

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie

Katedra: Katedra krajinného managementu

Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Zooplankton vysoce eutrofních rybníků - srovnávací studie různých metod
vzorkování

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Libor Pechar CSc.

Autor diplomové práce: Bc. Tomáš Ištok

České Budějovice, 2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš IŠTOK**
Osobní číslo: **Z17146**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Agroekologie - Ekologické zemědělství**
Název tématu: **Zooplankton vysoce eutrofních rybníků - srovnávací studie různých metod vzorkování**
Zadávající katedra: **Katedra krajinného managementu**

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

Cíl práce:

Vyhodnotit různé metody vzorkování zooplanktonu během odlišných stadií vývoje zooplanktonu ve vysoce eutrofních rybnících. Zaznamenat biomasu, abundanci, poměrné složení klíčových taxonů během sezóny na vybraných lokalitách, s cílem zachytit hodně odlišné situace. Vyhodnotit různými metodami odebrané vzorky a posoudit vhodné možnosti pro rybářskou praxi.

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování přehledu metod studia zooplanktonu - literární rešerše.
2. Seznámení s metodikou a determinací planktonu.
3. Odběry a zpracování vzorků.
4. Analýza vlastních dat zpracování vzorků.
5. Interpretace a konfrontace výsledků s literaturou.

Metody

V návaznosti na výzkumné aktivity (projekty pracoviště LAE-KKM) provést 4-6 odběrů zooplanktonu, s předpokladem vzorkování velmi odlišných situací:

velký dafniový zooplankton - stadium čiré vody
střední buchankový zooplankton - vegetační zákal
velmi jemný vířníkový zooplankton
zooplankton v období vodního květu sinic.

Odběry provést tahem planktonní sítí (kvalitativně, semikvantitativně), odběrovou sondou, eventuálně planktonním sběračem (kvantitativně).

Zpracovat vzorky mikroskopickou analýzou (určení abundance a velikostní struktury) a analýzou biomasy (jako sušina biomasy, případně i náročnějšími analytickými metodami - organický uhlík, dusík). Porovnat výsledky z hlediska spolehlivosti a využitelnosti dat pro rybářskou praxi a posouzení stavu rybníčního ekosystému.

Rozsah grafických prací: **grafy, tabulky, mikrofotografie: 5 - 10 str.**

Rozsah pracovní zprávy: **60 stran textu**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Hartman, P., Přikryl, I., Štědranský, E. (2005): Hydrobiologie, Informatorium Praha, 359.

Hrbáček, J. (1962): Species composition and the amount of the zooplankton in relation to the fishstock. Rozpravy ČSAV, 72 (10): 1-116.

Hrbáček a kol. (1972): Limnologické metody, SPN Praha

Kosík, M. (2009): Biodiverzita perlooček a klanonožců v oblasti Nadějské rybníční soustavy, DP, ZF JU v Č. Budějovicích, 60pp.

Pechar, L., Přikryl, I., Faina, R. (2002): Hydrobiological evaluation of Třeboň fishponds. In: Květ, J., Jeník, J., Soukupová, L.: Freshwater wetlands and their sustainable future. Paris, 31-61.

Potužák, J. (2009): Plankton and trophic interactions in hypertrophic fishponds. Dissertation thesis. University of South Bohemia in České Budějovice, Faculty of Agriculture. 137 pp.

Přikryl, I. (1996): Vývoj hospodaření na českých rybnících a jeho odraz ve struktuře zooplanktonu, jako možného kritéria biologické hodnoty rybníků.

In: Flajšhans, M.(red.),. Sborník vědeckých prací k 75. výročí založení VÚRH.

151-164. \9ó Přikryl, I. (2006): Metodika odběru a zpracování vzorků zooplanktonu stojatých vod, VÚV TGM, 1-14.

Wetzel, R.G., Likens, G.E. (2000): Limnological analysis. Springer-Verlag, New York, 429.

Vedoucí diplomové práce: **doc. RNDr. Libor Pechar, CSc.**

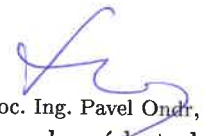
Katedra krajinného managementu

Datum zadání diplomové práce: **19. března 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **15. dubna 2019**


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA 
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studená 1500, 370 05 České Budějovice


doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 19. března 2018

Prohlašuji, že v souladu s § 47 b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce **Zooplankton vysoce eutrofních rybníků - srovnávací studie různých metod vzorkování**, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne.....

