

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybnářství a ochrany vod

Ústav akvakultury

Bakalářská práce

Ověřování vztahu mezi hustotou obsádek a průhledností vody

Autor: Petr Chmelický

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Pavel Hartman, CSc.

Konzultant bakalářské práce: Ing. David Hlaváč

Studijní program a obor: Zootechnika, Rybnářství

Forma studia: Prezenční

Ročník: 3.

České Budějovice, 2014

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 jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu do 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 na Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum: 1. 5. 2014

Podpis studenta

.....

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu Ing. Pavlovi Hartmanovi, CSc. i konzultantovi Ing. Davidovi Hlaváčovi za metodické vedení a poskytnuté rady při vypracování této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Martinovi Bláhovi, PhD., za cenné připomínky při determinaci zooplanktonu. Velký dík patří také společnosti Rybářství Chlumeck nad Cidlinou a.s., za vstřícné a ochotné jednání. Dík patří také mé rodině a všem, kteří mě při psaní této práce podporovali.

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

Jméno a příjmení: **Petr CHMELICKÝ**
Osobní číslo: **V11B009P**
Studijní program: **B4103 Zootechnika**
Studijní obor: **Rybářství**
Název tématu: **Ověřování vztahu mezi hustotou obsádek a průhledností vody**
Zadávací katedra: **Ústav akvakultury**

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je zjistit vztah mezi hustotou obsádky kapra vč. vedlejších druhů ryb na průhlednost vody, s níž souvisí řada kvalitativních ukazatelů, zejména kyslíkový režim a rozvoj zooplanktonu jako přirozené potravy.

Současně s hydrologickými charakteristikami rybníka (výměra vodní, katastrální, objem zdržené vody a doba zdržení vody) bude sledována hustota a dynamika růstu obsádek (kontrolními odlovy) včetně vlivu na kvalitu fyzikálně chemických vlastností vody, se zaměřením na teplotu a nasycení vody kyslíkem u hladiny a u dna, průhlednost vody v místě výpusti a případně produkci kyslíku a $KNK_{4,5}$. Vzorky budou odebírány 1 x za 14 dní. Součástí sledování kvality vody budou odebrány i vzorky fytoplanktonu a zooplanktonu (s rozdělením na jedince větší než $500 \mu\text{m}$ a menší). Bude hodnocen vztah mezi hustotou obsádky, průhledností vody a velikostí zooplanktonu. Pokusy budou prováděny na Rybářství Chlumec n. Cidlinou, hospodářství Březina.

Rozsah grafických prací: 6 tabulek, 6 fotosnímků

Rozsah pracovní zprávy: 30 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

BILARD, R., GALL, G. A. E., 1995. The Carp aquaculture, Elsevier, 0044-8486/1995, 485 pp.

ADÁMEK, Z., HELEŠIC, J., MARŠÁLEK, B., RULÍK, M., 2010: Aplikovaná hydrobiologie. Vydala Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, ISBN 978-80-87437-09-4, 350 s.

JANEČEK, V., PŘIKRYL, I., 1982: Chov násadových a tržních kaprů v intenzifikačních rybnících, Metodika č. 2/1982, VÚRH Vodňany, 16 str.

FÜLLNER, G., PFEIFER, M., LANGNER, N., 2007: Karpfenteichwirtschaft, Teichbewirtschaftung im Freistaat Sachsen, Sächsisches Landesanstalt für Landwirtschaft Dresden, Referat Fischerei - Königswarta 2007, str. 116.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Pavel Hartman, CSc.

Ústav akvakultury

Konzultant bakalářské práce: Ing. David Hlaváč

Ústav akvakultury

Datum zadání bakalářské práce: 7. prosince 2012

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. dubna 2014

U.S.

prof. Ing. Otmar Linhart, DrSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD
Zátiší 728/II
389 25 Vodňany (2)


Ing. Pavel Vejsák, Ph.D.
ředitel

Obsah

1. Úvod	7
2. Literární rešerše	8
2.1 Významné fyzikálně chemické parametry vody z hlediska chovu ryb	8
2.1.1 Teplota vody	8
2.1.2 Kyslík	9
2.1.3 Průhlednost a barva vody	11
2.1.4 Alkalita – $\text{KNK}_{4,5}$ (kyselinová neutralizační kapacita)	12
2.2 Princip rybníkářství	13
2.3 Plankton v rybnících	15
2.3.1 Fytoplankton	16
2.3.2 Zooplankton	16
2.4 Dynamika planktonu v rybnících ovlivněných rybářským managementem	19
3. Metodika	22
3.1 Charakteristika sledovaných rybníků	22
3.1.1 Rybník Žabakor	22
3.1.2 Komárovský rybník	24
3.1.3 Rybník Horní	26
3.2 Postupy stanovení jednotlivých měřených parametrů	28
3.2.1 Měření průhlednosti, kyslíku a teploty	28
3.2.2 Stanovení $\text{KNK}_{4,5}$	28
3.2.3 Sledování dynamiky růstu obsádky	28
3.2.4 Schlott – Fichtenbauer – Bauerova sonda	29
3.2.5 Odběr vzorků planktonu	30
3.2.6 Determinace zooplanktonu	30
4. Výsledky	32
4.1. Rybník Žabakor	32
4.1.1 Fyzikálně chemické vlastnosti vody	32
4.1.2 Zooplankton	32
4.1.3 Rozbory vody	33
4.1.4 Korelace	34
4.1.5 Obsádka rybníka a dynamika jejího růstu	35
4.1.6 Produkce	35
4.1.7 Hospodářský výsledek	36

4.2 Komárovský rybník	36
4.2.1 Fyzikálně chemické vlastnosti vody	36
4.2.2 Zooplankton	36
4.2.3 Rozbory vody.....	38
4.2.4 Korelace	38
4.2.5 Obsádka rybníka a dynamika jejího růstu.....	39
4.2.6 Produkce	39
4.2.7 Hospodářský výsledek	39
4.3. Horní rybník.....	40
4.3.1 Fyzikálně chemické vlastnosti vody	40
4.3.2 Zooplankton	40
4.3.3 Rozbory vody.....	41
4.3.4 Korelace	42
4.3.5 Obsádka rybníka a dynamika jejího růstu.....	43
4.3.6 Produkce	43
4.3.7 Hospodářský výsledek	43
5. Diskuze	45
5.2 Hospodářský výsledek na sledovaných rybnících	48
5.3 Četnosti zooplanktonu a vztah k průhlednosti vody	48
6. Závěr	51
7. Seznam použité literatury	53
8. Příloha	60

1. Úvod

Jednou z nejdůležitějších vlastností kvality povrchových vod je jejich průhlednost. Tato vlastnost vody je vzhledem k možnosti obecného užívání vod, především pro rekreační účely, hodnocena širokou uživatelskou základnou jako významný ukazatel její kvality. Možnost obecného užívání vod poskytuje § 6 zákona č. 254/2011 Sb. o vodách. S průhledností vody souvisí řada fyzikálně – chemických vlastností vody a také její oživení.

Chov ryb v rybnících je biotechnologický proces založený na aplikaci živin a příkrmování obsádek pro podporu produkčních procesů vyúsťujících do přírůstku ryb. Povrchové vody byly v minulosti (ještě v polovině minulého století) nepoměrně chudé na živiny, v porovnání se současnou kvalitou povrchových vod. Cílem managementu racionálního chovu ryb v rybnících je transformace živinové zátěže do přírůstku ryb, za cenu minimálních změn kvalitativních charakteristik vody, v první řadě snížením její průhlednosti.

V období let platnosti Strategického plánu pro rybářství v ČR 2007 – 2013 byl uplatňován operační program 2.2. Rybářství, směřující k chovu ryb v rybnících s cílem zlepšování kvality povrchových vod. Záměrem tohoto dotačního programu byla orientace rybniční akvakultury na využití přirozené produkce přiměřeně restringovanými obsádkami a s úsporným režimem příkrmování. Jedním z hodnotících kritérií tohoto dotačního programu bylo dodržení požadované průhlednosti vody ve výši 50 cm na standardní Secchiho desku k termínu 30. 6. kalendářního roku, tedy k vrcholu vegetačního období.

Cílem práce je přispět ke studiu průhlednosti vody v rybnících úrodné nížinné oblasti Čech v okolí Mladé Boleslavi, rybářského střediska Březina společnosti Rybářství Chlumeck nad Cidlinou a.s. Sledované rybníky mají režim rybníků odpovídající statutu rekreace nebo příležitostní rekreace s omezeným rybářským hospodařením, co do hustoty a příkrmování obsádek s úplným vyloučením doplňování živin hnojením.

2. Literární rešerše

2.1 Významné fyzikálně chemické parametry vody z hlediska chovu ryb

2.1.1 Teplota vody

Teplota je jedna z nejdůležitějších fyzikálních vlastností, která zásadně ovlivňuje koloběh látek ve vodním prostředí, změny hustoty vody, stratifikace a proudění vodních mas v nádrži (Dubský a kol., 2003; Křivánek a kol., 2012). Nízká teplota snižuje intenzitu respirace (Steffens, 1985). Naproti tomu fotosyntéza není při nízkých teplotách významně zpomalena (Adámek a kol., 2010). Teplota vody v rybníce je nejvíce ovlivněna jeho zeměpisnou polohou a expozicí v krajině, nemalý vliv má samozřejmě také průběh počasí, sluneční svit, charakter vodní nádrže, průhlednost vody a její cirkulace (Schäperclaus and Lukowicz, 1998, Čítek a kol., 1998; Nováček., 2000). Největší změny teplot lze pozorovat u mělkých rybníků (Čítek a kol., 1998). Hlavním zdrojem tepla ve vodě je sluneční energie (především dlouhodobé paprsky), v menší míře pak také teplo akumulované z ovzduší (Dubský a kol., 2003; Špaček a kol., 1980). Vliv slunečního záření na ohřev vody je nejlépe pozorovatelný ve stojatých a hlubokých vodách, kde sluneční záření proniká jen do svrchních vrstev. V důsledku toho se voda u hladiny během dne ohřívá, zatímco v noci rychle vychladne a klesá do spodních vrstev. Teplejší voda je potom vytlačena vzhůru a dochází k tzv. vertikálnímu konvekčnímu proudění. Během roku se tepelné rozvrstvení mění a rozdělujeme ho na 4 období - zimní stagnace, jarní cirkulace, letní stagnace a podzimní cirkulace (Křivánek a kol., 2012).

Ryby jsou poikiloternní živočichové, což znamená, že teplota jejich těla je shodná s aktuální vnější teplotou prostředí, ve kterém žijí (Adámek, 2012; Svobodová a kol., 1987). Pouze v průběhu metabolických procesů je teplota v jejich tělech vyšší o cca 0,8 °C (Adámek, 2012). Teplota vody významně ovlivňuje potravní chování ryb, délku odchovu ryb, úspěšnost reprodukce, odchov plůdku apod. (Steffens, 1985; Pokorný a kol., 2004; Song-bo et. al., 2012). Během vegetačního období je pro ryby středního pásma, vyjma ryb lososovitých, nejoptimálnější teplota v rozmezí 18 – 24 °C (Nováček., 2000). Při této teplotě u kapra probíhá látková výměna a růst nejintenzivněji. Při dodržení všech ostatních podmínek prostředí přežije kapr po časově omezenou dobu

extrémní teplotní rozsah od 0 do 34 °C (Krupauer a Kubů., 1985). Při teplotě 10 °C trvá trávení u kapra kolem 17 hodin. Při teplotách kolem 26 °C se trávení zkracuje na čtyři a půl hodiny (Janeček, 1976). Teplota nad 28 °C u kapra snižuje příjem potravy a zpomaluje růst (Adámek, 2012). Pro ryby jsou nebezpečné náhlé a vysoké změny teploty, které mohou zapříčinit tzv. teplotní šok. Pro raná vývojová stádia jsou nebezpečné změny teploty o více jak 2 °C, pro starší ryby jsou nebezpečné změny o více jak 12 °C. Při teplotním šoku dochází k poruchám rovnováhy, hemolýze a úhynu (Pokorný a kol., 2004). Teplota vody také významně ovlivňuje zdraví a propuknutí nemocí u ryb (Lucký, 1986).

2.1.2 Kyslík

Kyslík patří vedle CO₂ k nejdůležitějším plynům ve vodním prostředí, umožňuje přežívání jak ryb, tak i jejich potravních organismů a je nezbytný pro aerobní rozklad organické hmoty (Dubský a kol., 2003; Špaček a kol., 1980; Valentová a kol., 2009). Ve srovnání se vzduchem je však ve vodě méně kyslíku a jeho rozpustnost je nízká (Hejný a kol., 2000). Zdrojem kyslíku ve vodním prostředí je fotosyntetická asimilace vodních rostlin, difúze při styku vody a vzduchu a přítok kyslíkaté vody do nádrže (Pokorný a kol., 2004; Lellák a Kubíček, 1991). Hartman 2010, tuto informaci rozvádí o procentuální zastoupení jednotlivých zdrojů kyslíku v době vegetace následovně – z 89 % tvoří zdroj kyslíku fotosyntéza, ze 7 % difúze kyslíku z atmosféry a ze 4 % přítok kyslíkaté vody.

Obsah rozpuštěného kyslíku je nepřímo úměrný teplotě vody a přímo úměrný atmosférickému tlaku (Špaček a kol., 2003). Se vzrůstající teplotou klesá koncentrace rozpuštěného kyslíku (Čítek a kol., 1998). Během letních a slunných dnů se nasycení vody kyslíkem dynamicky mění (Adámek a kol., 2010; Hartman a kol., 2005). Míra výkyvů je tím větší, čím je vodní nádrž menší, mělčí a bohatší na vodní rostliny (Špaček a kol., 1980). Vlivem fotosyntetické činnosti zelených rostlin vrcholí v odpoledních až podvečerních hodinách obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě (Hartman a kol., 2005). V tomto období lze vysoké hodnoty kyslíku naměřit převážně v eufotické vrstvě, naproti tomu u dna je vlivem nedostatku světla a zvýšeného obsahu organické hmoty kyslíku nedostatek (Adámek a kol., 2010; Lellák a Kubíček, 1991). Špaček, 1980 uvádí, že přesycení vody kyslíkem v eufotické vrstvě může být až trojnásobné. Denní minima pak nastávají ráno před rozedněním (Hartman a kol., 2005). Čím vyšší přesycení

v poledních hodinách naměříme, tím je vyšší riziko vzniku kyslíkových deficitů v ranních hodinách. Organismy, které přes den produkují kyslík, vlivem fotosyntetické asimilace v noci kyslík neprodukují, ale naopak ho spotřebovávají (Valentová a kol., 2009). Kyslíkový deficit může nastat také při nadměrném rozvoji zooplanktonu, především rodů *Daphnia* a *Bosmina* (Valentová a kol., 2009). Zooplankton znatelně redukuje fytoplankton (producenty kyslíku) a současně značně spotřebovává kyslík pro vlastní potřebu (Svobodová a kol., 1987). V minulých letech se tyto situace řešily především aplikací Soldepu (Svobodová a Faina., 1984). Nicméně aplikace i malých dávek Soldepu znamenala rozvoj silné biomasy buchanek. Již několik dní po aplikaci převládala v zooplanktonu buchanka *Acanthocyclops robustus*, která napadala plůdek ryb (Faina a Svobodová, 1997). V případě, že má rybník dobré kyslíkové poměry a je naměřena vysoká průhlednost vytvoří se na jeho dnu nárosty vláknitých řas nebo ponořených rostlin (Valentová a kol., 2009). Intenzivní přikrmování spolu s vysokými teplotami vody může zapříčinit kyslíkový deficit nedostatkem disponibilního fosforu, který ovlivňuje intenzitu fotosyntetické asimilace fytoplanktonu (Faina a kol., 2011). V zimním období mohou být kyslíkové deficity způsobeny také zamrznutím vodní hladiny eutrofizované vodní nádrže (Svobodová a kol., 1994).

Optimální koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě pro intenzivní chov kapra je ≥ 7 mg.l⁻¹ O₂ (Krupauer a Kubů, 1985). Minimální koncentrace kyslíku fyziologicky využitelná pro kapra, za předpokladu, že nepřijímá potravu je kolem 1,5 mg.l⁻¹ (Vejvoda, 1975). Obecně lze říci, že vzhledem k dané teplotě je pro kaprovité ryby přijatelné nasycení kolem 55 % (Pokorný a kol., 2004). Pozastavení příjmu potravy u kapra nastává při poklesu kyslíku na hodnoty kolem 3 – 3,5 mg.l⁻¹, u juvenilních stádií dochází při těchto hodnotách i k výraznému snížení tempa růstu (Schäperclaus and Lukowicz, 1998; Miranda and Hodgens, 2000). Nouzové dýchání tzv. troubení nastává u kaprů při poklesu kyslíku pod 0,5 mg.l⁻¹ (Adámek, 2012). Lucký, 1978 uvádí, že nebezpečné je i přechování ryb v překysličené vodě. Tento stav se děje především při přepravě ryb, kdy jsou přepravní nádoby uměle okysličovány kyslíkem. Může ale nastat i v přirozených podmínkách jak bylo popsáno výše.

Kolísání obsahu kyslíku ve vodě má vliv na působení řady plísňových a invazních chorob. Ryby napadené branchiomykózou hynou v časných ranních hodinách, kdy je obsah kyslíku vlivem disimilace rostlin snížen. Naproti tomu původce ichthyoftiriózy se při nedostatku kyslíku obtížně vyvíjí. V prostředí o nízké koncentraci kyslíku se také na rybách početněji vyskytuje kapřivec – *Argulus foliaceus* (Lucký, 1986).

2.1.3 Průhlednost a barva vody

Průhlednost je schopnost vody propouštět viditelné paprsky světelného spektra a ovlivňovat tak množství světla pronikajícího vodním sloupcem (Křivánek a kol., 2012; Lellák a Kubíček., 1991). Světlo má zásadní význam pro asimilaci vodních rostlin, a tím i pro produkci vod (Špaček a kol., 1980). Podle úhlu dopadu slunečních paprsků na hladinu se mění množství pohlceného světla. Čím ostřejší je úhel dopadu slunečních paprsků, tím méně světla je pohlceno. Z toho vyplývá, že nejvíce slunečních paprsků je pohlceno v poledních hodinách a nejméně slunečních paprsků je pohlceno ráno a večer. Z hlediska ročních období je méně světla pohlceno v zimě oproti létu (Hartman a kol., 2005).

Průhlednost závisí na obsahu živin ve vodním sloupci. Alpská a skandinávská jezera chudá na živiny dosahují průhlednosti až 15 m. Naproti tomu v nádržích s vysokým obsahem živin průhlednost kolísá od desítek centimetrů do tří metrů (Lellák a Kubíček., 1991). Průhlednost je ovlivňována především zákalem (turbiditou) a barvou vody (Lellák a Kubíček., 1991; Valentová a kol., 2009). Valentová a kol., 2009 dále uvádí, že změny průhlednosti nastávají i vlivem působení větru, který naruší původní rozložení mikroorganismů v horních vrstvách nádrže. Zákal může být způsoben anorganickým znečištěním nebo masovým rozvojem fytoplanktonu, v tomto případě mluvíme o tzv. vegetačním zákalu (Dubský a kol., 2003; Křivánek a kol., 2012). Pro fotosyntetizující organismy je totiž důležité zdržovat se v blízkosti vodní hladiny, kde mají dostatek světla (Reynolds et al., 1987).

V průběhu celého roku průhlednost vody značně kolísá. V zimě bývá průhlednost vyšší než v létě v důsledku rozvoje planktonu (Křivánek a kol., 2012; Lellák a Kubíček., 1991). V krátkých intervalech může být průhlednost ovlivněna např. přívaly dešťů nebo splachy z okolí (Lellák a Kubíček., 1991). U rybníků s vyšší hustotou obsádky dochází k ovlivnění průhlednosti jak vegetačními tak abiotickými faktory (Valentová a kol., 2009).

Vývoj průhlednosti signalizuje změny v chemismu vody, poskytuje nám tak důležité informace o stavu rybníka. Snižování průhlednosti spolu se zeleným zákalem značí zvyšování hodnot pH. Extrémně se zvyšující průhlednost zase značí nebezpečí vzniku kyslíkových deficitů (Valentová a kol., 2009). Velké druhy perlooček dokáží značně zredukovat fytoplankton (producenty kyslíku). Jejich rozvoj je doprovázen zvýšením průhlednosti vody. Z původních 20 – 30 cm až na hodnoty kolem 1 m. Po redukci

fytoplanktonu pak může nastat riziko vzniku kyslíkových deficitů ve vodním prostředí (Janeček a Příkryl., 1982; Valentová a kol., 2009). Podle pravidelného měření hodnoty průhlednosti tak lze tyto stavy předvídat (Valentová a kol., 2009).

Barva vody je často ovlivněna druhotným zbarvením různého původu, často tak překrývá její skutečnou barvu, může být ovlivněna např. barevným odrazem okolí, barvou suspendovaných organických látek, vegetačním zbarvením, sinicemi apod. Barva vody ovlivňuje množství a spektrální složení pronikajícího světla. Vlivem toho může nepřímo docházet k limitaci růstu rostlin (Lellák a Kubíček., 1991).

Průhlednost vody se určuje pomocí Secchiho desky, což je plastová deska ve tvaru čtverce o rozměru strany 20 cm, která je zesponu zatížena závažím a uvázána na provázku, který je rozdělen na části, vždy 10 cm dlouhé (Pokorný a kol., 2004). Samotné měření průhlednosti spočívá ve spouštění Secchiho desky do vody až na hranici viditelnosti, kdy deska splyne s barvou vody (Pokorný a kol., 2004; Špaček a kol., 1980). V okamžiku splnutí pak odečteme hloubku ponoru na šnůře (Pokorný a kol., 2004). Barva vody se zjišťuje tak, že se Secchiho deska vytáhne do poloviny hodnoty naměřené průhlednosti a posoudí se zbarvení (Hartman a kol., 2005).

2.1.4 Alkalita – $KNK_{4,5}$ (kyselinová neutralizační kapacita)

Alkalita je schopnost vody vyrovnávat se s kyselými vodami, aniž by došlo k výraznému poklesu pH (Lellák a Kubíček, 1991; Ntengwe and Edém, 2008; Mareš a kol., 1970; Valentová a kol., 2009). U přírodních vod je tlumivá kapacita vody dána uhličitánovým systémem (Pitter, 1999). $KNK_{4,5}$ v rybníční vodě zpravidla představuje obsah hydrogenuhličitánů (tj. rozpustných vápenatých či hořečnatých solí kyseliny uhličitě) - $Ca(HCO_3)_2$ a $Mg(HCO_3)_2$ (Lellák a Kubíček, 1991). Při jejím stanovení zjišťujeme látkové množství silné jednosytné kyseliny v $mmol^{-1}$, které spotřebuje 1 l vody k dosažení určitého pH, v našem případě pH 4,5 (Valentová a kol., 2009). Nejpožívanější metoda ke stanovení alkality ($KNK_{4,5}$) povrchových vod je založena na titraci vzorku vody silnou kyselinou do bodu ekvivalence na pH 4,5 (Bimhack et. al, 2013). Směsný indikátor podle Tashira, který se při tomto stanovení používá, se skládá z methylčerveně a bromkresolové zeleně v ethanolu, jako silná kyselina se používá HCl 0,1 M (Valentová a kol., 2009). Pokud pH překročí hodnotu 8,3 (období plné vegetace) stanovujeme tzv. zjevnou alkalitu ($KNK_{8,3}$). Při tomto stanovení se jako indikátor používá fenolftalein (Hartman a kol., 2005; Valentová a kol., 2009).

