cyclopidae occurred evenly throughout the season (on average 18 %, but in June the abundance dropped to 5 % and in August to 7 %). In the last year, the samples were taken from both ponds. The resulting values shows, that in the ponds with different feed components (wheat, oilseed granules), different species were represented and the abundance of individuals in the three groups of zooplankton was different as well. In particular, the rotifers shows apparent differences in abundance (by 45% and 17 %), to a lesser extent in cladocerans (once the abundance differed by 64 %) and least copepods amended (the difference does not exceed 12 %). In ponds, where was applied different type of feeding, were evident changes.

Keywords: plankton, Cladocera, Copepoda, Rotifera, ponds, wheat, pellets