Podpis.....

Poděkování

Děkuji všem těm, kteří se přímo či nepřímo podíleli na tvorbě této práce. V první řadě bych rád poděkoval mému školiteli doc. Liborovi Pecharovi CSc. za to, že to se mnou vydržel od maturitní až po diplomovou práci. Za jeho cenné připomínky a odborné vedení i této závěrečné diplomové práce. Jako dalším bych rád poděkoval mému konzultantovi Ing. Martinu Musilovi Ph.D. za poskytnutí cenných informací a dat k mé diplomové práci. Také bych rád poděkoval týmu z firmy ENKI o. p. s. v Třeboni za zapůjčení potřebného vybavení a poskytnutí zázemí. A v neposlední řadě také rodině za projevenou trpělivost.

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je porovnat různé odběrové metody pelagiálního zooplanktonu v průběhu celé odběrové sezóny. Existuje celá řada odběrových metod, které jsou více či méně vhodné k použití na dané lokalitě. V tomto případě se jedná o metody používané na umělých vodních nádržích rybníčního typu. Vybrány byly tři nejvíce používané metody – planktonní síť, odběrák typu Schindler a odběrová sonda. Zjištěné výsledky by měly přinést informaci o tom, jestli mezi těmito metodami vznikají rozdíly, které by mohly zkreslovat informace o sledované lokalitě při používání daných z metod.

Zjištěná struktura zooplanktonu odpovídá způsobu hospodaření na dané lokalitě. Zachycené sezónní trendy ve struktuře zooplanktonu se také nevymykají od normálu. Detailní hodnocení zooplanktonu ale není cílem tohoto pokusu.

Výsledky práce naznačují, že mezi použitými metodami odběru zooplanktonu dochází k určitým rozdílům. Celkově vyšší počty jedinců zooplanktonu byly zaznamenány při odběru planktonní sítí. Naproti tomu pomocí odběráku typu Schindler se podařilo zachytit významně vyšší počty perlooček rodu *Daphnia*. V rámci této studie můžeme tvrdit, že odběry provedené pomocí odběráku typu Schindler dokázaly zachytit přesněji stav zooplanktonu na sledované nádrži. Použití indexu, který kombinuje procentické zastoupení jedinců rodu *Daphnia* a jejich velikost (*Daphnia index*) jsou tyto rozdíly do určité míry eliminovány.

Abstract

This diploma thesis aims to compare different sampling methods of pelagic zooplankton during the whole sampling season. There are a number of sampling methods that are more or less suitable for use at a given site. In this case, it is methods used on artificial pond-type water reservoirs. The three most used methods were selected - the planktonic network, the Schindler trap and the sampling probe. The results obtained should provide information on whether there are differences between these methods that could distort the information on the monitored locality when using the given methods..

The determined structure of zooplankton corresponds to the way of management at the given locality. The captured seasonal trends in the structure of zooplankton also do not deviate from normal. However, a detailed evaluation of zooplankton is not the aim of this experiment.

The results of the work suggest that there are certain differences between the used methods of zooplankton collection. The total numbers of zooplankton individuals were recorded when taking planktonic nets. In contrast, with the help of a Schindler trap, it was possible to capture significantly higher numbers of *Daphnia* pearl mussels. In this study, we can say that the samples taken using a Schindler-type sampler were able to capture more accurately the state of zooplankton on the monitored reservoir. The use of an index that combines the percentage of individuals of the genus *Daphnia* and their size (*Daphnia* index) eliminates these differences to some extent.