Kyselinová neutralizační kapacita je snižována především průplachy z tání sněhu a fotosyntetickou asimilací (Pokorný a kol., 2004). Optimální alkalita pro chov ryb v rybnících je 2-3 mmol.l⁻¹ (Nováček, 1997; Pokorný a kol., 2004). Krátkodobé nejnižší tolerované hodnoty v kaprových rybnících jsou do 0,2 mmol.l⁻¹, krátkodobě nejvyšší tolerované hodnoty jsou do 8 mmol.l⁻¹ (Füllner et al., 2000; Guziur et al., 2003). Při hodnotě alkality pod 0,5 mmol.l⁻¹ dochází ke značnému kolísání pH vlivem asimilační činnosti rostlin (Mareš a kol., 1970). Zvyšování KNK_{4,5} se provádí aplikací vápencem nebo páleným vápnem v období vegetačního klidu. Kromě zvýšení KNK_{4,5} pomocí vápnění, by mělo dojít k vytvoření zdrojů CO₂ pro následující vegetaci. Nicméně pokud je KNK_{4,5} rybníční vody 2 mmol.l⁻¹ je další vápnění spíše nadbytečné (Janeček, 1976). V podmínkách hospodaření při žádosti o dotaci (OP 2.2. Rybářství) je mimo jiné uvedeno, že meliorační vápnění vápencem lze připustit, pokud v předchozí sezóně (od května do června) klesla hodnota KNK_{4,5} pod hodnotu 1,5 mmol.l⁻¹ (Hartman a kol., 2012). V úživných rybnících KNK_{4,5} v průběhu vegetace stoupá (Hartman a kol., 2005). Podle hodnoty KNK_{4,5} lze orientačně stanovit obsah rozpuštěného vápníku ve vodě. Hodnota KNK_{4,5} = 1 mmol.l⁻¹ udává, že je ve vodě rozpuštěno 20 mg.l⁻¹ Ca²⁺ (Pokorný a kol., 2004). Toxicita některých těžkých kovů (měď, olovo) je ovlivněna právě KNK_{4,5}. Ta snižuje jejich rozpustnost ve vodním prostředí, a tím také jejich toxicitu (Svobodová a kol., 2007).

2.2 Princip rybníkářství

Princip chovu ryb je založen na fotosyntetické asimilaci, v daném případě vodních rostlin tj. žádoucích kokálních řas, využíváním přirozené potravy a příkrmováním předkládanými krmivy (Čítek a kol., 1998; Steffens, 1985). Je dobré odlišit pojmy krmení a příkrmování. S krmením s jakožto výběrovým zdrojem výživy ryb se setkáváme v intenzivních chovech ryb a pstruhařství. Zatímco příkrmování je doplnění potravy pro ryby, pro které je však základním zdrojem výživy přirozená potrava, obvykle se s ním setkáváme v rybnících (Adámek a kol., 2010). Nejčastěji se příkrmuje obilovinami, pouze v případě že ryby ani při zvýšené frekvenci příkrmování obilovinami nedosahují plánovaného růstu, přistupuje se na granulovaná krmiva, jakožto plnohodnotnější směsi (Hartman, 2010; Janeček a Přikryl, 1982). Baruš a Oliva, 1995 uvádí, že do roku 1939 se příkrmovalo zejména lupinou. Předkládané krmivo je

kaprem efektivně využíváno pouze při dostatečném množství přirozené potravy (Faina, 1983). Při příkrmování by vždy alespoň 50 % kaprem přijaté potravy mělo být přirozeného původu (Čítek a kol., 1998). Druh zvoleného krmiva, frekvence a intenzita krmení jsou ovlivněny především přirozenou potravou, dále pak teplotou vody, obsahem kyslíku, hodnotou pH a celkovým zdravotním stavem obsádky rybníka (Janeček a Přikryl, 1982).

Kapr přestává přijímat potravu, pokud teplota vody klesne pod 10° (Kratochvíl, 1973). Schäperclaus and Lukowicz, 1998 uvádí, že kapr přestává přijímat potravu, pokud teplota klesne pod 8°C, to ale neplatí u plůdku kapra. Janeček a Přikryl., 1982 uvádí, že krmení zastavujeme v případě, kdy dojde k poklesu vody pod tuto teplotní hranici nebo pokud dojde k rozvoji perlooček větších než 2 mm.

Příkrmování probíhá zpravidla od dubna do října (Pokorný a kol., 2004). Příkrmování v měsíci říjnu se týká především plůdku, v menší míře pak násad (Schäperclaus and Lukowicz, 1998). Jarní a podzimní příkrmování je označováno jako kondiční (Pokorný a kol., 2004). Procentuální rozdělení krmiv dle měsíců je dle Janečka a Přikryla, 1982 následující: květen – 4 %, červen – 13 %, červenec – 26 %, srpen – 37 % a září – 20 %. V současné době se v chovech ryb využívají nové technologie úpravy obilovin pro zvýšení jejich produkční účinnosti. Hlavním cílem je dosahování vyšších přírůstků při nižší konverzi krmiva, účinnějšího využití živin (menší znečištění vody) a ušetření nákladů na příkrmování (Másílko a kol., 2009).

Přirozenou potravu kapr využije pro růst, zatímco předkládané krmivo je použito pro zachovnou a metabolickou potřebu (Pokorný a kol., 2004). Krmné koeficienty přirozené potravy za předpokladu, že se jedná o syrovou hmotu, jsou následující: perloočky - 5,1; larvy pakomárů - 4,4; blešivci – 3,9 a plankton obecně – 6 až 7 (Kavalec, 1968). Vysoké krmné dávky jsou ekonomicky nevýhodné. Kapr je totiž schopen přijmout více potravy než je schopen vstřebat. Výhodnější je zvolit nižší dávky, ale častěji předkládané (Čítek a kol., 1998). Přirozená produkce je ovlivněna především polohou rybníku v teplotní oblasti v ČR (Hartman, 2012). Mezi nejteplejší patří např. oblast Polabí nebo jižní a střední Moravy, naopak mezi chladné oblasti lze zařadit oblast Vysočiny (Quitt, 1971). Přikryl a kol., 2008 pak podle nadmořské výšky dané lokality stanovili koeficienty poklesu produkce, resp. docílitelnou přirozenou produkci.

V potravě plůdku kapra převažuje především plankton (Dungel a Řehák., 2011). Zprvu se jedná o vířníky, později i buchanky a menší perloočky. Výběr přirozené

potravy je ovlivněn dosaženým vývojevým stádiem a velikostí potravních organismů. S postupným vývojem přechází kapří plůdek na objemnější potravu (Krupauer a Kubů, 1985). Třetí den po nasazení do plůdkových výtažníků I. řádu našli Skácelová a Matěna, 1981 v zaživacím traktu 90 % vyšetřených ryb perloočky, ale jen v 66 % vířníky. V dalších letech života převládá v potravě především makrozoobentos (larvy pakomárů a nitěnky). Nicméně pokud je dostatek větších perlooček (*Daphnia magna* a *Daphnia pulex*) nepohrdne jimi ani starší kapr (Adámek a kol., 2010).

Pro zvýšení zásob přirozené potravy pro ryby vyživujeme rybniční biocenózu organickými hnojivy. Představují totiž poměrně levný zdroj živin a především uhlíku (oxidu uhličitého), tím lze napomoci k zajištění udržitelné rybniční akvakultury (Hartman, 2012; Janeček a Příkryl, 1982). Jak zjistil Hartman, 1992 se stoupající spotřebou organických hnojiv roste přirozená produkce, nicméně později začne jejich účinnost značně klesat. Jejich aplikace probíhá výhradně dle aktuální potřeby v souladu s příslušnou kategorizací rybníka (Janeček a Příkryl, 1992). V současné době jsou hnojiva zařazena dle § 39 zákona č. 254/2001 Sb. mezi látky závadné, protože mohou ohrozit jakost povrchových vod. K jejich aplikaci je proto potřeba výjimka k používání závadných látek, kterou vydává příslušný vodoprávní úřad (Strnad a kol., 2013). Jako optimální se dnes jeví výživa rybniční biocenózy pomocí tzv. „zeleného hnojení rybníků“ (Hartman, 2012). Principem je osetí rybničního dna rostlinou biomasou (obiloviny, hořčice bílá, luštěniny, apod.), která se v době přiměřeného vzrůstu (kolénkování) zatopí. Posléze dochází k jejímu rozkladu a zásobování vodního prostředí živinami, kořenový systém také fixuje část uhlíkaté hmoty ke dnu rybníka (Füllner et al., 2000; Kavalec, 1968). Jako nepřímé zdroje živin v rybniční akvakultuře lze také uvést příkrmování ryb a kaprokachní systém hospodaření (Hartman, 2012).

Co se týká ostatních druhů ryb, amur bílý se při nedostatku ponořené vegetace velmi snadno přeorientuje na krmiva primárně podávaná kaprovi a tím mu tak může konkurovat. Tolstolobik bílý je výborným filtrátorem, který velmi dobře využije i velmi drobný fytoplankton. Tolstolobec pestrý se při svém rychlém růstu může stát konkurentem kapra. Lín využívá v rybníce stejnou potravu jako kapr a proto se může stát jeho konkurentem. (Janeček a Příkryl, 1992; Opuszyński, 1981).

2.3 Plankton v rybnících

Plankton je společenstvo organismů volně se vznášejících ve vodním sloupci, které nejsou schopny vlastní silou překonávat proudění vody (Hanel, 2012; Luo, 2013). Plankton dělíme na fytoplankton (tvořený převážně sinicemi a řasami), zooplankton (tvořený převážně vířníky, perloočkami, buchankami a vznášivkami) a bakterioplankton (Pokorný a kol., 2004). Planktonní organismy se vyznačují schopností rychle se množit a proto se veškeré změny prostředí, ve kterém žijí, odrazí v jejich složení (Hartman a kol., 2005). Na společenstva planktonu v nádržích má vliv především vyžírání tlak rybí obsádky (Persson, 2008). Plankton stojatých vod je druhově a početně chudší než plankton vod tekoucích, naproti tomu dynamika planktonu se lépe pozoruje ve stojatých vodách (Harris et al., 2000; Lellák a Kubiček, 1991). Co se týká rozdílů mezi hustotou fytoplanktonu a zooplanktonu, vyšší početnost a diverzifikovanost vždy vykazuje fytoplankton (Lellák a Kubiček, 1991).

2.3.1 Fytoplankton

Fytoplankton je tvořen makroskopickými i mikroskopickými zelenými řasami, rozsivkami a sinicemi (Křivánek a kol., 2012; Pokorný a kol., 2004). Vliv na jeho složení má celá řada faktorů (roční období, teplota a chemismus vody, osvětlení, predační tlak apod.). Na jaře a na podzim převládají rozsivky, které jsou později nahrazovány zelenými řasami. V létě se mohou vyskytovat sinice, které způsobují tzv. vodní květ, jedná se převážně o následující druhy - *Anabaena*, *Aphanizomenon* a *Microcystis*. V tomto období dochází vlivem jejich intenzivní asimilační činnosti k přesycení vody kyslíkem a výrazně se může zvýšit pH. Po jejich náhlém odumření může naopak docházet k odčerpávání kyslíku z vody a vytváření jedovatých sloučenin (amoniak a sirovodík). V rybnících se studenou a na živiny chudší vodou převládají rozsivky, naproti tomu ve vodě bohaté na živiny a dobře prohřáté převládají sinice a řasy (Křivánek a kol., 2012).

2.3.2 Zooplankton

Je tvořen převážně vířníky a drobnými korýši, jako jsou buchanky nebo perloočky (Křivánek a kol., 2012). Potravu zooplanktonu tvoří např. bakterioplankton, fytoplankton nebo jiný zooplankton (Luo, 2013). Gliwicz a Siedlar, 1980 uvádí, že

druhové složení fytoplanktonu ovlivňuje reprodukci a přežití zooplanktonu, je pro něj totiž zdrojem živin a energie. Zooplankton nacházíme především v povrchových vrstvách vody, kde má dostatek potravy. Má důležitou roli v potravní síti, je totiž zdrojem potravy pro vyšší trofické úrovně. Zooplankton je schopen relativně rychle reagovat na zvýšené množství fytoplanktonu (Luo, 2013). Spolu s bentosem, fytoplanktonem a makrofyty je zooplankton jedním z ukazatelů kvality vody (Mialet et al., 2011). Mezi odolnější zooplanktonní organismy řadíme vířníky a drobnější formy perlooček. Dospělé buchanky přežívají lépe než naupliová stádia a vznášivky (Lellák a Kubíček, 1991).

Perloočky (*Cladocera*)

Perloočky se vyskytují převážně ve sladké vodě, pouze asi 12 druhů žije v moři (Kratochvíl, 1973). Většina perlooček se živí filtrací sestonu z vody, jsou proto považovány za výborné filtrátory a používají se např. ve vodárenských nádržích, kde filtrováním zlepšují kvalitu vody a snižují tak náklady na čištění (De Mott, 1995; Hanel, 2012). V rybnících jsou mnohé druhy (*Daphnia magna*, *Daphnia pulicaria*) významnou složkou potravy ryb (Hartman a kol., 2005). Druh *Daphnia magna* je také velmi často používán v toxikologii pro svoji vysokou citlivost a krátký reprodukční cyklus (Biesingena and Christensen, 1972; Hermens et. al., 1984; De Schamphelaere et. al., 2004). Na perloočkách lze velmi dobře pozorovat vyžírání tlak rybí obsádky, neboť zapříčiní velikostní i druhové změny v jejich populaci (Faina, 1983). Perloočky jsou schopny velmi rychle převládnout nad vířníky, neboť účinněji využívají potravu (Matěna, 1983). Dosahují různé velikosti např. rod *Bosmina* dosahuje velikosti v rozmezí 0,3 – 1,6 mm, naproti tomu *Daphnia magna* může dosahovat velikosti až 6 mm (Geller and Müller, 1981; Hartman a kol., 2005; Müller, 1985).

Klanonožci (*Copepoda*)

Řád klanonožců je reprezentován drobnými korýši s válcovitým a segmentovaným tělem s četnými přívěsky na hlavě a hrudi (Reid, 2010). Ačkoliv je nacházíme převážně ve vnitrozemských vodách, jejich původ je mořský. Většina druhů je všežravých, potravu jim tvoří bakterie, prvoci, řasy a některé druhy jsou i kanibalové. Samičky jsou větší než samci (Williamson, 2009). Tento řád se dále dělí na 3 podřády – Buchanky (*Cyclopoida*), Plazivky (*Herpacticoida*) a Vznášivky (*Calanoida*) (Přikryl, 1996).

Vznášivky (*Calanoida*)

Charakteristickým znakem vznášivek jsou dlouhá tykadla, roztažená kolmo od těla na obě strany. Většina druhů jsou filtrátoři, kteří se živí planktonními řasami (Přikryl in Hartman a kol., 2005). Sato and Hurlbert, 1991 uvádí, že mohou silně potlačovat naupliová stádia buchaneček. V našich rybnících se nejčastěji vyskytují druhy *Eudiaptomus gracilis* a *Eudiaptomus vulgaris* (Přikryl, 1996).

Buchanky (*Cyclopoida*)

Oproti vznášivkám mají kratší tykadla, nepřesahující konec hlavohruďi a samičky mají dva vaječné vaky (Pokorný a kol., 2004). Buchanky jsou dravci a jako potrava jim slouží především vířníci, perloočky a vývojová stádia klanonožců (Matěna, 1983). Na jaře se v rybnících setkáváme především s druhem *Cyclops vicinus*, v letním období můžeme v betamezosaprobních vodách najít rod *Macrocylops*. V rybnících se silně zhuštěnými obsádkami nacházíme druh *Acanthocyclops robustus* (Pokorný a kol., 2004).

Plazivky (*Herpacticoida*)

Žijí převážně mezi rostlinami (i ve vlhkém mechu) na dně stojatých i tekoucích vod. Mají velmi krátká tykadla a dosahují velikosti do 1 mm. Jako potrava jim slouží zbytky rostlin nebo živočichů. Jejich naupliová stádia jsou charakteristicky kulatá (Pokorný a kol., 2004).

Vířníci (*Rotifera*)

Mají nečláňované tělo, kryté kutikulou. Planktonní druhy se pohybují pomocí vířivého orgánu, který zároveň přihání potravu k ústnímu otvoru. Většina druhů se živí řasami a malými částicemi detritu. V našich vodách se nejčastěji vyskytují rody *Asplanchna*, *Polyarthra*, *Brachionus*, *Hexarthra*, *Filina*, *Keratella*, *Trichocerca* aj. Vířníci jsou za příznivých podmínek schopni velmi rychlého rozvoje a vzhledem k tomu, že jsou poměrně nároční na kyslík, indikuje jejich přítomnost dobré kyslíkové poměry (Přikryl in Hartman a kol., 2005). Ranná vývojová stádia většiny ryb jsou schopna efektivně využívat všechny druhy planktonních vířníků (Matěna, 1983). V současné době je u nás známo asi 2000 druhů vířníků (Kratochvíl, 1973).

2.4 Dynamika planktonu v rybnících ovlivněných rybářským managementem

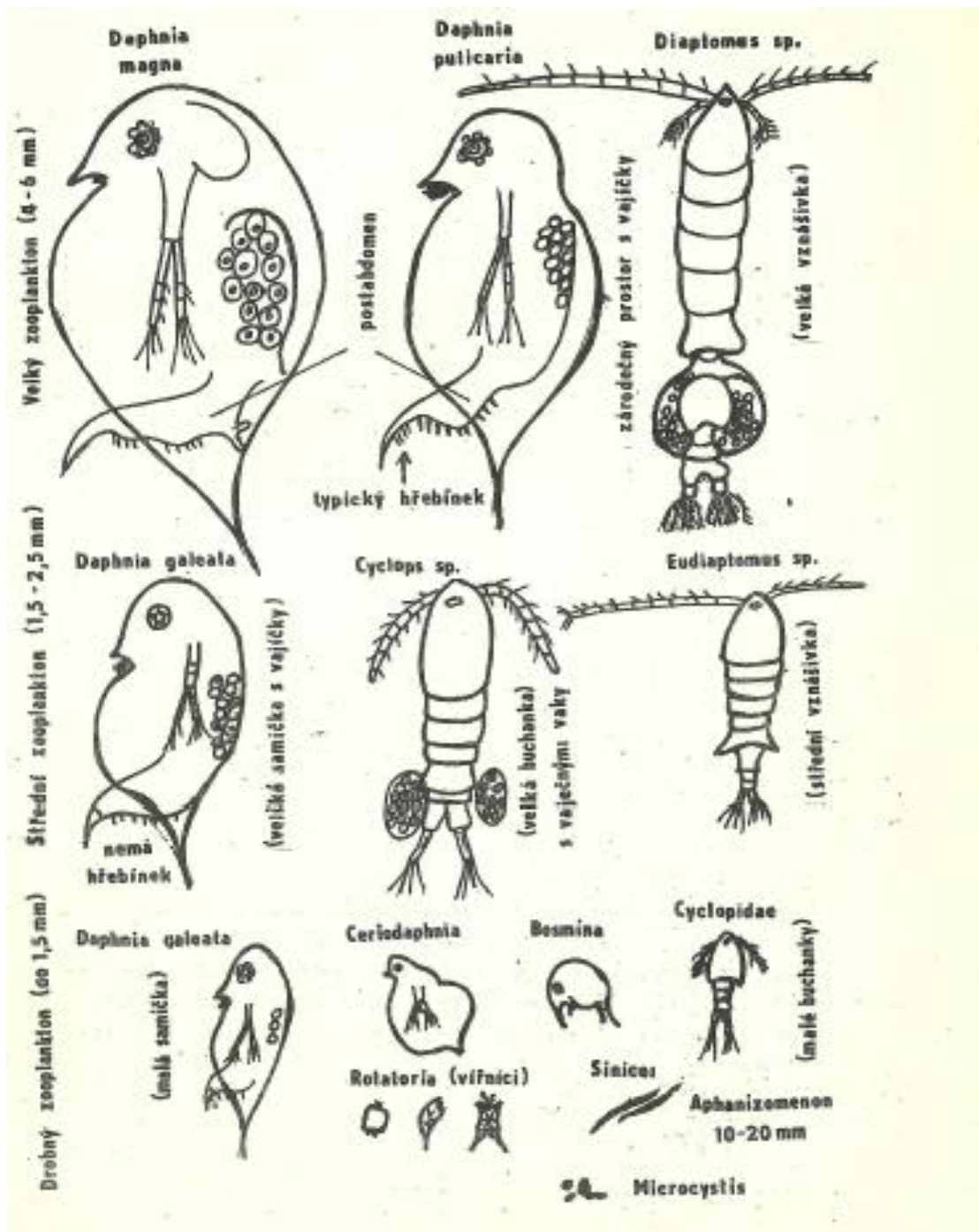
V současné době jsou rybníční ekosystémy charakterizovány vysokou biomasou fytoplanktonu, která kulminuje v květnu. Je to způsobeno dostatkem živin, světelnými podmínkami a nižší respirací celého planktonního společenstva (Adámek a kol., 2010). Pokud se v nádrži nevyskytují velké druhy perlooček, které jsou účinnými filtrátory (efektivně redukuje jak fytoplankton, tak bakterioplankton) není rozvoj fytoplanktonu nijak omezován (Brooks and Dodson, 1965; Janda a Pechar, 1996). Nárůst fytoplanktonu v posledních letech způsobuje značné kolísání klíčových parametrů (obsah rozpuštěného kyslíku, pH) ve vodním prostředí. Následky pak mohou být pro celý rybníční ekosystém fatální (Adámek a kol., 2010).

Na společenstvo zooplanktonu má největší vliv vyžírání tlak rybí obsádky (Adámek a kol., 2010; Hartman a kol., 2005; Persson, 2008). Ten ovlivňuje jak jejich hustotu tak i jejich složení (Adámek a kol., 2010). Vztah mezi druhovým složením zooplanktonu a rybí obsádkou zkoumal např. Walter již v roce 1895. Pokud v nádržích převládají planktonožravé druhy ryb je zooplankton tvořen především drobnými druhy perlooček, klanonožci a vířníky (Hrbáček a kol., 1961). Příjem potravy u kapra je limitován především teplotou vody. Proto na počátku vegetační sezóny, kdy ještě kapr nepřijímá potravu, převládají velké druhy perlooček jako *Daphnia magna* nebo *Daphnia pulex* (Adámek a kol., 2010). V tomto období (přelom května a června) lze proto pozorovat zvýšení průhlednosti vody tzv. klírování, vlivem redukce fytoplanktonu. Tato situace může přinášet riziko vzniku kyslíkových deficitů (Adámek a kol., 2010; Janda a Pechar, 1996). Vrchol rozvoje zooplanktonu může nastat již na přelomu dubna a května, v době ústupu fytoplanktonu (Sukop a Heteša, 1984). Se vzrůstající teplotou vody roste vyžírání tlak rybí obsádky. To má za následek vymizení velkých a snadno dostupných potravních organismů (*Daphnia magna*) (Adámek a kol., 2010). Postupně tak dojde ke snížení podílu perlooček (*Cladocera*) a zvýšení podílu klanonožců (*Copepoda*) a vířníků (*Rotifera*) (Persson, 2008). Velké druhy perlooček jsou nahrazeny menšími, jako jsou např. rody *Bosmina*, *Ceriodaphnia* nebo *Chydoridae* (Adámek a kol., 2010).

Proti predačnímu tlaku ryb se planktonní organismy brání několika způsoby. Dochází ke tvarovým změnám těla (cyklomorfóza), diurnálním migracím, změnám barvy těla apod. (Příkryl in Hartman a kol., 2005). Nejlépe je cyklomorfóza pozorovatelná u perlooček rodu *Daphnia*. Zimní generace mají hlavu nízkou a kulatou, zatímco u letní

generace dochází k přilbovitému zvýšení hlavy. Tvorba přileb je kromě výše zmíněného predačního tlaku ovlivněna také teplotou, potravou, světelným režimem a turbulencí (Lellák a Kubíček, 1991). Hrbáček, 1969 uvádí, že jedinci s přilbami jsou vyžírání méně intenzivně, neboť jsou schopni při plavání zaujmout hydrodynamicky příznivější polohu. U vířníků je cyklomorfóza nejlépe popsána u druhu *Brachionus calciflorus*, který reaguje na přítomnost svého hlavního predátora (vířníka rodu *Asplanchna*) změnou tvaru a délky zadních postranních trnů svého pancíře. Růst trnů stimuluje koncentrace bílkovinné látky, kterou predátor produkuje (Wetzel, 1983).

Podle rozboru planktonu tak lze posoudit celkový vyžírací tlak rybí obsádky. Velké druhy perlooček spolu s vysokou průhledností vody signalizují slabý vyžírací tlak, důsledkem nízké biomasy, úhynu nebo onemocnění ryb (Adámek a kol., 2010). Vyšší průhlednost vody lze očekávat, pokud je dominance perlooček alespoň 60 % a dosahují velikosti min. 1,5 mm (Pechar a Radová, 1996). Velké množství drobného zooplanktonu spolu s nízkou průhledností vody (nepřesahující 20 cm) charakterizuje vysokou biomasu obsádky, případně vysokou přítomnost drobných kaprovitých nebo invazivních ryb. Extrémně vysoký vyžírací tlak ryb zapříčiňuje masový výskyt buchaneček a vířníků (Adámek a kol., 2010). Běžné zástupce jednotlivých velikostních skupin zooplanktonu v rybníce zachycuje obrázek č. 1. Nejvyšší druhová diverzita zooplanktonu je v rybnících s nízkou až střední úrovní intenzity rybářského obhospodařování (Přikryl, 1996). Průměrná velikost a procentuální zastoupení perlooček rodu *Daphnia* významně koreluje s biomasou obsádky a průhledností vody (Pechar, 1995). Podle tohoto tvrzení byl definován tzv. Daphnia index, který vyjadřuje vztah mezi jejich procentuálním zastoupením a velikostí a ukazuje schopnost zooplanktonu redukovat rozvoj fytoplanktonu (Potužák, 2009). Zooplankton, který není rybami nebo jinými organismy spotřebován odumírá a hromadí se na dně v podobě detritu (Křivánek a kol., 2012).



Obr. 1. Běžní zástupci jednotlivých velikostních skupin zooplanktonu v rybnících (Faina, 1983)

3. Metodika

Sledování fyzikálně chemických parametrů vody bylo prováděno na třech rybnících, nacházejících se v Českém ráji. Tyto rybníky obhospodařuje Rybářství Chlumeck nad Cidlinou a.s. Výběr rybníků byl zvolen tak, aby byly rozdílné z hlediska rozlohy, hloubky, intenzity hospodaření a hustoty obsádky. Odběr vzorků byl prováděn od poloviny května do konce září roku 2013. Během tohoto období byly sledovány následující parametry: teplota vody u hladiny a v hloubce 1,5 m, obsah a nasycení vody kyslíkem u hladiny a v hloubce 1,5 m, průhlednost vody v místě výpustě, $KNK_{4,5}$ a rozvoj zooplanktonu jako přirozené potravy ryb. Vzorky byly z počátku odebírány 1 × za 14 dní, vždy ve stejnou denní dobu, zpravidla kolem poledne. Od začátku července bylo přistoupeno k měření teploty, kyslíku a průhlednosti vody každý týden. Důvodem bylo získání většího množství dat pro následné zpracování a detailnějšího posouzení vývoje jednotlivých měřených parametrů. Stanovení alkality ($KNK_{4,5}$) a odebírání vzorků zooplanktonu bylo nadále prováděno 1 × za 14 dní. Současně bylo s každým odběrem vzorků zaznamenáno počasí a celkový stav rybníka (rozvoj makrovegetace apod.). Jako doplňující informace byly získány výsledky z rozborů vody, prováděné za účelem povolení výjimky k aplikaci závadných látek podle ustanovení § 39 odst. 1 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách. Tato výjimka byla zapotřebí pouze z důvodu přikrmování, neboť na mnou sledovaných rybnících nedocházelo k výživě rybníční biocenózy organickými hnojivy ani k aplikaci jiných závadných látek. Do diskuze svojí práce jsem také zahrnul posudek k rybníku Komárov, který vystavilo Povodí Labe v roce 2011. Tento posudek se týká souhrnných informací o vhodnosti vody v tomto rybníce ke koupání a uvádí také hlavní příčiny znečištění. Jeho platnost je do roku 2015.

3.1 Charakteristika sledovaných rybníků

3.1.1 Rybník Žabakor

Rybník Žabakor byl založen v 16. století a je to jeden z největších a nejstarších rybníků v Českém ráji (Křivánek a kol., 2012). Před rokem 1765 byl rybník vypuštěn a jeho dno mělo být zemědělsky využíváno. Časem se ale ukázalo, že vlivem silného zamokření není dno rybníka vhodné k zemědělským účelům. Rybník byl proto obnoven a na mapách z roku 1842 je již opět zakreslen. Dle pamětníků byla hladina rybníka o

cca 35 cm níže než nyní. Rybník byl silně zarostlý lekníny a jen s obtížemi se dal projet na lodičce. Na ostrově, který se dochoval až do dnešní doby, byl počátkem 20. století lesopark, kde byly pěšinky, přístřešky a přístaviště (Egert, 2011). Podloží rybníka je tvořeno z vápnatých jílovců a slínovců, které jsou poměrně málo propustné. Spolu se sousedním rybníkem Oběšencem byl tento rybník v roce 1998 vyhlášen chráněnou přírodní rezervací (Křivánek a kol., 2012). Je také jednou z nejdéle a nejlépe sledovaných ornitologických lokalit u nás. V 80. letech zde byla největší kolonie racka chechtavého v Českém ráji (Mrkáček, 2011). Vyskytuje se zde více jak 180 druhů ptáků, např. orel mořský, orlovec říční, kormorán velký, volavka červená, turpan černý, chřástal kropenatý nebo racek chechtavý (Weiss, 1987).

Základní hydrologická charakteristika:

Vodní tok: **Žehrovka**

Délka toku: **26,3 km**

Plocha povodí: **96,1 km²**

Číslo hydrologického pořadí: **1 - 05 – 02 – 024**

Plocha vodní hladiny při normálním vzduší 234,16 m. n. m.: **45 ha**

Plocha vodní hladiny při max. stavu 234,56 m. n. m.: **63,1966 ha**

Průměrná hloubka: **1,24 m**

Objem zásobního (akumulačního) prostoru rybníka ode dna do hladiny 234,16 m. n. m. je **784,000 tis. m³**.

Ochranný (retenční) objem rybníka při max. vzduší 234,56 m. n. n. je **252,760 tis. m³**.

Celkový ovladatelný objem rybníka je **1,036,760 mil. m³**.

Účel a využití rybníka: Slouží především jako hlavní a komorový rybník k chovu ryb. Déle plní retenční a akumulační funkci a je vyhlášen za chráněnou krajinou rezervaci.

Popis rybníka: Rybník se nachází mezi obcemi Březina, Doubrava a Žďár. Jedná se rybník zásobovaný vodou bočním náhonem z řeky Žehrovky. Přítok je možné velmi dobře ovládat. Hlavní hráz je dlouhá přibližně 300 metrů. Hráz je zemní, homogenní, sypaná převážně z místních materiálů. Šířka hráze v koruně je přibližně 10 metrů a po její koruně vede zpevněná silnice 610. Návodní strana hráze je na několika místech zpevněna kamennými kvádry. Vzdušná strana hráze je zatravněna, místy porostlá stromy. Jako výpustní zařízení slouží stavidlo. Místa odběru vzorků vody zobrazuje

obrázek č. 2. Při odebrání vzorků z prostředních částí rybníka byla použita ocelová loď patřící společnosti Rybářství Chlumec nad Cidlinou.



Obr. 2. Rybník Žabakor - Šipka znázorňuje místo, kde byla měřena průhlednost vody, nasycení vody kyslíkem a teplota vody. Křížky vyznačují místa odběru vzorků planktonu a odběr vzorků vody pro stanovení KNK_{4,5}. (mapy, 2014)

3.1.2 Komárovský rybník

Komárovský rybník se nachází asi 1 km od obce Branžež v mělké kotlině mezi lesy (Křivánek a kol., 2012; Mrkáček, 1997). Po rybníku Žabakor je to druhý největší rybník tohoto regionu (Weiss, 1987). Z původně rozsáhlé rybníční soustavy na řece Kněžmostce se dochoval jako jediný. Tato rybníční soustava byla na počátku 17. století vybudována Valdštejnů. První zmínka o rybníku se datuje z roku 1604 v souvislosti se zaniklou obcí Komárov. Většina rybníků v této oblasti byla počátkem 19. století přeměněna na louky a úrodná pole. Rybník Komárov byl obnoven v roce 1965 tehdejším Státním rybářstvím o.p. (Dolejší, 2012; Křivánek a kol., 2012). Z ornitologického hlediska se jedná o významnou lokalitu, neboť se zde vyskytují druhy jako cvrčilka slavíková nebo moudivláček lužní (Weiss, 1987).

Základní hydrologická charakteristika:

Vodní tok: **Kněžmostka**

Délka toku: **1,9 km**

Plocha povodí: **73,9 km²**

Číslo hydrologického pořadí: **1 – 05 – 02 – 073**

Obec: **Branžez**

Katastrální území: **Branžez, Suhrovice, Srbsko**

Kategorie VD dle § 61 zákona č. 254/2001 Sb. a vyhlášky č.471/2001 Sb.: **IV.**

kategorie

Plocha vodní hladiny při normálním vzduší 255,70 m. n. m.: **48, 187 ha**

Plocha vodní hladiny při vzduší 255,70 až 256,00 m. n. m.: **52,016 ha**

Průměrná hloubka: **1,38 m**

Objem zásobního (akumulačního) prostoru rybníka ode dna do hladiny 255,70 m. n. m. je **664,455 tis. m³**.

Ochranný (retenční) objem rybníka v rozmezí hladin 255,70 až 256,00 m. n. m. je **150,296 tis. m³**.

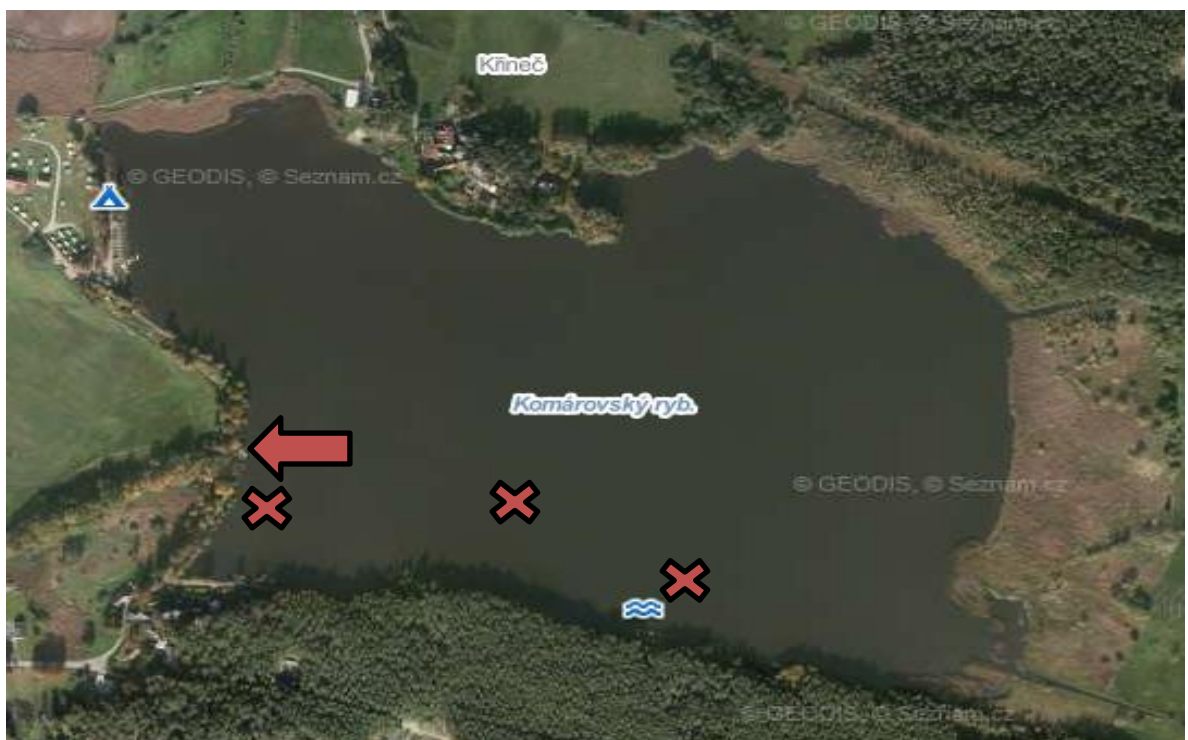
Celkový ovladatelný objem rybníka je **814,724 tis. m³**.

Celkový objem do koruny hráze (256,25 m. n. m.) je **949,645 tis. m³**.

Účel a využití rybníka: V současné době slouží rybník především k rekreačním účelům. Nachází se zde několik pláží a kempů. Okolí rybníka je navíc turisticky poměrně vyhlášené. Z hlediska rybářského obhospodařování je rybník využíván jako hlavní a komorový. V neposlední řadě také zachycuje povodňové přítoky a zmírňuje průběh povodní na vodním toku Kněžmostka pod rybníkem.

Popis rybníka: Jedná se o průtočný rybník napájený řekou Kněžmostkou. Délka hlavní hráze je cca. 460 m., v koruně je široká 4 m. Hráz je zemní, homogenní, sypaná převážně z místních zemin. V místě výpustě je výška hráze cca. 5 m. Návodní strana hráze je zpevněna kamennou dlažbou z lomového kamene. Vzdušná strana hráze je zatravněná, místy porostlá křovinami a stromy. Po koruně hráze vede nezpevněná cesta. Jako výpustní zařízení slouží železobetonový požerák. Ten je umístěn v čele sdruženého objektu, kde tvoří společný blok s přelivy. Tyto přelivy tvoří v půdorysu čtyři stěny poloviny osmiúhelníku. Celková délka přelivné hrany je 13,1 m. Druhá hráz se nachází u osady Komárov a je dlouhá asi 120 m. Návodní strana hráze je opět zpevněna kamennou dlažbou z lomového kamene. Účelem této hráze je ochrana před zatopením zahrad v osadě Komárov. Poslední hráz se nachází u osady Křineč. Její délka je 120 m,

návodní strana je zpevněna kamennou dlažbou. Hráz má opět charakter ochranný. Hladina v rybníce je určována vodočtem. Lať vodočtu je plechová smaltovaná, s relativním čtením v metrech. Kóta 255,70 m. n. m. – úroveň přelivné hrany přelivu na sdruženém objektu je označena „0“. U pravého závazání hlavní hráze je umístěn bezpečnostní přeliv. Pomocí šikmých ramp je zde hráz snížena v délce 32 metrů na kótu 255,45 m. n. m. Samotná přelivná hrana je tvořena betonovým prahem šířky 60 cm na kótě 255,80 m. n. m. Místa odběru vzorků vody zobrazuje obrázek č. 3. Při odebrání vzorků z prostředních částí rybníka byla použita ocelová loď patřící společnosti Rybářství Chlumeč nad Cidlinou a.s.



Obr. 3. Rybník Komárov - Šipka znázorňuje místo, kde byla měřena průhlednost vody, nasycení vody kyslíkem a teplota vody. Křížky vyznačují místa odběru vzorků planktonu a odběr vzorků vody pro stanovení KNK_{4,5}. (mapy, 2014)

3.1.3 Rybník Horní

K tomuto rybníku nebyl k dispozici manipulační řád.

Základní hydrologická charakteristika:

Vodní tok: Arnoštický potok

Délka toku: **3,6 km**

Plocha povodí: **1,590 km²**

Číslo hydrologického pořadí: **1-05-02-029**

Plocha vodní hladiny: **5,55 ha**

Průměrná hloubka: **0,7 m**

Objem zásobního (akumulačního) prostoru rybníka: **cca. 39,000 tis. m³**.

Účel a využití rybníka: V současné době slouží rybník především k chovu ryb. Je to také významný krajinnotvorný prvek dotvářející vzhled této oblasti.

Popis rybníka: Průtočný rybník Horní se nachází severozápadně od obce Žehrov. Horní část povodí je převážně zalesněná. Střední část povodí je tvořena zemědělsky obdělávanými pozemky. Hlavní hráz odděluje rybník Horní od rybníka Dolního. Délka této hráze je cca. 212 m. a šířka je přibližně 5 m (v koruně). Hráze rybníka jsou sypané, zemní, pravděpodobně homogenní. Na rybníku byl dříve uplatňován kaprokachní způsob hospodaření. Budovy pro chov kachen byly umístěny na levé hrázi rybníka. Místa odběru vzorků vody zobrazuje obrázek č. 4.



Obr. 4. Rybník Horní - Šipka znázorňuje místo, kde byla měřena průhlednost vody, nasycení vody kyslíkem, teplota vody a kde byly odebírány vzorky planktonu. Křížky vyznačují místa odběru vzorků vody pro stanovení KNK_{4,5}. (mapy, 2014)

3.2 Postupy stanovení jednotlivých měřených parametrů

3.2.1. Měření průhlednosti, kyslíku a teploty

Stanovení průhlednosti vody bylo prováděno pomocí Secchiho desky, vždy v místě výpustě sledovaného rybníka. Měření obsahu kyslíku ve vodě a teploty vody bylo prováděno pomocí oximetru INSA MULTIMET MF 79. Při měření byla limitujícím faktorem délka kabelu sondy oximetru. Měření proto probíhalo těsně pod hladinou a v hloubce 1,5 m (max. délka kabelu). Měření probíhala vždy u výpustního objektu rybníka. Sonda oximetru se ponořila do vody, chvíli s ní bylo pohybováno a až se údaje ustálily, pak byly zaznamenány. Tyto údaje byly zpočátku sledovány 1 x za 14 dní, později bylo přistoupeno ke sledování těchto parametrů každý týden.

3.2.2. Stanovení $\text{KNK}_{4,5}$

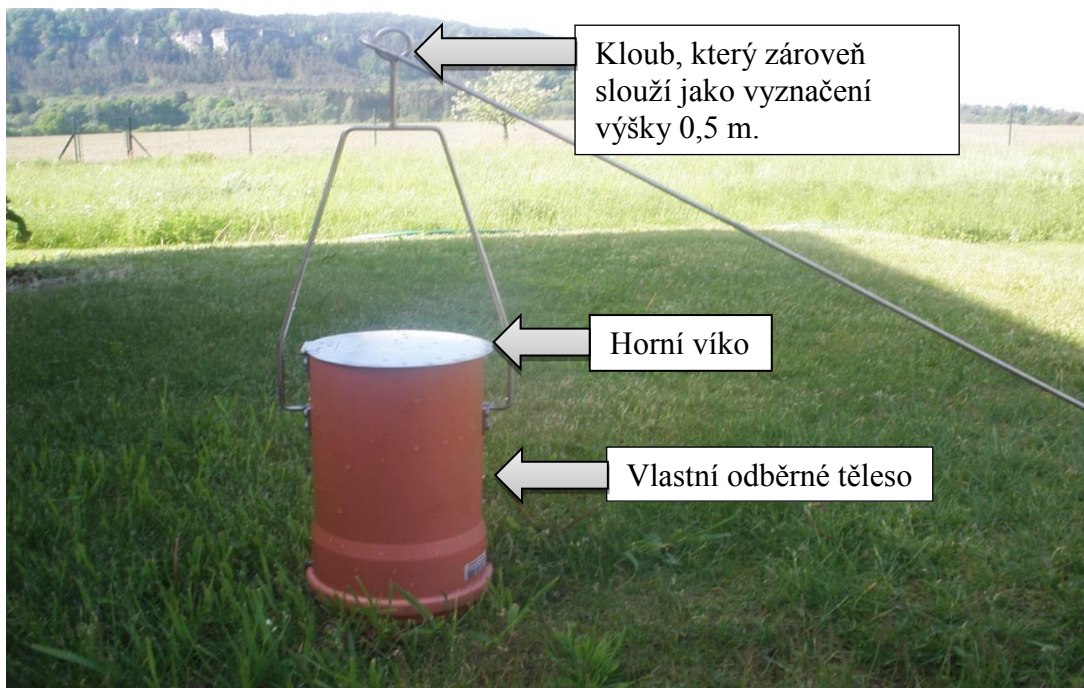
Na každém rybníku byly ze třech různých míst odebrány vzorky vody pro stanovení $\text{KNK}_{4,5}$ (kyselinové neutralizační kapacity). Odběr probíhal do 100 ml kalibrovaných plastových lahvíček. Z této lahvičky byl poté vzorek rybníční vody přelit do Erlenmayerovy baňky a bylo přidáno 5 kapek směsného (Tashirova) indikátoru. Následně byl obsah titrován 0,1 M HCl k přechodu ze zelenomodrého zbarvení na vínočervené. Spotřeba 0,1 M HCl = alkalita ($\text{KNK}_{4,5} \text{ mmol.l}^{-1}$). Během titrace bylo s Erlenmayerovou baňkou krouživým pohybem neustále mícháno.

3.2.3. Sledování dynamiky růstu obsádky

Dynamika růstu obsádky byla sledována kontrolními odlovy. Některé odlovy prováděli v rámci svojí pracovní činnosti přímo pracovníci Rybářství Chlumeck nad Cidlinou a.s. Pro získání většího množství dat jsem pak některé odlovy prováděl samostatně, tak aby za každý měsíc (červen, červenec a srpen) byla k dispozici vždy alespoň dvě sledování. Odlovy probíhaly vždy na krmném místě, v den příkrmování. Po podání krmiva se vždy cca. 2 – 3 hodiny počkalo a následně odlov probíhal klasicky vrhací sítí. Chycené ryby byly zváženy a byla zapsána jejich průměrná hmotnost. Tato průměrná hmotnost byla vždy stanovena z počtu alespoň 10 kusů chycených ryb. Na rybníku Žabakor bylo sledování růstu obsádky hodnoceno podle letních odlovů.