Klíčová slova:

česky: zooplankton, planktonní síť, odběrák typu Schindler, porovnání

anglicky: zooplankton, planktonic net, Schindler trap, comparison

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Literární přehled řešené problematiky.....	9
2.1	Zooplankton.....	9
2.2	Historie výzkumu zooplanktonu v českých zemích.....	10
2.2.1	„Top-down“ regulace planktonu.....	12
2.3	Vývoj rybářského hospodaření.....	12
2.3.1	Vliv rybí obsádky a eutrofizace na strukturu zooplanktonu od počátku rybářského hospodaření.....	16
2.4	Monitoring a hodnocení zooplanktonu.....	17
2.5	Kvantitativní a kvalitativní hodnocení.....	19
3	Metodika.....	20
3.1	Vlastní odběry a popis odběrových metod.....	20
3.2	Poskytnutá data a vzorky.....	21
3.3	Zpracování vzorku.....	22
3.4	Popis lokalit.....	23
3.5	Daphnia Index.....	23
4	Výsledky.....	25
4.1	Druhové složení.....	25
4.2	Procentuální zastoupení.....	29
4.3	Abundance.....	31
4.4	Velikostní zastoupení.....	32
5	Srovnání výsledků.....	34
5.1	Celková abundance.....	34
5.2	Daphnia abundance.....	35
5.3	Porovnání vypočítaných charakteristik.....	36
5.3.1	Procentuální zastoupení perlooček rodu <i>Daphnia</i>	36
5.4	Daphnia index.....	37
6	Diskuze.....	38
7	Závěry.....	44
8	Přehled použité literatury a zdrojů.....	46
8.1	Akademické práce.....	49

1 Úvod

Rybníky v dnešní době zabezpečují mnoho funkcí, např. estetickou, závlahovou, rekreační, retenční aj. Většina rybníků, ale stále primárně slouží k chovu ryb. Proto je pro rybářskou praxi velice důležité se snažit zachovat zdravé rybníční prostředí a je velice nutné provádět kontrolu rybníku během celého roku. Z toho, co můžeme sledovat a co nám dokáže poskytnout informace o aktuálním stavu nádrže, je také sledování planktonu a to zejména jeho zoo- složky a její struktury.

Zooplankton je klíčovou součástí biocenózy stojatých vod a tvoří významnou a přirozenou složku potravy ryb. Přirozená potrava je pro určité druhy ryb doposud nenahraditelná složka potravy, hlavně v raných fázích vývoje. Proto je velice důležité znát jeho strukturu, jelikož citlivě dokáže reagovat na změny v hustotě rybí obsádky a jako primární konzument má také velký vliv na přenos látek a energie v potravní síti. Velice pružně tak aktuálně odráží změny ve způsobu hospodaření. Na tyto změny je pak velice důležité rychle reagovat.

Zooplankton lze sledovat různými metodami. Některé metody, dokáží uživateli poskytnout poměrně rychlou a velice stručnou základní informaci o aktuálním stavu dané nádrže. Ovšem pro zjištění detailnějších informací a výsledků už je získání a zpracování vzorku poměrně složité a pracné. Naopak pozitivem je také to, že správně zakonzervovaný vzorek můžeme dlouhodobě skladovat bez velkých nároků na skladovací prostor a můžeme se k těmto vzorkům dlouhodobě dle potřeby vracet.

Tato práce si tedy klade za cíl porovnat různé metody a hledat různé možnosti zjednodušení těchto metod využitelných pro rybářskou praxi. Dále porovnat výsledky z hlediska spolehlivosti a využitelnosti dat pro rybářskou praxi a posouzení stavu rybníčního ekosystému.

2 Literární přehled řešené problematiky

2.1 Zooplankton

Podle taxonomie patří zooplankton do společenstva, které nazýváme planktonem a ten dělíme na fytoplankton, zooplankton a bakterioplankton. Každá z těchto skupin zastává v ekosystému odlišnou ekologickou funkci a vyžaduje i jiný metodický postup při zkoumání. (Hartman et al., 2005).

V zooplanktonu dominují dvě základní skupiny živočichů, drobní korýši (Crustacea) z této skupiny jsou v našich vodách nejhojněji zastoupeni a mají největší význam perloočky (Cladocera) a klanonožci (Copepoda), a druhá skupinu, která je tvořena vířníky (Rotifera). (Šrámek-Hušek, 1953).