3.2.4. Schlott – Fichtenbauer – Bauerova sonda

Součástí práce na odběru a zpracování zooplanktonu bylo užití metody kvantitativního odběru zooplanktonu podle Schlotta, Fichtenbauera a Bauera, 2011 s následným rozdělením planktonu na jedince konzumovatelné (větší než 500 μm) a na jedince menší než 500 μm . K třídění měla být použita pro tento účel speciálně vyrobená síta. Zjistilo se však, že pokud se velké druhy perlooček (*Daphnia magna*, *Daphnia pulicaria*) dostanou do svislé polohy, propadnou sítím a jsou pak nalezeny v planktonu menším než 500 μm . Přitom již od pohledu je patrné, že patří do planktonu většího než 500 μm . Naproti tomu některé malé druhy vířníků vytvářely na sítu shluky a sítím nepropadly. Proto bylo od této metody odstoupeno a posouzení velikosti bylo prováděno vizuálně. Schlott – Fichtenbauer – Bauerova sonda pracuje na principu Patalasova odběrače. Umožňuje tedy odběr přesného objemu vody a tím poměrně přesné stanovení kvantitativního množství biomasy planktonu. Základ tohoto odběrného zařízení tvoří plastová trubka, která je na obou koncích opatřena pohyblivým zavíráním. Další část tvoří ocelová konstrukce zakončená madlem, které umožňuje manipulaci při odběrech. Konstrukce je rozdělena na části, vždy 0,5 m dlouhé. Tyto části jsou vyznačeny háčky, které měly původně sloužit k zaháknutí táhla otevírajícího spodní víko sondy, viz níže. Celé odběrné zařízení má celkovou délku 1,5 m. Vlastní odebrání planktonu probíhá následovně – vybereme si místo, které chceme podrobit analýze planktonu, sondu spustíme do námi požadované hloubky a tahem nahoru dojde k jejímu uzavření. Po vytáhnutí na břeh je nutné celý obsah přelít přes klasickou planktonní síť. Délka odběrného tělesa je 29 cm a jeho průměr je 15 cm. Podle vzorce na objem válce ($V = \pi \times r^2 \times h$) pak snadno vypočteme objem sondy. $V = 3,14 \times 56,25 \times 29 = 5122,125$... což je cca **5 litrů**. Na jedno odebrání tedy odebereme přibližně 5 l rybníční vody. Pro získání kvantitativního množství vzorku planktonu se odebrá několikrát 5 litrů rybníční vody. Schlott, Fichtenbauer, Bauerovu sondu používanou v mém pokusu jsem si nechal vyrobit podle návodu. Některé věci mi v něm ale přišly zbytečně složité a tak jsem si je upravil. Například táhlo, které mělo otevírat spodní víko naběračky, jsem vynechal úplně. Při troše šikovnosti lze totiž spodní víko otevřít skrz nastavenou planktonní síť, aniž by došlo k jakémukoliv ovlivnění odebíraného vzorku. Schlott , Fichtenbauer, Bauerovu sondu zobrazuje obrázek č. 5



Obr. 5. Schlott – Fichtenbauer – Bauerovu sonda (Foto: autor)

3.2.5 Odběr vzorků planktonu

Při odběru vzorků planktonu byla používána výše popsaná Schlott – Fichtenbauer – Bauerovu sonda. Z každého rybníku byl plankton odebrán 3 tahy, vždy z různých míst a z různé hloubky. Z každého měření bylo tedy odebráno 15 l rybníční vody. Stěny planktonní sítě byly poté prostříknuty stříčkou, proto aby plankton utkvěl na síťce stekl do lahvičky. Důležité je stříkat stříčkou vždy z vnějšku. Následně bylo do této 100 ml lahvičky s planktonem přilito cca. 7 ml 38-40 % formaldehydu, tak aby vznikl 4 % roztok vhodný pro konzervaci planktonu. Vzhledem k tomu, že formaldehyd vykazuje toxické a žíravé účinky, bylo s ním po celou dobu manipulováno v chirurgických rukavicích. Vzorky byly poté umístěny do tmavé místnosti při pokojové teplotě.

3.2.6 Determinace zooplanktonu

Třídění zooplanktonu probíhalo na Ústavu akvakultury - Fakulty rybářství a ochrany vod v Českých Budějovicích. K určování byl použit mikroskop Olympus CX 21. Mikroskopování probíhalo zpravidla při zvětšení 10x /0,25 a 20x /0,40. Postup determinace planktonu probíhal následovně. Do baňky byl přelit obsah plastové lahvičky s planktonem. Celý obsahem bylo mícháno, z důvodu rovnoměrného

rozprostření planktonu v baňce. Následně byly odpipetovány 2 ml vzorku a přelity do počítací komůrky (Sedgwick-Rafterovy). Pokud se vzorek nerozprostřel po celé počítací komůrce, bylo přidáno několik kapek ředěného mýdla, aby došlo ke snížení povrchového napětí a vzorek byl rovnoměrně rozprostřen po celé ploše. Vlastní počítací komůrka je rozdělena na 34 svislých komůrek. Při počítání byly určeny a spočítány planktonní organismy v 17 komůrkách a následně vynásobeny 2. Vlastní přepočtení na 1 l pak probíhal následovně.

Př. Ze 100 ml plastové lahvičky byly odpipetovány 2 ml vzorku. Po přelití do počítací komůrky bylo v těchto 2 ml napočítáno 8 ks *Daphnia galeata* v 17 komůrkách. Ve 34 komůrkách je jich 16. Ve 100 ml plastové lahvičce je jich tedy $16 \times 50 = 800$ (100ml : 2 ml). Jedna 100 ml lahvička obsahuje plankton vyskytující se v 15 l rybníční vody. Při přepočtu na 1 l tedy: $800 : 15 = 53,3$ ks. Jeden litr rybníční vody obsahuje 53,3 ks *Daphnia galeata*.

4. Výsledky

4.1. Rybník Žabakor

4.1.1 Fyzikálně chemické vlastnosti vody

Nejvyšší **průhlednost** (40 cm) byla naměřena na počátku vegetačního období a na konci července. Během celé vegetace se průhlednost s menšími výkyvy pohybovala v rozmezí od 20 do 40 cm. Na konci měsíce zřejmé se hodnota průhlednosti ustálila na hodnotách okolo 20 cm. Detailní vývoj průhlednosti společně s teplotou zobrazuje graf č. 1 v příloze. **Obsah a nasycení vody kyslíkem** u hladiny a v hloubce 1,5 m byl na počátku vegetačního období víceméně stejný. K výraznějším rozdílům obsahu kyslíku mezi oběma měřenými vrstvami došlo na začátku července. Tyto rozdíly přetrvávaly až do začátku srpna. Nejnižší stanovená hodnota obsahu kyslíku u dna byla naměřena 3. 8. 2013 a bylo to pouhých 6 % nasycení. Detailní vývoj kyslíkového režimu zobrazuje graf č. 2 v příloze. Nejnižší hodnota **KNK_{4,5}** (kyselinová neutralizační kapacita) – alkality vody byla naměřena v polovině května ($1,7 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$). Později došlo ke zvýšení alkality na hodnoty kolem $2,4 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$, které se udržely po celou dobu sledování rybníční biocenózy. Detailní vývoj KNK_{4,5} zobrazuje graf č. 3 v příloze. Souhrnné údaje o všech získaných fyzikálně chemických vlastnostech vody na rybníce Žabakor uvádí tabulka č. 21 v příloze.

4.1.2 Zooplankton

Přítomnost velkých druhů perlooček (*Daphnia pulicaria*) byla zaznamenána pouze na počátku vegetačního období, kdy se početnost tohoto druhu pohybovala v řádech desítek jedinců (ind.) na litr. Později začaly převládat menší rody jako *Bosmina* nebo *Ceriodaphnia*. Nejvyšší početnost ($1506 \text{ ind} \cdot \text{l}^{-1}$) byla zaznamenána 10. 8. 2013 u druhu *Bosmina longirostris*. V tento den byla také zaznamenána nejvyšší početnost planktonních organismů na tomto rybníce za celé sledované období. Řád vířníků byl reprezentován převážně rody *Asplanchna*, *Brachionus* a *Keratella*. Nejvyšší početnost dosáhl druh *Brachionus rubens* dne 10. 8. 2013, kdy byla jeho početnost přibližně $600 \text{ ind} \cdot \text{l}^{-1}$. Největší podíl vířníků byl zjištěn na začátku druhé poloviny

vegetačního období. Klanonožci byli reprezentováni převážně buchankami. Přítomnost vznášivek nebyla během pozorování zaznamenána. Z počátku převažovali dospělci, poté došlo ke zvýšení podílu naupliových a kopepoditových stádií. Výrazné navýšení podílu dospělců bylo zaznamenáno ještě 10. 8. 2013. Procentuální zastoupení jednotlivých řádů zooplanktonu zobrazuje tabulka č. 1. Rozdělení zooplanktonu na jedince menší a větší než 500 µm zobrazuje tabulka č. 2 - A, B. Grafické znázornění podílu jednotlivých řádů zooplanktonu uvádí graf č. 4 v příloze. Podrobný výskyt jednotlivých druhů zooplanktonu udává tabulka č. 18 v příloze.

Tab. 1. Procentuální zastoupení jednotlivých řádů zooplanktonu na rybníce Žabakor

	17.5	2.6	14.6	30.6	14.7	29.7	10.8	25.8	8.9	21.9
Cladocera	53 %	57 %	53 %	58 %	68 %	48 %	60 %	46 %	13 %	48 %
Rotifera	16 %	17 %	25 %	11 %	15 %	28 %	26 %	38 %	49 %	4 %
Copepoda	31 %	26 %	22 %	31 %	17 %	24 %	14 %	16 %	38 %	48 %

Tab. 2. A. Procentuální a početní zastoupení zooplanktonu menšího než 500 µm

Datum	17.5	2.6	14.6	30.6	14.7	29.7	10.8	25.8	8.9	21.9
Procentuální zastoupení	79 %	86 %	93 %	95 %	98 %	95 %	99 %	100 %	99 %	95 %
Početnost (ind. · l ⁻¹)	673	606	1119	1093	1832	1059	2939	1060	786	820

Tab. 2. B. Procentuální a početní zastoupení zooplanktonu většího než 500 µm

Datum	17.5	2.6	14.6	30.6	14.7	29.7	10.8	25.8	8.9	21.9
Procentuální zastoupení	21 %	14 %	7 %	5 %	2 %	5 %	1 %		1 %	5 %
Početnost (ind. · l ⁻¹)	180	100	86	60	33	60	27		7	47

4.1.3 Rozbory vody, vyplývající z povinnosti chovatele ryb podle § 39 zákona o vodách (č.254/2001 Sb.) pro povolení k používání závadných látek (krmiv).

Chemické parametry rozboru vody prováděné akreditovanou laboratoří na přítoku do rybníka Žabakor ze dne 30. 5. 2013 uvádí tabulka č. 3. Výsledky analýzy vody na odtoku z rybníka Žabakor ze dne 30. 5. 2013 uvádí tabulka č. 4. Výsledky z rozborů vody z druhé poloviny vegetačního období bohužel nebyly k dispozici.

Tab. 3. Vybrané chemické parametry na přítoku do rybníku Žabakor ze dne 30. 5. 2013 (ALS Czech Republic, s.r.o.).

celkový N	3,2 mg·l ⁻¹
CHSK _{Cr}	27,0 mg·l ⁻¹
celkový P	0,103 mg·l ⁻¹
dusičnany	6,67 mg·l ⁻¹
amoniakální N	0,059 mg·l ⁻¹

Tab. 4. Vybrané chemické parametry na odtoku z rybníku Žabakor ze dne 30. 5. 2013 (ALS Czech Republic, s.r.o.).

celkový N	2,3 mg·l ⁻¹
CHSK _{Cr}	39,0 mg·l ⁻¹
celkový P	0,162 mg·l ⁻¹
dusičnany	<0,27 mg·l ⁻¹
amoniakální N	0,232 mg·l ⁻¹

Po průtoku vody rybníkem došlo ke zlepšení celkového N a dusičnanů. Naopak ke zhoršení došlo u celkového P, CHSK_{Cr} (v důsledku oživení vody) a amoniakálního N.

4.1.4 Korelace

Vzájemný vztah mezi průhledností a vybranými sledovanými a zkoumanými parametry uvádí tabulka č. 5.

Tab. 5. Korelace - Žabakor

Korelace průhlednosti	Výsledná hodnota – r (korelačního koeficientu)
s obsahem kyslíku u hladiny (mg·l ⁻¹)	0,055326
s obsahem kyslíku u hladiny (v % nasycení)	0,193027
s obsahem kyslíku v hloubce 1,5 m (mg·l ⁻¹)	-0,21553
s obsahem kyslíku v hloubce 1,5 m (v % nasycení)	-0,19888
s KNK _{4,5} - alkalitou	-0,8127
s počtem jedinců zooplanktonu menších než 500 μm	-0,2084
s počtem jedinců zooplanktonu větších než 500 μm	0,728012
s počtem jedinců zooplanktonu menších než 500 μm (do 14.7)	-0,8414
s počtem jedinců zooplanktonu větších než 500 μm (do 14.7)	0,841972
s počtem jedinců druhu <i>Bosmina longirostris</i> (< 500 μm)	-0,21606
s počtem jedinců druhu <i>Daphnia galeata</i> (< 500 μm)	0,651451
s počtem jedinců druhu <i>Daphnia galeata</i> (>500 μm)	-0,13715

S průhledností významně koreluje hrubý zooplankton a z menších druhů *Daphnia galeata*. Těsnost vztahu mezi $KNK_{4,5}$ a průhledností vyjádřená záporným R se u dalších rybníků nepotvrdila.

4.1.5 Obsádka rybníka a dynamika jejího růstu

Nasazeno bylo celkem 18 000 ks násady K_2 o průměrné hmotnosti 0,722 kg. Z vedlejších ryb bylo nasazeno 1500 ks lína o průměrné kusové hmotnosti 0,2 kg, 200 ks štiky o průměrné kusové hmotnosti 0,2 kg a 120 ks candáta o průměrné kusové hmotnosti 0,3 kg. Sloveno bylo celkem 16 500 ks Kv o průměrné kusové hmotnosti 2,5 kg. Z vedlejších ryb bylo sloveno 500 ks lína o průměrné kusové hmotnosti 0,3 kg, 100 ks štiky o průměrné kusové hmotnosti 1,5 kg, 20 ks candáta o průměrné kusové hmotnosti 1,25 kg a 80 ks tolstolobika o průměrné kusové hmotnosti 2,5 kg. Dynamiku růstu obsádky znázorňuje tabulka č. 6.

Tab. 6. Dynamika růstu obsádky rybníku Žabakor.

Datum kontrolního odlovu	Kusová hmotnost
18. 6. 2013	1,22 kg
27. 6. 2013	1,3 kg
1. 7. 2013	1,66 kg
10. 7. 2013	1,71 kg
15. 7. 2013	1,72 kg
15. 8. 2013	2,12 kg
27.8 2013	2,20 kg

4.1.6 Produkce

Celkový přírůstek ryb (kapr 99,5 % + doplňkové ryby) = **29 145 kg**

Přírůstek příkrmováním = 47 000 kg (spotřeba krmiva) : 4 (krmný koeficient pro pšenici) = **11 750 kg**

Přirozený přírůstek = 29 145 kg (celkový přírůstek) – 11 750 kg (přírůstek příkrmováním) = **17 395 kg**

Přirozený přírůstek na 1 ha = 17 395 kg : 68,2 ha (výměra dle produkční karty) = **255 kg·ha⁻¹·rok⁻¹**

Přírůstek příkrmováním na 1 ha = 11 750 kg : 68,2 ha = **172 kg·ha⁻¹·rok⁻¹**

4.1.7 Hospodářský výsledek

Nasazeno celkem (kapr 97 % + doplňkové ryby) = **13 380 kg**

Spotřeba krmiva = **47 000 kg**

Sloveno celkem (kapr 99 % + doplňkové ryby) = **42 525 kg**

Celkový přírůstek ryb (kapr 95 % + doplňkové ryby) = **29 145 kg**

RKK (relativní krmný koeficient) = 47 000 kg (spotřeba krmiva) : 29 145 (celkový přírůstek) = **1,61**

Celkový přírůstek na 1 ha = 29 145 (celkový přírůstek) : 68,2 ha = **427 kg·ha⁻¹·rok⁻¹**

4.2 Komárovský rybník

4.2.1 Fyzikálně chemické vlastnosti vody

Na tomto rybníku dosahovala **průhlednost** během celého vegetačního období nejvyšších hodnot ze všech tří sledovaných rybníků. Nejvyšší hodnota průhlednosti byla naměřena v polovině května (110 cm). Později sice klesla, nicméně po celou dobu sledování se udržela v rozmezí mezi 50 – 70 cm, vyjma poloviny září, kdy klesla na 40 cm. Detailní vývoj průhlednosti společně s teplotou zachycuje graf č. 5 v příloze.

Obsah a nasycení vody kyslíkem v jednotlivých měřených vrstvách byl po celé vegetační období shodný. Pouze 10. 8. 2013 byl zaznamenán pokles nasycení obsahu kyslíku v hloubce 1,5 m. Nicméně i tak nasycení v této vrstvě dosahovalo 64 %.

Detailní vývoj kyslíkového režimu zachycuje graf č. 6 v příloze. **KNK_{4,5}** na tomto rybníce dosahovala po celou dobu vegetačního období nízkých hodnot, které se pohybovaly v rozmezí od 1 do 1,2 mmol·l⁻¹. Na nízkém KNK_{4,5} ze dne 2. 6. 2013 se pravděpodobně podílel zvýšený průtok v důsledku velké vody. Detailní vývoj KNK_{4,5} zachycuje graf č. 7 v příloze. Souhrnné údaje o všech získaných fyzikálně chemických vlastnostech vody na Komárovském rybníce uvádí tabulka č. 22 v příloze.

4.2.2 Zooplankton

Během prvního měření byl zjištěn poměrně velký počet velkých perlooček (*Daphnia magna* a *Daphnia pulicaria*). V první polovině května dosahovala početnost

druhu *Daphnia magna* 20 ind·l⁻¹, u druhu *Daphnia pulicaria* byla zaznamenána početnost 93 ind·l⁻¹. S postupující vegetací se jejich počty sice snižovaly, nicméně *Daphnia pulicaria* byla zjištěna v planktonním společenstvu ještě 25. 8. 2013. Malé druhy perlooček byly zastoupeny především rody *Bosmina*, *Ceriodaphnia* a *Diaphanosoma*. Oproti ostatním sledovaným rybníkům zde byl sledován výskyt druhu *Bosmina ceoregoni*. Vířníci se v zooplanktonu výrazněji objevily až na konci srpna, kdy rod *Asplanchna* dosáhl abundance 487 ind·l⁻¹. Klanonožci byli tvořeni převážně buchankami, přítomnost vznášivek byla pozorována pouze v polovině června. Dospělci buchanek se začaly ve větším množství objevovat až od konce července. Od tohoto období byla také pozorována vyšší přítomnost naupliových a kopepoditových stádií. Procentuální zastoupení jednotlivých řádů zooplanktonu zobrazuje tabulka č. 7. Rozdělení zooplanktonu na jedince menší a větší než 500 µm zobrazuje tabulka č. 8 - A, B. Grafické znázornění podílu jednotlivých řádů zooplanktonu uvádí graf č. 8 v příloze. Podrobný výskyt jednotlivých druhů zooplanktonu udává tabulka č. 19 v příloze.

Tab. 7. Procentuální zastoupení jednotlivých řádů zooplanktonu na Komárovském rybníce

	17.5	2.6	14.6	30.6	14.7	29.7	10.8	25.8	8.9	21.9
Cladocera	78 %	77 %	47 %	44 %	60 %	49 %	62 %	29 %	24 %	14 %
Rotifera	9 %	5 %		4 %	10 %		2 %	66 %	61 %	10 %
Copepoda	13 %	18 %	53 %	52 %	30 %	51 %	36 %	5 %	15 %	76 %

Tab. 8. A. Procentuální a početní zastoupení zooplanktonu menšího než 500 µm

Datum	17.5	2.6	14.6	30.6	14.7	29.7	10.8	25.8	8.9	21.9
Procentuální zastoupení	72 %	67 %	53 %	70 %	80 %	96 %	88 %	95 %	91 %	79 %
Početnost (ind.·l ⁻¹)	373	177	53	106	53	473	339	713	199	219

Tab. 8. B. Procentuální a početní zastoupení zooplanktonu většího než 500 µm

Datum	17.5	2.6	14.6	30.6	14.7	29.7	10.8	25.8	8.9	21.9
Procentuální zastoupení	28 %	33 %	47 %	30 %	20 %	4 %	12 %	5 %	9 %	21 %
Početnost (ind.·l ⁻¹)	146	86	46	47	13	20	47	40	20	60

4.2.3 Rozbory vody, vyplývající z povinnosti chovatele ryb podle § 39 zákona o vodách (č.254/2001 Sb.) pro povolení k používání závadných látek (krmiv).

Chemické parametry rozboru vody prováděné akreditovanou laboratoří u hlavní hráze Komárovského rybníka ze dne 30. 5. 2013 uvádí tabulka č. 9. Výsledky z rozborů vody z druhé poloviny vegetačního období bohužel nebyly k dispozici.

Tab. 9. Vybrané chemické parametry u hlavní hráze Komárovského rybníka ze dne 30. 5. 2013
(ALS Czech Republic, s.r.o.).

celkový N	1,2 mg·l ⁻¹
CHSK _{Cr}	29,0 mg·l ⁻¹
celkový P	0,020 mg·l ⁻¹
dusičnany	<0,27 mg·l ⁻¹
amoniakální N	<0,040 mg·l ⁻¹

Zjištěné hodnoty ve všech ukazatelích splňují kvalitativní limity dané Vládním nařízením č. 61/2003 Sb. pro povrchové vody.

4.2.4 Korelace

Vzájemný vztah mezi průhledností a vybranými sledovanými a zkoumanými parametry uvádí tabulka č. 10.

Tab. 10. Korelace – Komárovský rybník

Korelace průhlednosti	Výsledná hodnota – r (korelačního koeficientu)
s obsahem kyslíku u hladiny (mg·l ⁻¹)	0,408337
s obsahem kyslíku u hladiny (v % nasycení)	0,397893
s obsahem kyslíku v hloubce 1,5 m (mg·l ⁻¹)	0,281381
s obsahem kyslíku v hloubce 1,5 m (v % nasycení)	0,350753
s KNK _{4,5} - alkalitou	-0,03277
s počtem jedinců zooplanktonu menších než 500 µm	0,263582
s počtem jedinců zooplanktonu větších než 500 µm	0,82135
s počtem jedinců zooplanktonu menších než 500 µm (do 14.7)	0,898166
s počtem jedinců zooplanktonu větších než 500 µm (do 14.7)	0,932276
s počtem jedinců druhu <i>Bosmina longirostris</i> (< 500 µm)	0,346193
s počtem jedinců druhu <i>Daphnia galeata</i> (< 500 µm)	0,753957
s počtem jedinců druhu <i>Daphnia galeata</i> (>500 µm)	-0,5
s počtem jedinců druhu <i>Daphnia magna</i> (>500 µm)	1
s počtem jedinců druhu <i>Daphnia pulex</i> (>500 µm)	0,9104409

S průhledností významně koreluje hrubý zooplankton a do první poloviny vegetačního období (14. 7. 2013) také zooplankton menší než 500 μm . Posléze významně koreluje hrubý zooplankton, zastoupený druhy *Daphnia magna* a *Daphnia pulicaria*, ale i zooplankton menší než 500 μm zastoupený druhem *Daphnia galeata*.

4.2.5 Obsádka rybníka a dynamika jejího růstu

Nasazeno bylo celkem 18 000 ks násady K_2 o průměrné kusové hmotnosti 0,25 kg. Z vedlejších ryb bylo nasazeno 800 ks tolstolobika o průměrné kusové hmotnosti 0,5 kg. Sloveno bylo celkem 14 000 ks K_v o průměrné kusové hmotnosti 1,57 kg. Z vedlejších ryb bylo sloveno 500 ks tolstolobika o průměrné kusové hmotnosti 2,4 kg. Dynamiku růstu obsádky znázorňuje tabulka č. 11.

Tab. 11. Dynamika růstu obsádky Komárovského rybníka.

Datum kontrolního odlovu	Kusová hmotnost
17. 6. 2013	0,71 kg
24. 6. 2013	0,74 kg
1. 7. 2013	0,8 kg
15. 7. 2013	0,95 kg
16. 8. 2013	1,48 kg
28. 8. 2013	1,51 kg

4.2.6 Produkce

Celkový přírůstek ryb (kapr 96 % + doplňkové ryby) = **18 300 kg**

Přírůstek příkrmováním = 48 400 kg (spotřeba krmiva) : 4 (krmný koeficient pro pšenici) = **12 100 kg**

Přirozený přírůstek = 18 300 kg (celkový přírůstek) – 12 100 kg (přírůstek příkrmováním) = **6 200 kg**

Přirozený přírůstek na 1 ha = 6 200 kg : 48 ha = **129 kg·ha⁻¹·rok⁻¹**

Přírůstek příkrmováním na 1 ha = 12 100 kg : 48 ha = **252 kg·ha⁻¹·rok⁻¹**

4.2.7 Hospodářský výsledek

Nasazeno celkem (kapr 92 % + doplňkové ryby) = **4 900 kg**

Spotřeba krmiva = **48 400 kg**

Sloveno celkem (kapr 95 % + doplňkové ryby) = **23 200 kg**

Celkový přírůstek ryb (kapr 96 % + doplňkové ryby) = **18 300 kg**

RKK (relativní krmný koeficient) = 48 400 kg (spotřeba krmiva) : 18 300 (celkový přírůstek) = **2,64**

Celkový přírůstek na 1 ha = 18 300 (celkový přírůstek) : 48 ha = **381 kg·ha⁻¹·rok⁻¹**

4.3. Horní rybník

4.3.1 Fyzikálně chemické vlastnosti vody

Nejvyšší hodnota **průhlednosti** byla naměřena v polovině května, kdy dosahovala 70 cm. Během měsíců června a července se postupně snižovala. Na začátku měsíce srpna byla průhlednost pouhých 10 cm. Poté již nedošlo k jejímu výraznějšímu zvýšení a až do konce sledování dosahovala průhlednost maximálně 20 cm. Detailní vývoj průhlednosti zachycuje graf č. 9 v příloze. **Obsah a nasycení vody kyslíkem** u hladiny a u dna byl na začátku vegetačního období víceméně shodný. S postupující vegetací se začal obsah kyslíku u dna snižovat až na velmi nízké hodnoty, které dosáhly minima na konci července, kdy obsah kyslíku u dna byl pouhá 2 % nasycení. Detailní vývoj kyslíkového režimu zachycuje graf č. 10 v příloze. **KNK_{4,5}** na rybníce Horním dosahovala víceméně konstantních hodnot. Během provádění měření se hodnoty alkality pohybovaly v rozmezí od 1,2 do 1,5 mmol·l⁻¹. Detailní vývoj **KNK_{4,5}** zachycuje graf č. 11 v příloze. Souhrnné údaje o všech získaných fyzikálně chemických vlastnostech vody na Horním rybníce uvádí tabulka č. 23 v příloze.

4.3.2 Zooplankton

Na počátku vegetačního období byl zaznamenán výskyt velkých perlooček *Daphnia magna* a *Daphnia pulex* (v desítkách jedinců na litr). S postupující vegetací se začaly více prosazovat menší druhy perlooček jako *Daphnia galeata* a *Bosmina longirostris*. Především u druhu *Bosmina longirostris* byla zaznamenána početnost až v tisících jedincích na litr. Maximum jejich početnosti bylo dosaženo na konci září, kdy početnost dosahovala 5126 ind·l⁻¹. Množství vířníků se pohybovala v řádu desítek kusů. Pouze v polovině května a na začátku září byl zaznamenán výskyt rodu *Asplanchna* ve stovkách kusů. V polovině července byl zaznamenán zvýšený počet jedinců druhu

Brachionus rubens (166 ind·l⁻¹). Klanonožci byly tvořeny především buchankami, pouze na začátku vegetačního období byly zjištěny vznášivky (6,6 ind·l⁻¹). Naupliová stádia buchaneček se vyskytovala převážně ve druhé polovině vegetačního období. Maximální početnost buchaneček byla zjištěna na konci července. Jednalo se o kopepoditová stádia, která dosahovala početnosti až 1060 ind·l⁻¹. Procentuální zastoupení jednotlivých řádů zooplanktonu zobrazuje tabulka č. 12. Rozdělení zooplanktonu na jedince menší a větší než 500 µm zobrazuje tabulka č. 13 - A, B. Grafické znázornění podílu jednotlivých řádů zooplanktonu uvádí graf č. 12 v příloze. Podrobný výskyt jednotlivých druhů zooplanktonu udává tabulka č. 20 v příloze.

Tab. 12. Procentuální zastoupení jednotlivých řádů zooplanktonu na Horním rybníce

	17.5	2.6	14.6	30.6	14.7	29.7	10.8	1.9	8.9	21.9
Cladocera	48 %	65 %	77 %	71 %	64 %	15 %	57 %	89 %	49 %	91 %
Rotifera	24%		3 %	9 %	7 %	5 %	3 %	2 %	8 %	1 %
Copepoda	28 %	35 %	20 %	20 %	29 %	80 %	40 %	9 %	43 %	8 %

Tab. 13. A. Procentuální a početní zastoupení zooplanktonu menšího než 500 µm

Datum	17.5	2.6	14.6	30.6	14.7	29.7	10.8	1.9	8.9	21.9
Procentuální zastoupení	74 %	47 %	77 %	87 %	94 %	86 %	85 %	97 %	87 %	96 %
Početnost (ind·l ⁻¹)	426	53	460	946	2745	1580	1199	3529	1685	5553

Tab. 13. B. Procentuální a početní zastoupení zooplanktonu většího než 500 µm

Datum	17.5	2.6	14.6	30.6	14.7	29.7	10.8	1.9	8.9	21.9
Procentuální zastoupení	26 %	53 %	23 %	13 %	6 %	14 %	15 %	3 %	13 %	4 %
Početnost (ind·l ⁻¹)	153	60	140	140	173	260	213	126	260	213

4.3.3 Rozbory vody, vyplývající z povinnosti chovatele ryb podle § 39 zákona o vodách (č.254/2001 Sb.) pro povolení k používání závadných látek (krmiv).

Chemické parametry rozboru vody u hlavní hráze Horního rybníka prováděné akreditovanou laboratoří ze dne 30. 5. 2013 uvádí tabulka č. 14. Chemické parametry rozboru vody u hlavní hráze Horního rybníka prováděné akreditovanou laboratoří ze dne 13. 8. 2013 uvádí tabulka č. 15.

Tab. 14. Vybrané chemické parametry u hlavní hráze Horního rybníka ze dne 30. 5. 2013 (ALS Czech Republic, s.r.o.).

celkový N	1,7 mg·l ⁻¹
CHSK _{Cr}	41,0 mg·l ⁻¹
celkový P	0,086 mg·l ⁻¹
dusičnany	<0,27 mg·l ⁻¹
amoniakální N	<0,040 mg·l ⁻¹

Tab. 15. Vybrané chemické parametry u hlavní hráze Horního rybníka ze dne 13. 8. 2013 (ALS Czech Republic, s.r.o.).

celkový N	4,7 mg·l ⁻¹
CHSK _{Cr}	49 mg·l ⁻¹
celkový P	0,261 mg·l ⁻¹
dusičnany	8,20 mg·l ⁻¹
amoniakální N	0,216 mg·l ⁻¹

Při porovnání obou tabulek zobrazujících výsledky z rozborů vody je patrné, že s postupem vegetace docházelo ke zhoršení všech měřených parametrů. Z hlediska Vládního nařízení (VN) č.61/2003 Sb. o limitech přípustného zatížení povrchových vod je překračována chemická spotřeba kyslíku, stanovovaná pomocí dvojjchromanu draselného CHSK_{Cr} (limit 35 mg·l⁻¹) a to v obou datech sledování a obsah celkového P (limit 0,15 mg·l⁻¹cP) v případě srpnové kontroly kvality vody. Ostatní kritéria byla z pohledu citovaného VN dodržena.

4.3.4 Korelace

Vzájemný vztah mezi průhledností a vybranými sledovanými a zkoumanými parametry uvádí tabulka č. 16.

Tab. 16. Korelace – Horní rybník

Korelace průhlednosti	Výsledná hodnota – r (korelační koeficient)
s obsahem kyslíku u hladiny (mg·l ⁻¹)	0,512899
s obsahem kyslíku u hladiny (v % nasycení)	0,468173
s obsahem kyslíku v hloubce 1,5 m (mg·l ⁻¹)	0,680284
s obsahem kyslíku v hloubce 1,5 m (v % nasycení)	0,695518
s KNK _{4,5} - alkalitou	0,087333
s počtem jedinců zooplanktonu menších než 500 μm	-0,56687
s počtem jedinců zooplanktonu větších než 500 μm	-0,61608
s počtem jedinců zooplanktonu menších než 500 μm	-0,73587

(do 14.7)	
s počtem jedinců zooplanktonu větších než 500 µm (do 14.7)	-0,30132
s počtem jedinců druhu <i>Bosmina longirostris</i> (< 500 µm)	-0,38329
s počtem jedinců druhu <i>Daphnia galeata</i> (< 500 µm)	0,205318
s počtem jedinců druhu <i>Daphnia galeata</i> (> 500 µm)	0,206204

S průhledností koreluje velký zooplankton a nasycení vody kyslíkem v hloubce 1,5 m.

4.3.5 Obsádka rybníka a dynamika jejího růstu

Nasazeno bylo celkem 11 000 ks lehké násady K₂ o celkové hmotnosti 700 kg. Průměrná kusová hmotnost K₂ byla tedy 0,06 kg. Sloveno bylo celkem 8100 ks K₃ o celkové hmotnosti 4500 kg. Průměrná hmotnost tedy byla 1,8 kg. Dynamiku růstu obsádky znázorňuje tabulka č. 17.

Tab. 17. Dynamika růstu obsádky Horního rybníka.

Datum kontrolního odlovu	Kusová hmotnost
17. 6. 2013	0,43 kg
24. 6. 2013	0,45 kg
1. 7. 2013	0,56 kg
15. 7. 2013	0,62 kg
16. 8. 2013	0,90 kg
28. 8. 2013	1,1 kg

4.3.6 Produkce

Celkový přírůstek ryb (kapr 100 %) = **3 800 kg**

Přírůstek příkrmováním = 13 700 kg (spotřeba krmiva) : 4 (krmný koeficient pro pšenici) = **3 425 kg**

Přirozený přírůstek = 3 800 kg (celkový přírůstek) – 3 425 kg (přírůstek příkrmováním) = **375 kg**

Přirozený přírůstek na 1 ha = 375 kg : 5,5 ha = **68 kg·ha⁻¹·rok⁻¹**

Přírůstek příkrmováním na 1 ha = 3 425 kg : 5,5 ha = **623 kg·ha⁻¹·rok⁻¹**

4.3.7 Hospodářský výsledek

Nasazeno celkem (kapr 100 %) = **700 kg**

Spotřeba krmiva = **13 700 kg**

Sloveno celkem (kapr 100 %) = **4 500 kg**

Celkový přírůstek ryb (kapr 100 %) = **3 800 kg**

RKK (relativní krmný koeficient) = 13 700 kg (spotřeba krmiva) : 3 800 (celkový přírůstek) = **3,6**

Celkový přírůstek na 1 ha = 3 800 (celkový přírůstek) : 5,5 ha = **690 kg·ha⁻¹·rok**

Na tomto rybníku byla prokázána poměrně vysoká spotřeba krmiva a také zvýšený RKK (3,6).

5. Diskuze

Důležitou vlastností vody je její průhlednost. Ta je ovlivňována v povrchových vodách řadou faktorů, především živinami obsaženými ve vodě a v sedimentech nádrží (Schäperclaus and Lukowicz, 1998; Boyd and Trucker, 1998), ale také biologickou činností – oživením (Knösche et al., 1998; Adámek a Maršálek, 2013) a s tím souvisejícími obsádkami. Současné tendence spočívají ve snaze zlepšování kvality rybníčních vod, s cílem vyhovění obecnému užívání rybníků. Tyto záměry jsou podporované dotačními programy a zákonitě vedou i k útlumu rybníční produkce – chovu ryb i za cenu finančních náhrad dotacemi, jak řešil Operační program Rybářství 2.2, pro léta 2007 – 2013: „Hospodaření na rybnících s režimem zlepšujícím kvalitu vodního prostředí“ (Příkryl a kol., 2008). Je pravděpodobné, že tento program bude mít pokračování.

Jednou z podmínek takového hospodaření na rybnících bylo dodržení průhlednosti vody 50 cm v době vrcholu vegetace (k 30. 6. kalendářního roku). Této podmínce nepředcházely v podstatě žádné výzkumy či statistická hodnocení a literárních zdrojů o vztazích mezi průhledností vody a jejím oživením není dostatek. Teprve v současné době studia živinových bilancí, ve smyslu využití živin (Knösche et al. 1998) a jejich transformace do produkce ryb (Verdegem, 2007; Mustafizur and Verdegem, 2007), umožňují nový pohled na obsádky a polykulturní akvakultury v euroasijském prostoru. Je nezbytné si uvědomovat, že rybníky jsou, cituji dle Stiega, 2004 „uměle založené vody za účelem chovu ryb“, jsou to „produktivní na živiny bohaté, mělké a teplé vody, které byly postaveny, aby odpovídaly životním nárokům kapra“. Tato práce se pokouší o studium vztahů průhlednosti vody, jako významnou fyzikální vlastností k biologickému oživení, které je dáno hustotou nasazení a hospodářskou péčí o obsádku.

Jednotlivé měřené parametry fyzikálně chemických vlastností vody v rozsahu teplota, průhlednost, obsah kyslíku a $KNK_{4,5}$ na sledovaných rybnících byly značně rozdílné. Nejvyšší průměrná průhlednost byla pozorována na rybníce Komárov. Tento rybník je totiž využíván především k rekreačním účelům a tak je intenzita rybářského obhospodařování nižší než u ostatních sledovaných rybníků. Počáteční hustota obsádky byla $102 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Na začátku vegetačního období, kdy průhlednost dosahovala až 110

cm, zde byla zaznamenána přítomnost velkých druhů perlooček – *Daphnia magna* a *Daphnia pulex*. Na rybníce Žabakor (počáteční hustota obsádky $196 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) byla průhlednost výrazně nižší a svého maxima dosáhla v období od poloviny května do začátku června. Průhlednost se v tomto období pohybovala okolo 40 cm, současně s tím byla zaznamenána přítomnost velkých druhů zooplanktonu jako *Daphnia pulex* na úkor menších jedinců. To je v souladu s tvrzením Kerfoota a kol., 1985, že biomasa drobných druhů zooplanktonu klesá s narůstajícím počtem Dafnií, neboť jak uvádí Brooks a Dodson, 1965 jsou perloočky rodu *Daphnia* mimořádně efektivní v redukci potravních zdrojů pro ostatní druhy zooplanktonu. Za povšimnutí v příloze stojí grafické vyjádření obsahu rozpuštěného kyslíku u jednotlivých rybníků. Zatímco u rekreačního rybníka Komárovský je obsah kyslíku u hladiny a v hloubce 150 cm téměř shodný (až na výjimku v měsíci srpnu) jsou rozdíly u rybníků Žabakor a zejména Horní (intenzivně obhospodařovaný) velmi významné. To svědčí podle Adámka a kol., 2010 o rozdílné primární produkci ve fotické a hypolimnické vrstvě vodního sloupce rybníků.

Během celého sledování byla na všech rybnících pozorována přítomnost druhu *Daphnia galeata*, přesto nebyla její filtrační síla taková, aby došlo k výraznějšímu zvýšení průhlednosti vody. K podobnému zjištění dospěl i Baxa, 2008. Během vegetačního období byl na většině sledovaných rybníků zaznamenán krátkodobý výskyt malého počtu velkých druhů zooplanktonu. Tyto ojedinělé výskyty však průhlednost vody výrazněji neovlivnily. Co se týče velikosti planktonu, nejvyšší počet jedinců větších než $500 \mu\text{m}$ byl zaznamenán na počátku vegetačního období, kdy i průhlednost vody byla nejvyšší. Jak uvádí někteří autoři (Gliwicz, 1969; Kořínek et al., 1987; Pechar et al., 2002) dokáže 20 – 30 % zastoupení perlooček větších než 1 mm výrazně snížit biomasu fytoplanktonu a tím současně dojde ke zvýšení průhlednosti vody.

S postupující vegetací se v důsledku vyžíracího tlaku rybí obsádky podíl zooplanktonu většího než $500 \mu\text{m}$ zmenšoval. To je v souladu s tvrzením Potužáka, 2009, že s rostoucí hustotou obsádky se podíl těchto jedinců v celkovém zooplanktonu zmenšuje. Řádu perlooček začal s postupující vegetací dominovat druh *Bosmina longirostris*. Zvýšený počet jedinců tohoto druhu je podle Fainy, 1983 a Baxy, 2008 indikátorem zvýšeného vyžíracího tlaku rybí obsádky. Vysoký počet jedinců druhu *Bosmina longirostris* i při vysokých hustotách obsádky pozoroval Šauer, 2012. Jedním z důvodů, proč roste početnost druhu *Bosmina longirostris* při zvýšeném predčním tlaku ryb je schopnost tohoto druhu díky své velikosti predčnímu tlaku unikat (Adámek a kol., 2010; Potužák, 2009).

Naupliová a kopepoditová stádia buchaneček společně s vířníky se začala výrazněji prosazovat až od poloviny června. Se zvýšením jejich výskytu také došlo k vymizení posledních jedinců velkých druhů perlooček. Tento stav byl v souladu s charakteristickými rysy rybnického ekosystému podle Fainy, 1983 a Kosíka, 2009.

V porovnání s ostatními sledovanými rybníky byla nejnižší početnost celkového zooplanktonu zjištěna na rybníce Komárov. Jedním z důvodů byla zřejmě vysoká přítomnost mladých jedinců candáta obecného pocházejících z přirozeného výtěru. Jak uvádí někteří autoři (Ljunggren, 2002 společně s Musilem a Peterkou, 2005) larvy candáta, 3-4 dny staré mají zřetelně prořízlá ústa, což jim umožňuje zahájit příjem potravy, která je tvořena převážně naupliovými a kopepoditovými stádii klanonožců. Později začínají v potravě tohoto plůdku převažovat větší druhy zooplanktonu, jako jsou perloočky nebo vznášivky (Smíšek, 1962; Berka a Hamáčková, 1980; Steffens et. al., 1996; Peterka a kol., 2003; Musil a Peterka, 2005).

V roce 2011 byla voda v tomto rybníce klasifikována hygienickou službou jako nevyhovující z hlediska koupání. Jedním z důvodů byl výskyt sinic rodu *Aphanizomenon* a *Woronichina*. V letních měsících zde dosahovala četnost sinicového planktonu až 441 tis. buněk na 1 ml. Současně s tím byl na přítoku zjištěn zvýšený přísun mikroorganismů vyjádřený enterokoky v jedincích na ml. Jako jeden ze zdrojů difuzního zdroje znečištění bylo označeno také rybářské obhospodařování na tomto rybníce. Nepříznivý vývoj jakosti vody byl také posuzován podle průhlednosti. Ta se během sledovaného období (2007 – 2010) pohybovala na „velmi nízkých hodnotách“ v rozmezí 40 – 75 cm. Je však diskutabilní tvrdit, že průhlednost v hodnotách od 40 – 75 cm je velmi nízká, neboť během vlastního měření se průhlednost k 30. 6. 2013 udržela na hodnotách 50 cm. Tento rybník by tak splnil jednu z podmínek žádosti o dotaci na plochu podle opatření 2.2. Rybářství: Hospodaření na rybnících s režimem zlepšujícím kvalitu vodního prostředí.

Rybářské obhospodařování má samozřejmě značný vliv na změnu kvality vody. V případě rybníka Žabakor byly k dispozici výsledky z analýzy vody jak na přítoku do rybníka tak na jeho odtoku. Zlepšení bylo pozorováno u celkového N a dusičnanů. Zhoršení bylo naopak zaznamenáno u $CHSK_{Cr}$, celkového P a amoniakálního N. To je v souladu s tvrzením Adámka kol., 2010, že průtok vody rybníkem a její zdržení, snižuje koncentraci dusičnanů. Zvýšení hodnoty $CHSK_{Cr}$ je podle tohoto autora vlivem toho, že přítoková voda do rybníka je chudá na organické látky. Ze všech sledovaných rybníků dosahovala hodnota $KNK_{4,5}$ (alkalita) na rybníku Žabakor nejvyšších hodnot. Vzhledem

k tomu, že zde není prováděno vápnění a ani rybníční biocenóza zde není vyživována organickými hnojivy, může být jedním z důvodů vyšších hodnot $KNK_{4,5}$ v minulosti provozované kaprokachní hospodaření. Chov kachen zde probíhal do roku 1989, později byl oddělen do jiné společnosti a od kaprokachního hospodaření se upustilo. Nicméně zatížení živinami z tohoto hospodaření nejspíše přetrvalo až do dnešní doby.

5.2 Hospodářský výsledek na sledovaných rybnících

V jednohorkovém systému obhospodařování uvedených rybníků, z nichž se jedná o dva rybníky rekreační, byl dosažen poměrně příznivý přírůstek ryb.

Žabakor, jako rekreační rybník při nízkém $RKK = 1,61$ (relativním krmném koeficientu), zabezpečil celkový přírůstek na 1 ha = $427 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, příznivě působil na bilanci živin v povodí a průhlednost vody se pohybovala kolem průměru 40 cm, díky stále i minimální přítomnosti zooplanktonu většího než 500 μm .

Na rekreačním rybníku Komárovský byl zabezpečen celkový přírůstek na 1 ha = $381 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, při $RKK = 2,64$. Kvalita vody splňovala co do průhlednosti podmínky statutu rekreačního rybníka. Rybník stabilizoval živinovou bilanci v povodí. Dosažené výsledky výše uvedených rybníků splňovaly zásady řádné rybníkářské praxe podle Füllnera et al., 2007.

Na rybníku Horním byl zajištěn celkový přírůstek na 1 ha = $690 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, při $RKK = 3,6$, tedy zvýšeném. Příčinou byla snaha o zabezpečení zvýšené akcelerace růstu a dosažení příznivého kusového přírůstku. Jedná se o rybník v kaskádovité soustavě, kde vyrovnanou bilanci živin přebírá níže položený rybník. Vysokému kusovému přírůstku přispěla i příznivá abundance konzumovatelného zooplanktonu. Výsledky jsou v souladu se závěry autorů Füllnera et al., 2007 a Steffense, 1985.