Zooplankton můžeme definovat jako živočichy drobných až mikroskopických rozměrů trvale vznášející se ve vodním prostředí. Typickým a hlavním prostředím zooplanktonu je pelagiál, tj. centrální části stojatých vod (oblast volné vody) jezer a nádrží (Wetzel, 2001). Zooplankton je součástí biocenóz i takových biotopů, kde není přítomný typický pelagiál, ale které mají alespoň minimální zónu volné vody, tj. otevřené hladiny a minimální hloubku zpravidla okolo jednoho metru - rybníky, tůňe, zatopené pískovny apod. (Lellák, Kubíček, 1992). Některé druhy zooplanktonu se mohou běžně nacházet v litorálu nádrží, kde mohou mít refugium, např. před predací rybami (Beklioglu, Moss, 1999), (Kosík, 2009) nebo ve větších řekách na dolním toku, kde jsou součástí potamoplanktonu (citace Wetzel, 2001).

Zooplanktonní organismy jsou důležitý článek potravního řetězce. Velký počet druhů jsou herbivoři a jejich potrava je tvořena výhradně fytoplanktonem, který získávají filtrací vody. Herbivoři jsou především perloočky. Některé druhy zooplanktonu jsou také dravé a živí se zooplanktonem filtrujícím. Všechny větší druhy

zooplanktonu jsou pak důležitou potravou ryb. Zooplankton vyniká rychlou množivostí, mnoho druhů je parthenogenetických.

Život planktonních organismů je krátký. Organismy se rychle rozmnožují, proto se různé změny v prostředí rychle odrazí ve složení planktonu. Vedle sezónních změn abiotických faktorů a trofie nádrže má na charakter a dynamiku planktonu největší vliv obsádka ryb. (Hartman et al., 2005).

2.2 Historie výzkumu zooplanktonu v českých zemích

Druhá polovina 19. století přináší obecně rozvoj pozorování přírody a taxonomického přístupu, tj. popis a identifikace druhů. To se týká i zooplanktonu. Klíčovým důvodem k výzkumu zooplanktonu byl zájem o získání informací a znalostí o organismech žijících ve vodě a popis objevených druhů. (Vrba, Rulík, 2017).

Sledováním zooplanktonu na českých rybnících se poprvé zabýval a ve svém díle „O korýších země české“ popsal Dr. Frič (1872), ale jeho práce byla i na tehdejší dobu neúplná, neboť uváděla z celého území jen 36 druhů. Nejdůležitější a hospodářsky nejvýznamnější řád této třídy perloočky (Cladocera) byl zpracován později mnohem důkladněji Hellichem (1878), ale také toto dílo bylo již na počátku tohoto staletí zastaralé. (Šrámek-Hušek a kol., 1962)

Ze zahraničních publikací se o výzkumu zooplanktonu dočteme například od Zachariase (1893), který si všiml jisté korelace mezi zooplanktonem a rybí obsádkou. Díla od těchto citovaných autorů z tohoto období můžeme považovat za jisté historické milníky ve sledování zooplanktonu na území Evropy a díla od J. Šusty můžeme považovat za základní kameny moderního rybářství nejen u nás, ale i v Evropě. A to z toho důvodu, jelikož J. Šusta přistupoval ke sledování zooplanktonu čistě z praktického zájmu a nepopisoval druhy obecně, ale jeho zájem směřoval k tomu, aby

zjistil, jaký má zooplankton význam pro výživu ryb. K rozvoji tohoto oboru v té době i velice přispívalo přátelství mezi Šustou a Fričem, kteří se navzájem doplňovali a pomáhali si.

Po době Fričově nastalo ve výzkumu lupenonožců „mrtvé období“. Badatelů zabývajících se výzkumem daného oboru nebylo mnoho. Situace byla obdobná i v jiných oborech. Často byl pouze jeden badatel na obor, který bohužel neměl svého pokračovatele.

Teprve vydáním základních děl Lilljeborgových z roku 1900 a Dadayových (1910, 1915 až 1926) byl zájem o tyto živočichy opět probuzen (Šrámek-Hušek a kol., 1962).

Ale i v následujícím období 30. až 60. let nebylo vydáno velké množství kvalitních prací. Za zmínku ale stojí práce od Nováčka Fytoplankton a zooplankton rybníka Hladu u Studence (1941), který na Českomoravské vrchovině na rybnících v okolí obce Studenec prováděl výzkum zooplanktonu obdobným přístupem jako Šusta, ovšem o padesát let později. Začátkem 60. let minulého století, se zooplanktonem začíná také zabývat Šrámek-Hušek. Ten přistupuje k výzkumu zooplanktonu čistě z faunistického hlediska, zaznamenává, jaké druhy a kde pozoroval, bez dalšího zkoumání ekologických vztahů. Tyto jeho práce a monografie se staly významným taxonomickým počinem v českých poměrech.

Další významný autor, který se zasloužil o rozvoj sledování zooplanktonu, byl doc. Hrbáček se svým funkčním pohledem na vodní biocenózu. Hrbáček poprvé popisuje jev, při němž rybí obsádka dokáže ovlivnit jak celkovou biomasu zooplanktonu, tak i druhové a velikostní složení. Tyto rozdíly ve složení zooplanktonu popsal Hrbáček a kol. (1961 a 1962) na základě experimentů v polabských tůních.

Výsledky tohoto výzkumu můžeme považovat za základy světově uznávaného modelu trofických kaskád a „top-down“ regulace (Carpenter, Kitchell, 1996). Jedná se o model trofické kaskády, kdy vrcholný dravec svojí přítomností ovlivní nižší trofické úrovně potravinové pyramidy.

Rybníky tedy můžeme považovat za modelové ekosystémy, kde fungování celého společenstva ekosystému je ovlivňováno rybí obsádkou. (Kořínek et al. 1987).

2.2.1 „Top-down“ regulace planktonu

Jedním z modelů těchto kaskád je „top-down“ regulace planktonu (shora dolů).

Možnost využití tohoto principu spočívá v podpoře a přítomnosti dravých druhů ryb, které jsou schopny regulovat populaci drobných planktonofágních druhů ryb. Tím se sníží vyžírací tlak planktonofágů, a je umožněn rozvoj zooplanktonu, který svojí filtrační aktivitou omezí rozvoj fytoplanktonu. Na tomto modelu je založena i tzv. biomanipulace (Hartman 2014; Adamek, 2010). Teoretickým základem biomanipulace je model trofické kaskády „top-down“ regulace. Biomanipulace tedy vede ke zlepšení kvality vody a omezení důsledků eutrofizace. Většinou se tento systém využívá na vodárenských nádržích a lokalitách, kde je důležitá kvalita vody. Touto tematikou se ve své práci více zabýval i Baxa. (Baxa, 2018).

2.3 Vývoj rybářského hospodaření

Začátky rybářského hospodaření a jeho snahy o intenzifikaci jako první popisuje Šusta (1898), který zaznamenává počáteční snahu zvýšit množství živin v rybnících aplikací statkových a umělých hnojiv. Tato snaha o zvýšení množství živin, byla reakcí na to, že začalo docházet ke snižování produkce ryb. Docházelo k tzv. stárnutí rybníku. Přísun živin byl menší než jejich spotřeba. Dle dnešní klasifikace bychom většinu

rybníků z tohoto období, které popisuje Šusta ve své knize, a o kterých se zmiňují i další autoři, mohli řadit k oligotrofním až mezotrofním typům nádrží.

Právě zřetelný pokles přirozené produkce rybníků v procesu jejich stárnutí, způsobený vyčerpáním původní zásoby živin, nepochybně stimuloval koncem 19. století zájem J. Šusty o pochopení produkční podstaty rybníční biocenózy. Jeho snaha zvýšit úživnost rybníčních vod odstartovala století trvajícím proces intenzifikace produkce ryb. Vápnění rybníků a zvyšování úživnosti hnojením, stejně jako příkrmování ryb zaváděné od konce 19. století umožnily zvyšovat hustotu rybích obsádek. Výsledkem bylo řádové zvýšení produkce ryb a její stabilizace. Současně došlo ke zvýšení množství i druhové pestrosti planktonu, bentosu. Kromě nárůstů biodiverzity to znamenalo také zvýšení potravní nabídky jak pro ryby, tak i pro obojživelníky a vodní ptáky. (Pechar, Baxa, 2016).

Do 50. let 20. století byla situace v tomto oboru víceméně stabilní. Stav rybníků se dá pouze odhadovat, stejně tak je i patrné, že rybí obsádka nebyla zpravidla početně velká, nicméně často větší, než odpovídalo produkčním možnostem na živiny chudých rybníků. Její vliv na plankton a ostatní složky rybníční biocenózy lze těžko odhadovat, ale patrně nebyl velký. Fungování celé biocenózy bylo řízeno především nedostatkem živin. (Pechar, 2015).