5.3 Četnosti zooplanktonu a vztah k průhlednosti vody

V porovnání s výsledky Baxy, 2008 o četnosti jednotlivých druhů zooplanktonu, na jednotku objemu, vychází v mé práci četnosti významně vyšší. To může být způsobeno především rozdílným způsobem odebírání vzorků zooplanktonu. Většina autorů podobných prací odebírala zooplankton tahem planktonní sítí napříč vodním sloupcem. Tato metoda je široce používaná, nicméně slouží spíše ke kvalitativnímu zjištění

zooplanktonu. Používání této metody na zjištění kvantitativního množství je dosti sporné, neboť táhnutím sítě ke břehu dochází vlivem proudu vody k vyhrnutí části jedinců zooplanktonu z planktonní sítě, zejména při dlouhém tahu (5 m). To pak může značně zkreslit celkový výsledek o početnosti zooplanktonu na sledovaném rybníce. Naproti tomu odběr vzorků zooplanktonu podle Schlott – Fichtenbauer – Bauerovy metody by měl umožnit podstatně přesnější určení početnosti jednotlivých druhů. Tato metoda by však měla být ještě ověřována na plošně rozsáhlejších rybnících, aby bylo získáno více výsledků a pomocí nich pak mohly být formulovány nové závěry. Jak již bylo zmíněno v metodice, pokud je zooplankton tříděn přes síta, často projdou jedinci ve velikostech rovnající se nebo lehce překračující zvolenou hranici 0,5 mm. Je to způsobeno tím, že jedinec na délku může mít 0,9 mm, ale na šířku jen 0,3 mm. To však neznamená, že tento jedinec není kaprem filtrovatelný. Z toho vyplývá, že při velikostním rozdělování zooplanktonu pomocí sít budou uvedená data spíše podhodnocena. Ve skutečnosti se v rybníce bude vždy nacházet o něco více kaprem přijatelné frakce zooplanktonu.

Sledováním struktury zooplanktonu podle Schlott, Fichtenbauer, Bauerovy metody (2011) se podařilo do jisté míry specifikovat závislosti mezi zooplanktonem a průhledností vody. Byla prokázána velmi těsná kladná korelace mezi stavem zástupců planktonu nad 500 μm a zvýšenou průhledností vody (např. rybník Žabakor – korelace průhlednosti vody s počtem jedinců zooplanktonu větších než 500 μm , $r = 0,728012$, Komárovský rybník - korelace průhlednosti vody s počtem jedinců zooplanktonu větších než 500 μm , $r = 0,898166$ za celé vegetační období). Výsledek těsnosti vztahu téhož rybníka do 14. 7. 2013 mezi konzumovatelným zooplanktonem ($> 500 \mu\text{m}$ reprezentovaným *Daphnia pulex*) a průhledností se vyznačoval $r = 0,91044$ a $0,93228$. Tento výsledek je v souladu se závěry Gliwicze, 1969; Koříňka et al., 1987; Pechara et al., 2002, že středně velký zooplankton dokáže výrazně snížit biomasu fytoplanktonu a zvýšit průhlednost vody. Na rybnících Žabakor a Komárovský byl zjištěn těsný vztah mezi průhledností vody a počtem jedinců druhů *Daphnia galeata* menších než 500 μm (Žabakor $r = 0,651451$, Komárovský rybník $r = 0,753957$). Na rybníce Horním byl také zjištěn těsný vztah mezi průhledností vody a nasycením vody kyslíkem v hloubce 1,5 m ($r = 0,695518$ s nízkou průhledností souvisí nízké nasycení kyslíkem), na ostatních rybnících se ovšem nepotvrdil. Prosluněná vrstva vodního sloupce (epilimnion) by měla v souladu s poznatky Hartmana a kol., 2005, vykazovat příznivé kyslíkové poměry oproti hypolimniu.

Na žádném z rybníků naopak nebyla zjištěna závislost průhlednosti vody s alkalitou (KNK_{4,5}) a průhlednosti vody s obsahem a nasycením vody kyslíkem u hladiny. Zastoupení planktonních jedinců bylo významně usměřováno obsádkou ryb, což je v souladu s tvrzením celé řady autorů (Baxa, 2008; Faina, 1983; Horváth et al., 1992; Persson, 2008; Potužák, 2009; Šauer, 2012). Na Horním rybníku byly zjištěny záporné korelace mezi průhledností vody a počtem jedinců zooplanktonu. Vysvětlení spočívá zřejmě ve vyšší spotřebě krmiva, což je patrné z RKK, kdy se obsádka ryb na tomto rybníce primárně orientovala na předkládané krmivo, tím bylo dosaženo zvýšené turbidity sedimentů a snížení průhlednosti vody při zachování dostatečné abundance konzumovatelného zooplanktonu. Zooplankton však do jisté míry určitě využit byl, neboť bylo docíleno vysokého kusového přírůstku (cca. 1,7 kg).

6. Závěr

Cílem práce bylo ověřit vztah mezi hustotou obsádek a průhledností vody, se kterou souvisí řada fyzikálně chemických parametrů vody a také rozvoj zooplanktonu jako přirozené potravy ryb. Odběry vzorků probíhaly zpočátku jednou za dva týdny, později bylo přistoupeno k odebírání vzorků každý týden. Bylo zjištěno, že největší vliv na průhlednost vody má především vyžírání tlak rybí obsádky. Dohromady bylo v zooplanktoním společenstvu všech sledovaných rybníků zjištěno 11 druhů perlooček a 5 druhů vířníků, klanonožci byli determinováni na úrovni řádů (buchanky a vznášivky). Řád buchank byl dále determinován na dospělé, kopepody a naupliová stádia. Získané výsledky by mohly být použity jako podklad pro žádost o dotaci na plochu podle opatření 2.2 Rybářství: Hospodaření na rybnících s režimem zlepšujícím kvalitu vodního prostředí. Rybník Komárovský, dle získaných dat, žádost o dotaci splňuje a je proto také zařazen do rybníků rekreačních.

Cílem práce bylo mimo jiné také praktické vyzkoušení Schlott, Fichtenbauer, Bauerovy sondy pro odběr planktonu. Výsledky o početnosti jednotlivých druhů zooplanktonických organismů se značně liší od výsledků jiných prací na podobné téma od autorů, kteří zooplankton odebírali pomocí planktonní sítě. Tato metoda dle Schlotta et al. 2011 se projevila jako přesnější než odběry vrhací planktonní sítkou a proto by měla být uplatňována na větším množství menších rybníků s rozdílnou intenzitou rybářského obhospodařování, zejména s ohledem na vlastnickou strukturu rybníčního fondu.

1. Bylo zjištěno, že na uvedených rybnících byl příznivý kyslíkový režim a to nejen u hladiny, ale až do hloubky 1,5 m. Nasycení vody kyslíkem vykazovalo nevýznamnou závislost na průhlednost vody, v hodnotách $r = 0,35 - 0,40$ u rybníka Komárovský, ale u Horního rybníku, byl zjištěn těsný vztah mezi obsahem a nasycením vody kyslíkem v hloubce 1,5 m a průhledností vody ($r = 0,695518$).
2. Kyselinová neutralizační kapacita stanovovaná jako $KNK_{4,5}$ se pohybovala v hodnotách odpovídajících podloží a povodí rybníků a s průhledností vody nekorelovala.

3. Průhlednost vody závisela na abundanci hrubého zooplanktonu. Tyto vztahy vyjádřené korelací byly ještě výraznější, pokud byla abundace hrubého zooplanktonu porovnávána s průhledností vody do 14. 7. 2013 tj. do vrcholu vegetačního období. Z poklesu početního stavu konzumovatelného zooplanktonu lze usuzovat na snížení normativní průhlednosti vody pod 40 cm, jako ukazatele standardní úživnosti a dodržování zásad správné rybníkářské praxe. Početní zastoupení jedinců středního a hrubého zooplanktonu (konzumovatelného kaprem) tvoří při průhlednosti vody 40 cm obvykle cca 20 – 25 % z celkové abundance zooplanktonu.
4. Bylo prokázáno, že prvotní příčinou změn průhlednosti vody je vyžírání tlak rybí obsádky na zooplankton. Potvrdilo se, že velikostní struktura zooplanktonu se v průběhu vegetačního období mění v závislosti na vyžírání tlak rostoucí rybí obsádky směrem k závěru vegetace.
5. Na všech sledovaných rybnících byl docílen příznivý přírůstek ryb při normativních ztrátách, v případě rybníka Horní byl zjištěn zvýšený RKK (relativní krmný koeficient), ale také vysoký kusový přírůstek. Přirozená produkce byla na tomto rybníku relativně nižší. Výsledky hospodaření na rybnících s omezeným rybářským hospodařením vyjma rybníka Horní odpovídají dobré rybníkářské praxi, vč. příznivého působení na kvalitu vody v rybníku a na bilanci celkového P v povodí.

7. Seznam použité literatury

- ADÁMEK, Z., ANDRESKA, J., DUBSKÝ, K., EDELMANN, Z., HANEL, L., HANZÉLY, P., HARTVICH, P., KEPR, T., KŘIVANEC, K., KUČERA, M., LUSK, S., NAVRÁTILOVÁ, J., TOMI, P., TYCHLER, M., STUPKA, P., VOSTRADOVSKÝ, J. (2012): Rybářství a rybolov. Český rybářský svaz. 376 s. ISBN 978-80-905280-0-0
- ADÁMEK, Z., HELEŠIC J., MARŠÁLEK, B., RULÍK, M. (2010): Aplikovaná hydrobiologie. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod. 350 s. ISBN 978-808-7437-094
- ADÁMEK, Z., MARŠÁLEK, B. (2013): Bioturbation of sediments by benthic macroinvertebrates and fish and its implication for pond ecosystems: a review. *Aquacult Int.* 21. pp. 1-17
- BARUŠ, V., OLIVA, O. (1995): Mihulovci (Petromyzontes) a ryby (Osteichthyes) (2). Akademie věd České republiky. 698 s. ISSN 0430-120X
- BAXA, M. (2008): Vliv rybářského hospodaření na strukturu a dynamiku potravních organismů a na kvalitu vodního prostředí v rybnících. Bakalářská práce JU České Budějovice. 120 s.
- BERKA, R., HAMÁČKOVÁ, J. (1980): Chov štiky a candáta. *Stud. Inform., ÚVTIZ, Živočišná výroba.* 80 s.
- BIESINGERA, K., CHRISTENSEN, G. (1972): The effect of various metals on survival, growth, reproduction and metabolism of *Daphnia magna*. *J. Fisheries Res. Board Can.* 29. pp. 1691–1700
- BIRNHACK, L., ŠABACH, S., LAHAV, O. (2012): The exact approach for determining freshwater carbonate (H_2CO_3) alkalinity, with a single H_3PO_4 point titration. *Talanta.* 100. pp. 12-20
- BOYD, C. E., TUCKER, C. S. (1998): Pond aquaculture water quality management. Klauwer academic publishers Boston. 685. pp. 178-225
- BROOKS, J. L., DODSON, S. L. (1965): Predation, body size and composition of plankton. *Science.* 150. pp. 28-35
- ČÍTEK, J., KRUPAUER, V., KUBŮ, F. (1998): Rybníkářství. 2. aktual. vyd. Praha: Informatorium. 306 s. ISBN 80-860-7326-2
- DE MOTT, W. (1988): Discrimination between algae and detritus from freshwater and marine zooplankton. *B Mar Sci.* 43. pp. 486-499
- DE SCHAMPHELAERE, K., CANLI, M., VAN LIERDE, V., FORREZ, I., VANHAECKE, F., JANSEN, CR. (2004): Reproductive toxicity of dietary zinc to *Daphnia magna*. *Aquat toxicol.* 70. pp. 233-244
- DOLEJŠÍ, Z. (2012): Manipulační řád Komárovského rybníka na Kněžmostce. Vodohospodářská kancelář Dolejší
- DUBSKÝ, K., KOUŘIL, J., ŠRÁMEK, V. (2003): Obecné rybářství. Informatorium, Praha. 308 s. ISBN 80-7333-019-9

- DUNGEL, J., ŘEHÁK, Z. (2011): Atlas ryb, obojživelníků a plazů České a Slovenské republiky. Academia Praha. 181 s. ISBN 978–80–200–1979-0
- EGERT, J. (2011): Historie mlýnů na Žehrovce, život a příroda kolem nich. PRESSTAR s.r.o.. 141 s. ISBN 978-80-87149-14-4
- FAINA, R. (1983): Využívání přirozené potravy kaprem v rybníce. Edice Metodik. VÚRH JU Vodňany. č. 8. 15 s.
- FAINA, R., MÁCHOVÁ, J., VALENTOVÁ O. (2011): Možnost řešení kritických deficitů kyslíku v rybničním chovu ryb pomocí aplikace nízké dávky superfosfátu. Edice Metodik. VÚRH Vodňany. č. 116. 13 s.
- FAINA, R., SVOBODOVÁ, Z. (1997): Vliv dravých buchanek na raná vývojová stádia ryb. Edice Metodik. VÚRH Vodňany. č. 44
- FÜLLNER, G., LANGER, N., PFEIFER, M. (2000): Ordnungsgemäße Teichbewirtschaftung im Freistaat Sachse. Sächsisches Landesanstalt für Landwirtschaft. Referat Fischerei – Königswarta. pp. 66.
- FÜLLNER, G. PFEIFER, M., LANGER, N. (2007): Karpfenteichwirtschaft, Gute fachliche Praxis. Sächsisches Landesanstalt für Landwirtschaft. Königswarta. pp. 129
- GELLER, W., MÜLLER, H. (1981): The filtration apparatus of Cladocera: mesh sizes and their implications on food selectivity. *Oecologia*. 49. pp. 316-321
- GLIWICZ, Z. M. (1969): Studies on the feeding of pelagic zooplankton in lakes with varying trophy. *Ekol. Pol.* 17. pp. 663-708
- GLIWICZ, Z. M., SIEDLAR, E. (1980): Food size selection and seasonal succession of filter – feeding zooplankton in eutrophic lake. *Ekol. Pol.* 25. pp. 179 - 225
- GUZIUR, J., BIALOWAS, H., MILCZARZEWICZ, W. (2003): Rybactwo stawowe, Oficyna Wydawnicza “HOŻA” Warszawa, 384 s.
- HARRIS, R., WIEBE, P., LEBZ, J., SKJOLDAL, H., HUNTLEY, M. (2000): ICES zooplankton methodology manual. Repr. San Diego, Calif. Academic. ISBN 01-232-7654-4
- HARTMAN, P. (1992): Stanovení potřeby vápnění rybníků ve vztahu k podmínkám prostředí. Disertační práce. Agronomická fakulta, Vysoká škola zemědělská v Brně. 76 s.
- HARTMAN, P. (2012): Výživa rybniční biocenózy organickými hnojivy. VÚRH JU Vodňany. 35 s. Přepřacované vydání metodiky VÚRH Vodňany č. 4 z roku 1983 „Organické hnojení rybníků“ autorů: Hartman P, Lavický K., Pokorný J.
- HARTMAN, P., PŘIKRYL, I., ŠTĚDRŇSKÝ, E. (2005): Hydrobiologie. 3. přepřac. vyd. Praha: Informatorium. 359 s. ISBN 80-7333-046-6
- HARTMAN, P., BEDNÁŘOVÁ, D., MIKL, R. (2012): Management akvakultury. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod. 202 s. ISBN 978–80–87437–39-1

- HEJNÝ, S., POKORNÝ, J., KVĚT, J., HUSÁK, Š., PECHAROVÁ, E. (2000): Rostliny vod a pobřeží. East West Publishing company ve spolupráci s East West Publishing Praha. 118 s. ISBN 80-7219-000-8
- HERMENS, J., CANTON, H., STEYGER, N., WEGMAN, R. (1984): The Joint effects of a mixture of 14 chemicals on mortality and inhibition of reproduction of *Daphnia magna*. *Aquat toxicol.* 5, pp. 315-322
- HORVÁTH, L., TAMÁS, G., SEAGRAVE, CH. (1992): Carp and pond fish culture. Fishing News Books. Blackwell Scientific Publications Ltd. 40 s.
- HRBÁČEK, J. (1969): Relations between some environmental parameters and the fish yield as a basis for predictive model. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 17: 1069 – 1081
- HRBÁČEK, J., DVOŘÁKOVÁ, M., KOŘÍNEK, V., PROCHÁZKOVÁ, L. (1961): Demonstration of the effect of the fish stock on the species composition of zooplankton and intensity of metabolism of the whole plankton association. *Verhandlungen Internationale Vereinigung theoretisch Angewandte Limnologie*, 14: 192-195
- JANDA, J., PECHAR, L. (1996): Trvale udržitelné využívání rybníků v CHKO a BR Třeboňsko. IUCN
- JANEČEK, V. (1976): Jak dál v intenzifikaci rybníkářství. Ministerstvo zemědělství a výživy ČSR. Vodňany. 70 s.
- JANEČEK, V., PŘIKRYL, I. (1982): Chov násadových a tržních kaprů v intenzifikačních rybnících. *Edice Metodik. VÚRH Vodňany. č. 2.* 13 s.
- JANEČEK, V., PŘIKRYL, I. (1992): Polykulturní obsádky kapra s býložravými rybami a línem. *Edice Metodik. VÚRH Vodňany. č. 38.* 11 s. ISBN 80-900000-9-6
- KAVALEC, J. (1968): Hospodaření na rybnících. Vydal Československý rybářský svaz ve statním zemědělském nakladatelství v Praze. 39 s.
- KERFOOT, W. C., DE MOTT, W. R., DE ANGELIS, D. L. (1985): Interactions among cladocerans: Food limitation and exploitative competition. *Archiv für Hydrobiologie. Beihefte Ergebnisse de Limnologie.* 21: 431 – 452
- KNÖSCHE, R., SCHRECKENBACH, K., PFEIFER, M., WEISSENBACH, H. (1998): Phosphor und Stickstoffbilanzen von Karpfenteichen. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 7. pp. 181-189
- KOŘÍNEK, V., FOTT, J., FUKSA, J., LELLÁK, J., PRAŽÁKOVÁ, M (1987): Carp ponds of central Europe. – In: Michael, R. G. (ed) *Managed aquatic ecosystems. Ecosystems of the World Vol. 29.* Elsevier Amsterdam. pp. 29-63
- KOSÍK, M. (2009): Biodiverzita perlooček a klanonožců v oblasti Nadějské rybníční soustavy. Diplomová práce JU České Budějovice. 60 s.
- KRATOCHVÍL, J. (1973): Použitá zoologie – bezobratlí 1. Státní zemědělské nakladatelství Praha. 442 s. 07-031-73
- KRUPAUER, V., KUBŮ, F. (1985): Kapr obecný. Český rybářský svaz Praha. 193 s.

- KŘIVÁNEK, J., NĚMEC J., KOPP J. (2012): Rybníky v České republice. Pro ministerstvo zemědělství ČR vydal Jan Němec – Consult, 2012. 303 s. ISBN 978-80-903482-9-5
- LELLÁK, J., KUBÍČEK, F. (1991): Hydrobiologie. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova. 257 s., ISBN 80-7066-530-0
- LJUNGGREN, L. (2002): Feeding ecology of young-of-the-year pikeperch (*Stizostedion lucioperca*): implications for recruitment and aquaculture. Doctoral thesis. Swedish University of Agriculture Sciences, Umea
- LUCKÝ, Z. (1986): Péče o zdraví a prevence chorob ryb. Naše vojsko. 188 s.
- LUCKÝ, Z. (1978): Veterinární péče v chovech ryb. Ústav veterinární osvěty Pardubice. 205 s.
- LUO, J. (2013): Phytoplankton-zooplankton dynamics in the regular environment with regard to eutrophication. Math Biosci. 245. pp. 126-136
- MAREŠ, J., SUCHÝ, J., HOCHMAN L. (1970): Rybníkářství. Státní zemědělské nakladatelství v Praze. 387 s. ISBN 07-085-69
- MATĚNA, J. (1983): Řízená reprodukce zooplanktonu pro odkrm plůdku. Edice Metodik. VÚRH Vodňany. č. 7. 9 s.
- MÁSILKO, J., URBÁNEK, M., HARTVICH, P., HŮDA, J. (2009): Efektivní příkrmování mechanicky upravenými obilovinami v chovu tržního kapra na rybářství Třeboň Hld. a.s.. Edice Metodik. VÚRH Vodňany. č. 98. 11 s.
- MIALET, B., GOUZE, J., AZEMAR, F., MARIS, T., SOSSO, C., TOUMI, N., VAN DAMMEC, S., MEIRE, P., TACKX, M. (2011): Response of zooplankton to improving water quality in the Scheldt estuary (Belgium). Estuar Coast Shelf. 93. pp. 47 – 57
- MIRANDA, L., HODGENS, K. (2000): Role of aquatic vegetation coverage on hypoxia and sunfish abundance in bays of a eutrophic reservoir. Hydrobiology. 427. pp. 51-57
- MRKÁČEK, Z. (2011): Ptáci v Českém ráji. UNIPRESS s.r.o. Turnov. ISBN 978-80-260-1093-7
- MRKÁČEK, Z. (1997): Příroda v Českém ráji. nakl. RA TURNOV, Hluboká 281. 295 s. ISBN 80-901697-4-0
- MUSIL, J., PETERKA, J. (2005): Potrava 0+ okouna a candáta – Některé aspekty přechodu od planktivorie k piscivorii. Bulletin VÚRH Vodňany 41 (3): 99-106
- MUSTAFIZUR, M. R., VERDEGEM, J. C. M. (2007): Multi-species fishpond and nutrient balance. Wageningen University, Netherlands. Wageningen Academic Publishers. pp. 79-88
- MÜLLER, H. (1985): Niches of *Bosmina coregoni* and *Bosmina longirostris* in the ecosystem of Lake Constance. Verh. Internat. Verein. Limnol. 22. pp. 3137-3143
- NOVÁČEK, J. (2000): Péče o rybníky a jejich zařízení. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR. 41 s. ISBN 80-7105-215-9
- NTENGWE, W., F., EDÉM, O., M. (2004): Physico-chemical and microbiological properties of the water for fish production through small ponds. Phys. Chem. earth. 33. pp. 701-707

- OPUSZYŃSKI, K. (1981): Comparing the usefulness of silver carp and bighead carp as additional fish in ponds. *Aquaculture*. 25. pp. 223-233
- PECHAR, L. (1995): Long – term changes in fish pond management as an unplanned ecosystem experiment: Importance of zooplankton structure, nutrients and light for species composition of cyanobacterial blooms. *Water Science & Technology*. 32:187 - 196
- 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. 78–82 s. ISBN 2-8317-0322-0
- PECHAR, L., PŘIKRYL, I., FAINA, R. (2002): Hydrobiological evaluation of Třeboň fish ponds since the end of the nineteenth century In: Květ, J., Jeník, J., Soukupová, L.: *Freshwater wetlands and their sustainable future*. Paris. pp. 31-61
- PERSSON, G. (2008): Zooplankton response to long-term liming: Comparing 15 and 15 reference limed lakes in Sweden. *Limnologia*. 38. pp. 1-13
- PETERKA, J., MATĚNA J., LIPKA, J. (2003): The diet and growth of larval and juvenile pikeperch (*Stizostedion lucioperca*): A comparative study of fishponds and a reservoir. *Aquaculture International* 11 (4). 337-348
- PITTER, P. (1999): *Hydrochemie*. Vydavatelství VŠCHT Praha. 568 s.
- POKORNÝ, J., LUCKÝ, Z., LUSK, S., POHUNEK, M., JURÁK, M., ŠTEDROŇSKÝ, E., PRÁŠIL, O. (2004): *Velký encyklopedický rybářský slovník*. Fraus. 649 s. ISBN 80-7238-117-2
- POTUŽÁK, J. (2009): *Plankton and trophic interactions in hypertrophic fish ponds*. Ph.D. Thesis. JU České Budějovice
- PŘIKRYL, I. (1996): Vývoj obhospodařování na českých rybnících a jeho odraz ve struktuře zooplanktonu jako možného kritéria biologické hodnoty rybníků. *Sborník vědeckých prací k 75. Výročí založení VÚRH Vodňany*
- PŘIKRYL, I., ADÁMEK, Z., FAINA, R., HARTMAN, P., KOZÁK, P., LINHART, O., MÁCHOVÁ, J. (2008): *Metodika OP Rybářství 2.2.: Hospodaření na rybnících s režimem zlepšujícím kvalitu vodního prostředí*. Edice Metodik. VÚRH Vodňany. 36 s.
- QUITT, E. (1971): Klimatické oblasti Československa. [online]. *Academia, Studia Geographica* 16, GÚ ČSAV v Brně, 73 s. [vid. 12. 9. 2012]. Dostupné z: <http://janpivec.wz.cz/pivec/002.htm>
- REID, W. J. (2010): *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*. (third edition). pp. 829-899
- REYNOLDS, C., OLIVER, R., WALSBY, A. (1987): Domination of cyanobacteria: The role of buoyancy in dynamic lake environments. *Freshwater biol.* 21. pp. 379-390
- SCHÄPERCLAUS, W., LUKOWICZ, M. (1998): *Lehrbuch der Teichwirtschaft*, 4., neubearbeitete Auflage. Parey Buchverlag, Berlin. 590 s.
- SCHLOTT, K., BAUER, CH., FICHTENBAUER, M., GRATZL, G., SCHLOTT G. (2011): *Bedarfsorientierte Fütterung in der Karpfenteichwirtschaft – Das Absatzvolumen von*

Zooplankton. Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, Wien. Band 35. 36 s. ISBN 3-901605-35-5

SKÁCELOVÁ, O., MATĚNA, J. (1965): Přirozená potrava plůdka kapra (*Cyprinus carpio*) v prvních dnech života. Bul. VÚRH Vodňany

SMÍŠEK, J. (1962): Výzkum přirozené potravy a růst candáta obecného v prvním roce jeho života. Živočišná Výroba 35: 429-436

SONG – BO, CH., WEI – XING, CH., ZHAO – TING, F. (2012): Effect of Water Temperature on Feeding Rhythm in Common Carp (*Cyprinus carpio haematopterus* Temnick et schlegel). Journal of Northwest Agricultural University (English edition), vol. 19. pp. 57 -61

SOTO, D., HURLBERT S. (1991): Long-term experiments on calanoid to cyclopoid interactions. Ecol Monogr. 61. pp. 245-265

STEFFENS, W. (1985): Grundlage der Fishernahrung. VEB Gustav Fisher Verlag Jena 1 Auflage. 226 s.