K velké změně ale právě dochází v druhé polovině 20. století., kdy se zvýšila dostupnost umělých hnojiv, krmení a začalo jejich hojně využívání za účelem umělého zvýšení produkce. Zejména koncem 20. století dochází také k velké změně v zemědělském hospodaření. Používají se nadměrné dávky umělých hnojiv, zvýšil se počet kusů chovaného dobytka v živočišné výrobě a dochází k nadprodukcí hnoje. Díky těmto věcem začíná postupná eutrofizace vodních nádrží.

Výsledkem rostoucího zatížení rybníků přítokem ze zdrojů v povodí spolu s přísunem živin jako součásti rybníkářského managementu je dnešní extrémně vysoká dotace rybníčních ekosystémů živinami převážně uloženými v sedimentech. Rybníkářství je tak v současnosti v pozici, kdy musí management reagovat na eutrofní (často až hypertrofní) podmínky v rybníčním ekosystému (Adámek a kol., 2008).

Intenzifikační hospodaření má za následek porušení potravního řetězce v nádržích, čili většina rybí produkce je závislá na přísunu krmiv a využívání dalších chovných technologií. Dochází tak k úbytku dafniového zooplanktonu a narušení primární produkce. Toto jsou pak příčiny pro extrémní projevy eutrofizace.

Zooplankton, zejména pak velké druhy perlooček rodu *Daphnia* jsou velice významnou skupinou filtrátorů v mnoha typech sladkých vod. Např. jedinci druhu *Daphnia magna* přefiltrují za den cca 0,5 l vody. Při průměrné koncentraci 60 jedinců *D. magna* na 1 l dokáže takováto populace redukovat fytoplankton až téměř ze 40 %. Právě tyto jejich vlastnosti stále více poukazují na důležitost dafniového zooplanktonu (Baxa, 2018). Proto je také mnoha autory velkému dafniovému zooplanktonu přisuzována schopnost ovlivnit snižováním biomasy fytoplanktonu kvalitu vody v nádrži.

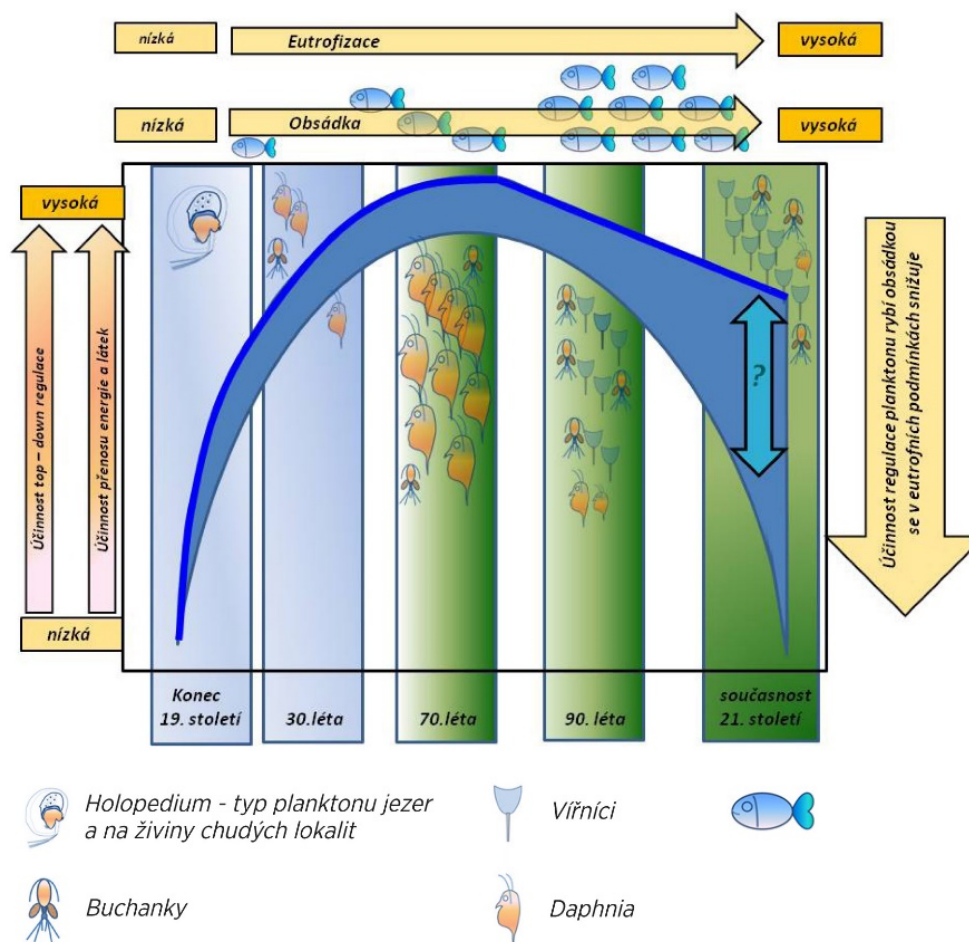
V současné době je na většině vodních nádrží charakteristická situace s velkou biomasou fytoplanktonu. Přičemž fytoplankton nám z velké části zajišťuje primární produkci a sekundární produkci nám reprezentuje zooplankton, který je potravou pro konzumenty vyššího řádu a v rybnících je důležitý pro následnou rybí produkci. Obě tyto složky jsou tedy z velké části ovlivňovány hustotou rybí obsádky a jejím predačním tlakem. (Pechar et al., 2002; Adámek a kol., 2010; Adámek a kol., 2008; Baxa, 2018).