STEFFENS, W., GELDHAUSER, F., GESTNER, P., HILGE, V. (1996): German experiences in the propagation and rearing of fingerling pikeperch (*Stizostedion lucioperca*). Annales. Zoologici Fennici 33 (3-4). 627-634

STIEG, S. (2004): Karpfenteiche ohne Karpfen. Fischer und Angler in Sachsen. pp. 75-77

STRNAD, Z., VYTEJČKOVÁ, V., HORÁČEK, Z., NIETSCHEOVÁ, J., SOBOTKA, M., KLIKOVÁ, A. (2013): Vodní právo. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod. 226 s. ISBN 978-80-87437-45-2

SUKOP, I., HETEŠA, J. (1984): Aplikovaná hydrobiologie I. první. Brno: Vysoká škola zemědělská v Brně vlastním nákladem. 105 s. 55-950-84

SVOBODOVÁ, F., FAINA, R. (1984): Použití přípravku Soldep v rybářství. Edice Metodik. VÚRH Vodňany. č. 12. 15 s.

SVOBODOVÁ, Z., GELNAROVÁ, J., JUSTÝN, J., KRUPAUER, V., MÁCHOVÁ, J., SIMANOV, L., VALENTOVÁ, V., VYKUSOVÁ, B., WOHLGEMUTH, E. (1987): Toxikologie vodních živočichů. Státní zemědělské nakladatelství Praha. 231 s. 07-084-87

SVOBODOVÁ, Z., KOLÁŘOVÁ, J., NAVRÁTIL, S., VESELÝ T., CHLOUPEK, P., TESAŘÍČEK, J., ČÍTEK, J. (2007): Nemoci ryb. 4. přepracované vydání. vyd. Praha: Informatorium. 264 s. ISBN 978-80-7333-051-4

SVOBODOVÁ, Z., MÁCHOVÁ, J., VYKUSOVÁ, B., ADÁMEK, Z. (1994): Metodické pokyny k vyšetřování havarijního úhynu ryb. Ministerstvo zemědělství ČR, Metodiky pro zavádění výsledků výzkumu do zemědělské praxe. 26 s. ISSN 0231-9470

ŠAUER, P. (2012): Vliv příkrmování kapra na druhové složení a dynamiku společenstva zooplanktonu v rybnících. Bakalářská práce JU České Budějovice. 44 s.

ŠILHAVÝ, V., HULE, M., POKORNÝ, J., HARTMAN, P., BERKA, R., ANDRESKA, J., VÁCHA, F., STUPKA, P., LINHART, O., MAREŠ, J., DUBSKÝ, K., VÁVŘE, K., PÁNSKÝ, K. (2012): Naše rybářství. Rybářské sdružení České republiky. 245 s. ISBN 978-80-901510-7-8

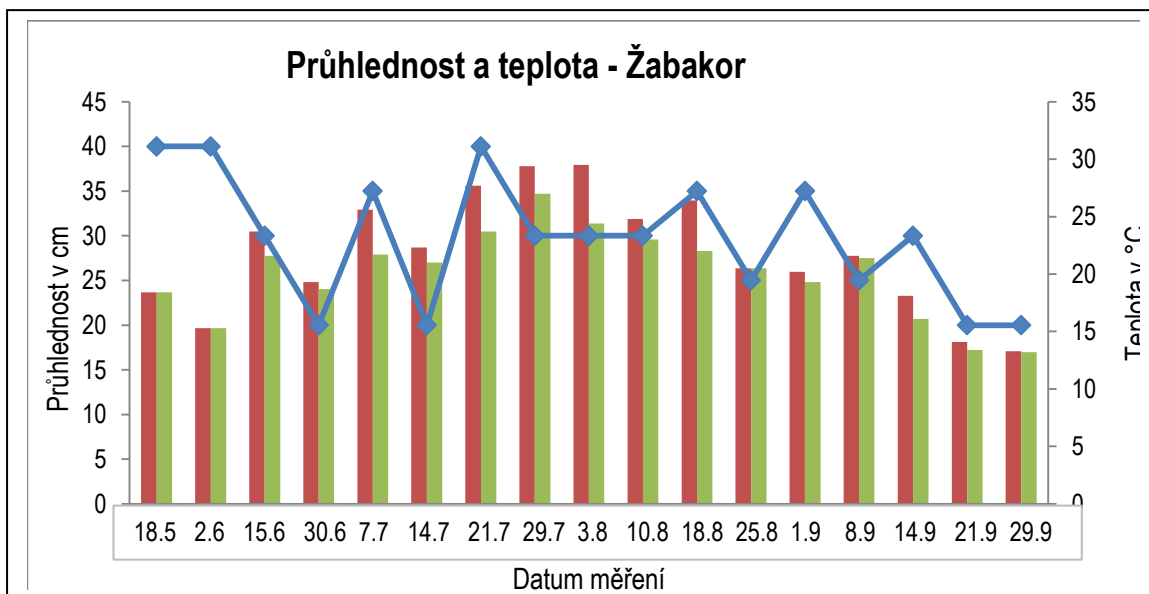
- ŠPAČEK, F. (1980): Speciální chov hospodářských zvířat 2. Státní zemědělské nakladatelství Praha. 591 s.
- VALENTOVÁ, O., MÁCHOVÁ, J., FAINA, R., KROUPOVÁ, H., SVOBODOVÁ, Z. (2009): Souprava combi – terénní analýzy vody. Edice Metodik. VÚRH JU Vodňany. č. 90. 28 s.
- VEJVODA, M. (1975): Potřeba kyslíku a provzdušňování vody při komorování a sádkování ryb. Československá akademie zemědělská – ústav vědeckotechnických informací, Metodiky pro zavádění výsledků výzkumu do praxe. V-8. 28 s.
- VERDEGEM, J. C. M. (2007): Fishponds in farming system, Nutrient balances in ponds. Animal Sciences Group. Aquaculture and Fisheries Institute, Wageningen University. Netherlands. pp. 71-78
- WALTER. (1895): Über der möglichkeit einer biologische bonitierung von Teichen. München
- WEISS, S. (1987): Rybníky Českého ráje. nakl. RA TURNOV, Hluboká 281. 143 s.
- WETZEL, R G. (1983): Limnology. 2nd ed. Saunders Comp. 767 s.
- WILLIAMSON, E. C. (2009): Reference module in Earth system and environmental sciences. Encyclopedia of inland waters. pp. 633 - 642

Zdroje online:

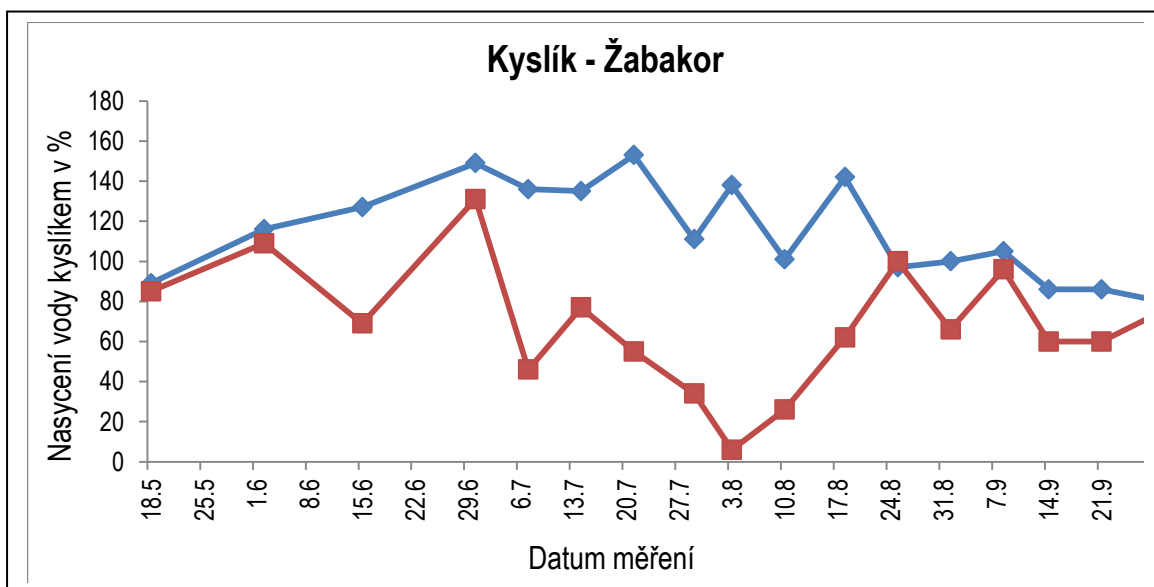
mapy, 2014 [online]. [cit. 2014-03-10]

Dostupné na WWW: <http://www.mapy.cz>

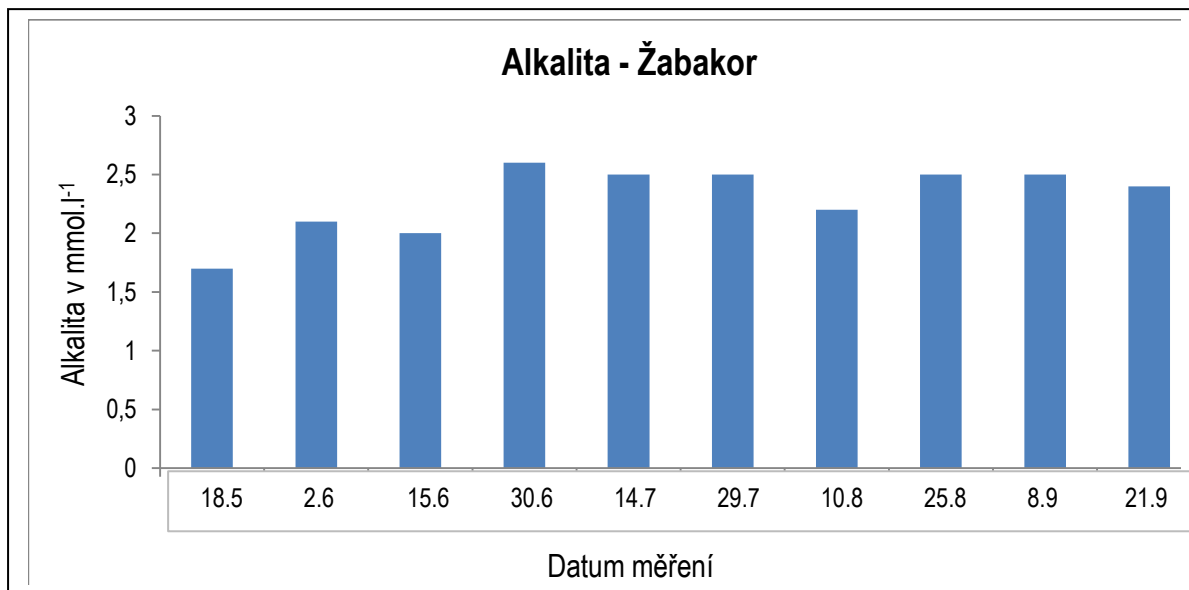
8. Příloha



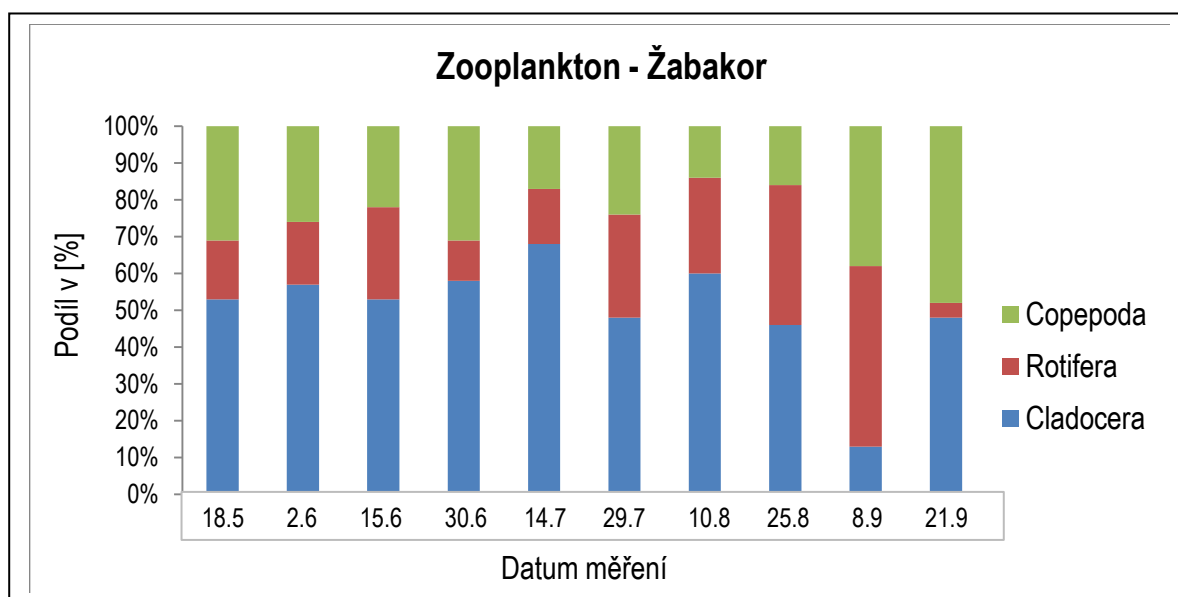
Graf č. 1 – Vývoj průhlednosti a teploty na rybníce Žabakor (modrá linka značí průhlednost, červený sloupec značí teplotu vody u hladiny a zelený sloupec značí teplotu vody v hloubce 1,5 m)



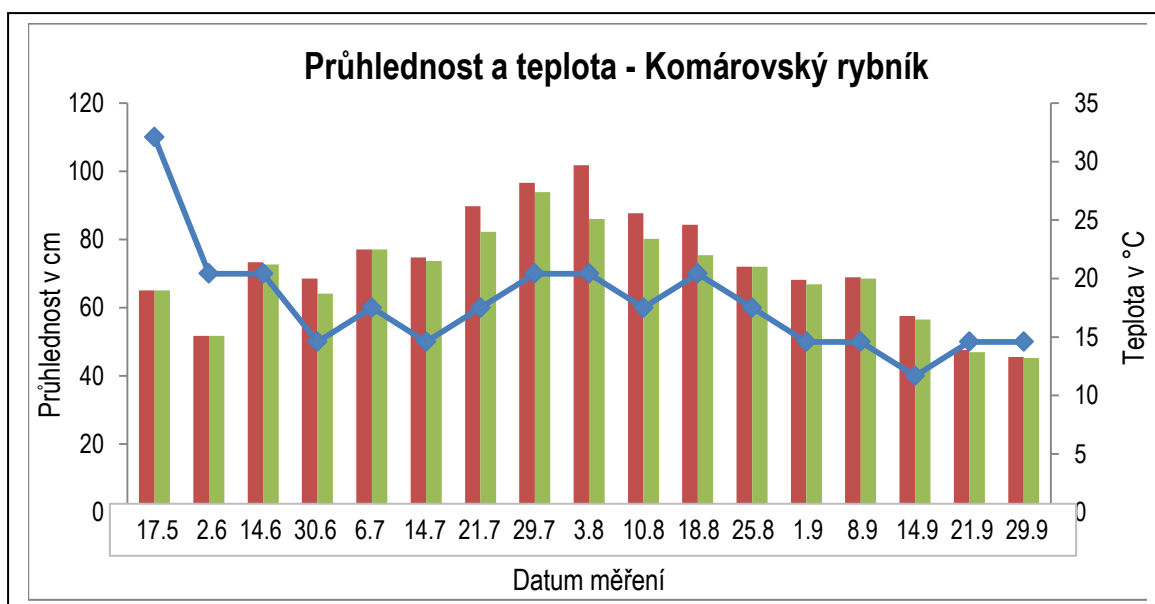
Graf č. 2 – Kyslíkový režim rybníku Žabakor (modrá linka značí nasycení kyslíkem u hladiny, červená linka značí nasycení kyslíkem v hloubce 1,5 m)



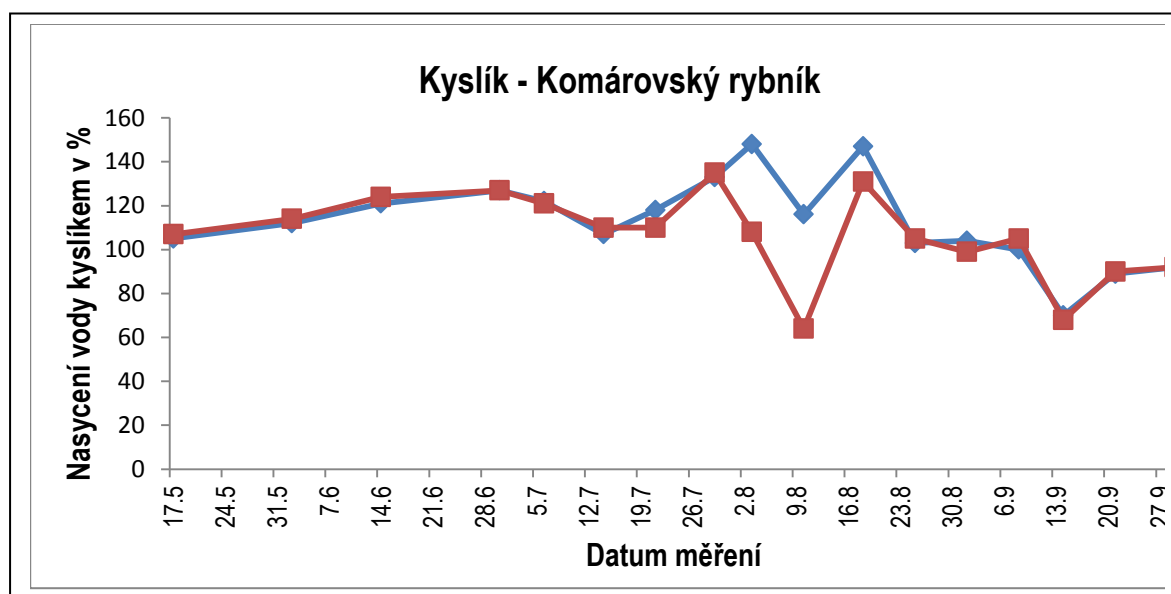
Graf č. 3 – Vývoj alkality na rybníce Žabakor



Graf č. 4 – Abundance zooplanktonu na rybníce Žabakor



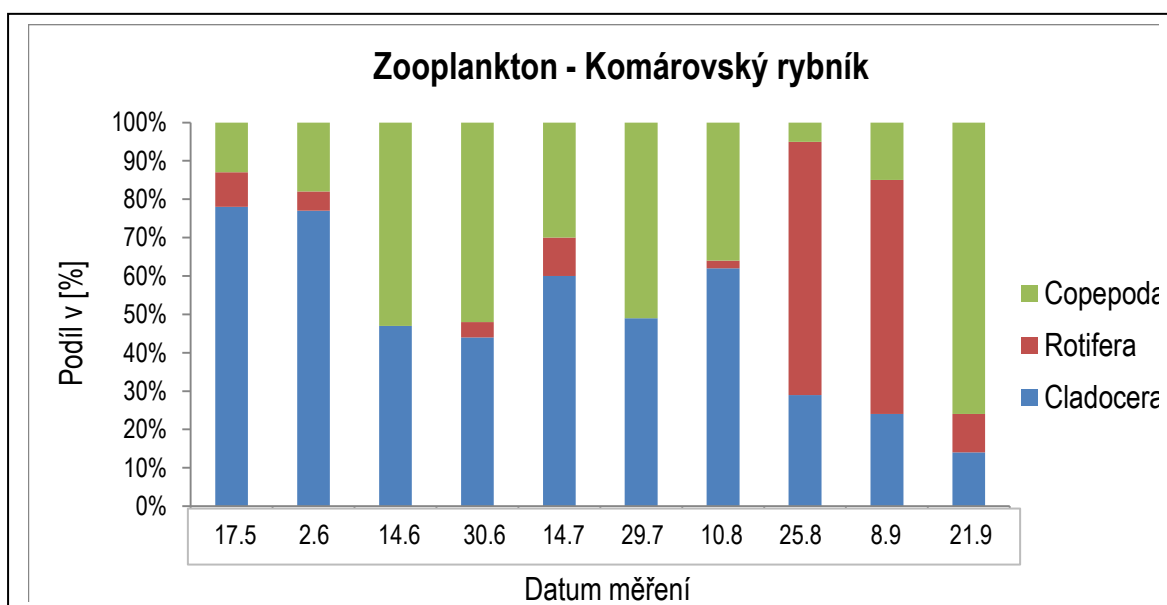
Graf č. 5 - Vývoj průhlednosti na Komárovském rybníce (modrá linka značí průhlednost, červený sloupec značí teplotu vody u hladiny a zelený sloupec značí teplotu vody v hloubce 1,5 m)



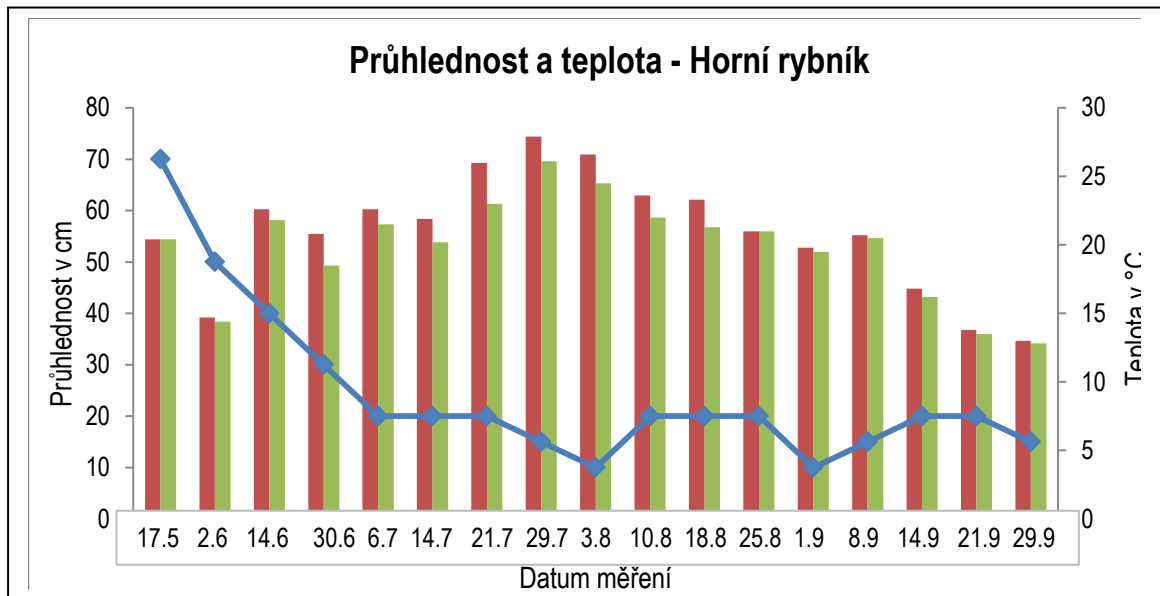
Graf č. 6 – Kyslíkový režim Komárovského rybníku (modrá linka značí nasycení kyslíkem u hladiny, červená linka značí nasycení kyslíkem v hloubce 1,5 m)



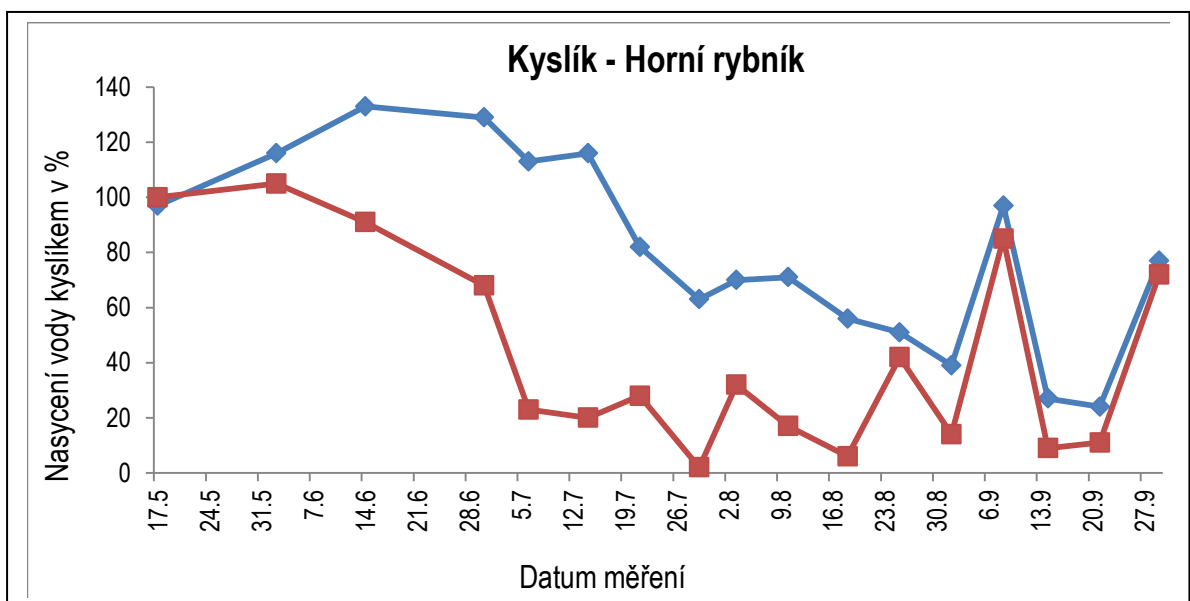
Graf č. 7 – Vývoj alkality na Komárovském rybníce



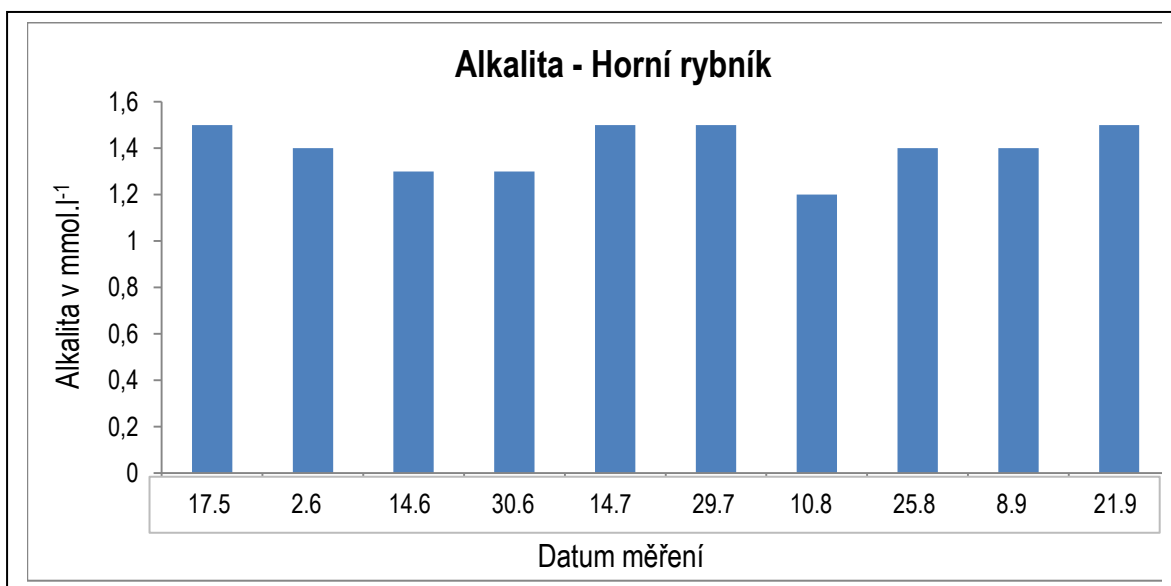
Graf č. 8 – Abundance zooplanktonu na Komárovském rybníce



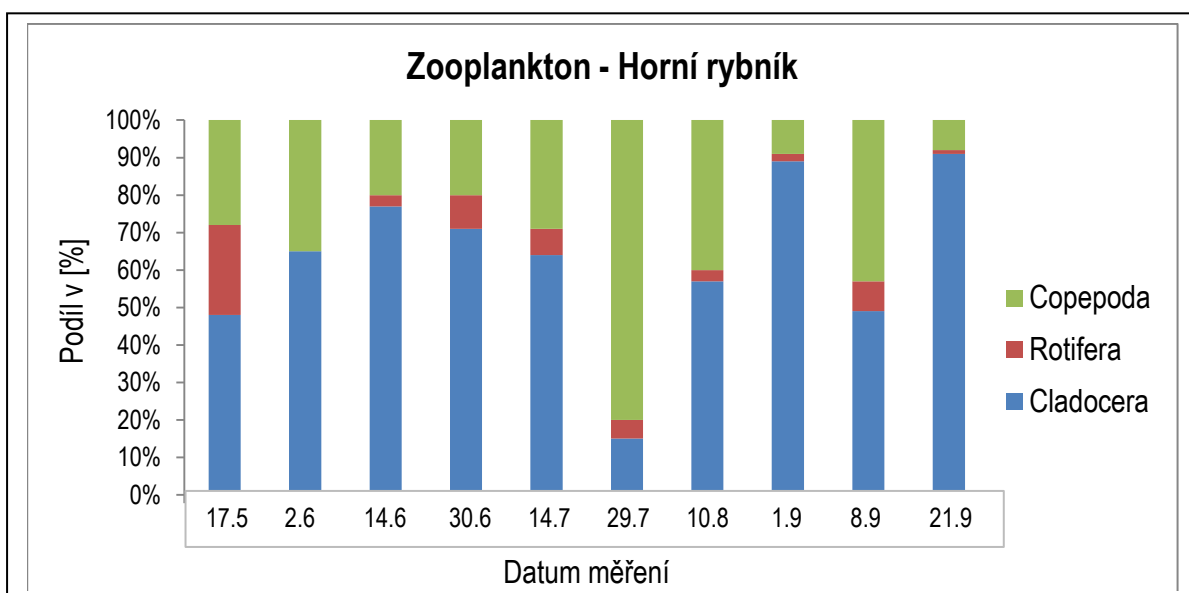
Graf č. 9 – Vývoj průhlednosti a teploty na rybníce Horním (modrá linka značí průhlednost, červený sloupec značí teplotu vody u hladiny a zelený sloupec značí teplotu vody v hloubce 1,5 m)



Graf č. 10 – Kyslíkový režim rybníku Horní (modrá linka značí nasycení kyslíkem u hladiny, červená linka značí nasycení kyslíkem v hloubce 1,5 m)



Graf č. 11 – Vývoj alkality na rybníku Horní



Graf č. 12 – Abundance zooplanktonu na Horním rybníce

Tab. 18. Žabakor - druhy zooplanktonu a jejich početnost v ks na 1 litr

	17.5.		2.6		14.6		30.6		14.7		29.7		10.8		25.8		8.9		21.9	
	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm
Cladocera																				
Bosmina coregoni									13											7
Bosmina longirostris	220		207		427		493		1046		387		1507		407		27		327	
Ceriodaphnia sp.							27	7	33		27		107		33				60	
Daphnia galeata	167	27	127	33	167	20	80	53	107	27	60	13	100	7	40		53	7	20	
Daphnia juv.			13		7				40				33							
Daphnia longispina						13					20	7			7					
Daphnia magna																				
Daphnia pulicaria		40		20																
Diaphanosoma brachyurum																				
Chydorus sphaericus													27				13			
Moina sp.					7		7				20				7					
Rotifera																				
Asplanchna sp.			27		187		7		27		33		127		180		253		27	
Brachionus angularis																	7			
Brachionus diversicornis											27		20		100		7			
Brachionus rubens	107		87		107		113		213		193		600		120		120			
Keratella quadrata	33		7		13		7		40		60		13						7	
Copepoda																				
Cyclops sp. - Dospělec	27	113	13	47	33	53	87		107	7	120	40	360	20	40		63		140	47
Cyclops sp. - Kopepod	120		93		67		153		167		93		47		93		230		213	
Cyclops sp. - Nauplius			33		107		120		40		20				33		13		20	
Vznášivka																				

Tab. 19. Komárovský rybník - druhy zooplanktonu a jejich početnost v ks na 1 litr

	17.5.		2.6		14.6		30.6		14.7		29.7		10.8		25.8		8.9		21.9	
	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm
Cladocera																				
Bosmina coregoni													7		140	13				
Bosmina longirostris	67		40		13		7		20		13		120				27		7	
Ceriodaphnia sp.		13					33				100		13				13		13	
Daphnia galeata	133	20	70	27	7	20	27		7				93		33					
Daphnia juv.	40		13						13											
Daphnia longispina															7					
Daphnia magna		20		7																
Daphnia pulicaria	20	93		47		7										13				
Diaphanosoma brachyurum												127		7			13		7	
Chydorus sphaericus															13				13	
Moina sp.																				
Rotifera																				
Asplanchna sp.	47		13										7		487		73		20	
Brachionus angularis																				
Brachionus diversicornis																	53		7	
Brachionus rubens							7		7						7		7			
Keratella quadrata																				
Copepoda																				
Cyclops sp. - Dospělec	20		27	7	33	13	33	47	7	13	153	20	13	47		13		20	7	60
Cyclops sp. - Kopepod	47		13								80		73		27		13		120	
Cyclops sp. - Nauplius													7						27	
Vznášivka						7														

Tab. 20. Horní rybník - druhy zooplanktonu a jejich početnost v ks na 1 litr

	17.5.		2.6		14.6		30.6		14.7		29.7		10.8		1.9		8.9		21.9	
	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm	< 500 µm	> 500 µm
Cladocera																				
<i>Bosmina coregoni</i>																				
<i>Bosmina longirostris</i>	27				120		667		1693		253		620		3187		867		5127	
<i>Ceriodaphnia</i> sp.				20		13			13	7	20		13		13	7	27	13	13	
<i>Daphnia galeata</i>	13	27	27	7	153	27	53	40	33	13	7		27		13	7	7		20	
<i>Daphnia</i> juv.	47				33				20											
<i>Daphnia longispina</i>		13	7	7	7	20			13						7				7	
<i>Daphnia magna</i>		20		7		7														
<i>Daphnia pulicaria</i>		20						7							7	7				
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	113				20				13										33	
<i>Chydorus sphaericus</i>					60				67				147				27		33	
<i>Moina</i> sp.																				
Rotifera																				
<i>Asplanchna</i> sp.	127						67		33		93		33		60		107		13	
<i>Brachionus angularis</i>							27		13										13	
<i>Brachionus diversicornis</i>															7		27			
<i>Brachionus rubens</i>					20				167		7		13		3		7			
<i>Keratella quadrata</i>	13						7								13		27			
Copepoda																				
<i>Cyclops</i> sp. - Dospělec		67		20	47	73		93	93	153	120	260	60	213	27	107	60	247	27	213
<i>Cyclops</i> sp. - Kopepod	87		20				120		473		1060		187		200		246		193	
<i>Cyclops</i> sp. - Nauplius							7		113		20		100				280		73	
Vznášivka		7																		

Tab. 21. Žabakor – Souhrnné údaje o získaných fyzikálně chemických vlastnostech vody

Datum měření	Průhlednost (cm)	Obsah kyslíku u hladiny		Obsah kyslíku v hloubce 1,5 m		Teplota vody u hladiny (°C)	Teplota vody v hloubce 1,5 m (°C)	Teplota vzduchu (°C)	KNK _{4,5} (mmol·l ⁻¹)
		mg·l ⁻¹	% nasycení	mg·l ⁻¹	% nasycení				
18.5	40	8,3	89	8	85	18,4	18,4	15	1,7
2.6	40	11,6	116	10,9	109	15,3	15,3	15	2,1
14.6	30	10,6	127	6	69	23,7	21,6	25	2
30.6	20	13,7	149	12,1	131	19,3	18,7	17	2,6
6.7	35	10,9	136	4	46	25,6	21,7	25	
14.7	20	11,7	135	6,8	77	22,3	21	22	2,5
21.7	40	12,1	153	4,6	55	27,7	23,7	26	
29.7	30	8,3	111	2,7	34	29,4	27	29,5	2,5
3.8	30	10,2	138	0,5	6	29,5	24,4	32,5	
10.8	30	8,3	101	2,2	26	24,8	23	24	2,2
18.8	35	11,4	142	5,4	62	26,4	22	28	
25.8	25	8,8	97	9	100	20,5	20,5	17	2,5
1.9	35	9	100	6,1	66	20,2	19,3	17	
8.9	25	9,1	105	8,5	96	21,6	21,4	25	2,5
14.9	30	8,1	86	5,9	60	18,1	16,1	18	
21.9	20	8,8	86	6,3	60	14,1	13,4	15	2,4
29.9	20	8,4	80	7,9	75	13,3	13,2	14	

Tab. 22. Komárovský rybník – Souhrnné údaje o získaných fyzikálně chemických vlastnostech vody

Datum měření	Průhlednost (cm)	Obsah kyslíku u hladiny		Obsah kyslíku v hloubce 1,5 m		Teplota vody u hladiny (°C)	Teplota vody v hloubce 1,5 m (°C)	Teplota vzduchu (°C)	KNK _{4,5} (mmol·l ⁻¹)
		mg·l ⁻¹	% nasycení	mg·l ⁻¹	% nasycení				
17.5	110	9,7	105	9,9	107	19	19	20	1,1
2.6	70	11,2	112	11,4	114	15,1	15,1	15	1
14.6	70	10,7	121	11	124	21,4	21,2	24	1,2
30.6	50	11,5	127	11,7	127	20	18,7	20	1,1
6.7	60	10,4	122	10,3	121	22,5	22,5	20	
14.7	50	9,3	107	9,5	110	21,8	21,5	20,5	1,1
21.7	60	9,5	118	9,2	110	26,2	24	26	
29.7	70	10,5	133	10,8	135	28,2	27,4	27	1,1
3.8	70	11	148	8,8	108	29,7	25,1	32	
10.8	60	9,3	116	5,4	64	25,6	23,4	22	1,1
18.8	70	12	147	11,4	131	24,6	22	27	
25.8	60	9,14	103	9,3	105	21	21	21	1,2
1.9	50	9,4	104	9,1	99	19,9	19,5	17	
8.9	50	9	100	9,5	105	20,1	20	23	1,2
14.9	40	6,8	70	6,7	68	16,8	16,5	17	
21.9	50	9,1	89	9,3	90	13,9	13,7	12	1
29.9	50	9,6	92	9,7	92	13,3	13,2	13,5	

Tab. 23. Horní rybník – Souhrnné údaje o získaných fyzikálně chemických vlastnostech vody

Datum měření	Průhlednost (cm)	Obsah kyslíku u hladiny		Obsah kyslíku v hloubce 1,5 m		Teplota vody u hladiny (°C)	Teplota vody v hloubce 1,5 m (°C)	Teplota vzduchu (°C)	KNK _{4,5} (mmol·l ⁻¹)
		mg·l ⁻¹	% nasycení	mg·l ⁻¹	% nasycení				
17.5	70	8,7	97	9	100	20,4	20,4	20	1,5
2.6	50	11,6	116	10,8	105	14,7	14,4	15	1,4
14.6	40	11,3	133	7,9	91	22,6	21,8	24	1,3
30.6	30	11,4	129	6,3	68	20,8	18,5	20	1,3
6.7	20	9,6	113	2	23	22,6	21,5	19,5	
14.7	20	10,1	116	1,8	20	21,9	20,2	20,5	1,5
21.7	20	6,6	82	2,4	28	26	23	26	
29.7	15	5	63	0,15	2	27,9	26,1	27,5	1,5
3.8	10	5,6	70	2,6	32	26,6	24,5	32	
10.8	20	5,9	71	1,5	17	23,6	22	22	1,2
18.8	20	4,8	56	0,5	6	23,3	21,3	27,5	
25.8	20	4,5	51	3,7	42	21	21	21	1,4
1.9	10	3,5	39	1,3	14	19,8	19,5	17	
8.9	15	8,6	97	7,6	85	20,7	20,5	24	1,4
14.9	20	2,6	27	0,9	9	16,8	16,2	18	
21.9	20	2,5	24	1,1	11	13,8	13,5	13	1,5
29.9	15	8,1	77	7,7	72	13	12,8	13,5	

Abstrakt

Ověřování vztahu mezi hustotou obsádek a průhledností vody

Na třech rybnících, ve zvláště chráněné oblasti Českého Ráje, o vodních plochách 68,2 ha, 48 ha a 5,5 ha byly sledovány fyzikálně chemické vlastnosti vody se zaměřením na její průhlednost, společně s odběrem zooplanktonu a měřením dynamiky růstu obsádky. Rybníky byly nasazeny kaprem věkové kategorie K_2 na K_v o počátečních hmotnostech obsádek $196 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, $102 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ a $127 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Tyto rybníky byly vybrány tak, aby byly rozdílné jak z hlediska velikosti, tak z hlediska intenzity rybářského obhospodařování. Vzorky planktonu byly odebírány pomocí Schlott – Fichtenbauer – Bauerovy sondy, pracující na principu Patalasova odběrného sběrače. Na všech rybnících byla rybí obsádka přikrmována pšenicí. Nejvyšší průměrná průhlednost byla naměřena na rybníku o počáteční hustotě obsádky $102 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. V polovině května zde průhlednost dosahovala 110 cm při 28 % podílu zooplanktonu většího než $500 \mu\text{m}$. Perloočky byly v tomto období zastoupeny v celkovém zooplanktonu ze 78 %. Tvořeny byly druhy *Daphnia magna*, *Daphnia pulicaria*, *Daphnia galeata*, *Ceriodaphnia sp.* a *Bosmina longirostris*. Na všech sledovaných rybnících byl zjištěn těsný vztah mezi průhledností vody a hrubým zooplanktonem. Tato pozitivní korelace byla ještě výraznější, pokud byla průhlednost vody porovnávána s hrubým zooplanktonem do 14. 7. 2013. Negativní korelace byla naopak zjištěna mezi průhledností vody a alkalitou, vyjádřenou jako $\text{KNK}_{4,5}$. Nevýznamné byly také korelace mezi průhledností vody a obsahem kyslíku ve vodě, vyjma rybníka Horního, kde byl zjištěn těsný vztah mezi průhledností vody a obsahem kyslíku v hloubce 1,5 m. Bylo potvrzeno, že rozhodujícím faktorem pro ovlivnění průhlednosti vody je především vyžírání tlak rybí obsádky, který se mimo jiné projevuje i na druhovém a velikostním složení zooplanktonu. Dále byl podle kontrolních odlovů potvrzen rychlejší růst kapra při dostupnosti zooplanktonu většího než $500 \mu\text{m}$.

Klíčová slova: průhlednost vody, plankton, rybníky, Schlott – Fichtenbauer – Bauerova sonda, alkalita

Abstract

Verification of the Relationship between Stock Density and Transparency of Water

The given study reveals results which were obtained after having conducted a survey on the physical and chemical properties of water including its transparency, along with zooplankton sampling and the measurement of dynamics related to fish stock growth. This research was conducted in three different ponds with surface areas of 68.2 ha, 48 ha and 5.5 ha, situated in the Protected Landscape Area of Český ráj (Bohemian Paradise). These ponds were stocked with carp in the age group from K_2 to K_v , at an initial weight of fish stock $196 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, $102 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ and $127 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. The ponds in question were selected so that they either differ in size, or in the intensity of their fish farming. Plankton samples were collected by using the Schlott – Fichtenbauer – Bauer probe based on the principle of a Schindler-Patalas plankton trap. Fish stock in all ponds was supplied with supplemental feed consisting of wheat. The highest average transparency of water was measured in a pond at the initial stocking density of $102 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. The transparency of the water measured in mid-May reached 110 cm at a ratio of 28 % of zooplankton exceeding $500 \mu\text{m}$. In this period, the Daphnia ratio in zooplankton was 78 %. Zooplankton thus consists of the following Daphnia species: *Daphnia magna*, *Daphnia pulex*, *Daphnia galeata*, *Ceriodaphnia sp.* and *Bosmina longirostris*. A close connection between the transparency of the water and coarse zooplankton was observed in all ponds subject to the given survey. This positive correlation was even more noticeable when the transparency of water was compared to coarse zooplankton to the 14th July 2013. On the other hand, a negative correlation was determined between the transparency of water and alkalinity, formulated as $\text{KNK}_{4,5}$. Correlations between transparency of water and oxygen level in water were also insignificant, except for the pond called “Horní” where a close connection between the transparency of water and oxygen level at a depth of 1.5 meter was observed. It was thus confirmed that the decisive factor influencing the transparency of water is the grazing pressure of fish stocking which impacts upon, amongst others, species composition and size of zooplankton. Due to monitoring fishing, this survey also confirmed a faster growth of carp provided that the availability of zooplankton exceeded $500 \mu\text{m}$.

Key Words: transparency of water, plankton, ponds, Schlott – Fichtenbauer – Bauer probe, alkalinity