Dafniový plankton je tedy nenahraditelný článek potravního řetězce, který je právem řazen do klíčových společenstev, které mnohdy určují charakter vodního prostředí. (Baxa 2018).

Tato teze byla také skutečností naměřených hodnot provedených při vlastním výzkumu v rámci vypracování bakalářské práce, kdy bylo rovněž prováděno sledování zooplanktonu u dvou rozdílných typů nádrží. U jedné nádrže probíhalo vysoce intenzivní hospodaření s vysokou rybí obsádkou a zde docházelo pravidelně v určitém období k absenci dafního zooplanktonu a celé společenstvo bylo druhově chudší.

U sledovaných nádrží, které měly mezotrofní charakter, byla společenstva zooplanktonu více méně stabilní a více pestrá. U nádrží s vysokou intenzitou hospodaření, kde chyběl dafniový zooplankton, docházelo k přemnožení fytoplanktonu. (Ištók, 2013).

2.3.1 Vliv rybí obsádky a eutrofizace na strukturu zooplanktonu od počátku rybářského hospodaření



Obrázek č. 1 Schéma vlivu rybí obsádky („top-down“ regulace) na populaci zooplanktonu v závislosti na rybí obsádce a stupni eutrofizace v době od začátku intenzifikace rybářského hospodaření po současnost.¹

Na obrázku č. 1 je graficky znázorněn vliv rybí obsádky a eutrofizace na strukturu zooplanktonu. Vidíme, že pokud dojde ke zvýšení rybích obsádek, dojde ke zvýšení predančního tlaku ryb na dafniový zooplankton. To zapříčiní, že z nádrže není odebrána primární produkce a začne docházet k jejímu velmi rychlému rozkladu. Což je příčinou vzniku kyslíkových deficitů a dalších problémů.

¹Zdroj: <http://www.casopis.forumochranyprirody.cz/magazin/analyzy-komentare/vztah-rybarskeho-hospodareni-a-fungovani-rybnicni-biocenozy>.

Pro rybářskou praxi by mělo být hlavním cílem zajistit lepší fungování celé rybníční biocenózy s ohledem na zooplankton, který je důležitou složkou potravy vodních ptáků, na chráněných lokalitách ulehčí práci při ochraně přírody, bude zajištěna větší průhlednost vody, která vytvoří lepší podmínky pro vodní živočichy, které z části zajišťují odběr živin jako dusík a fosfor ze sedimentů a tím pomáhají snižovat následky současné eutrofizace. Toto je jen pár příkladů v důležitosti zooplanktonu a vůbec celkového zdraví rybníčních ekosystémů a jejich trofických vztahů. (Pechar, Baxa, 2016).

2.4 Monitoring a hodnocení zooplanktonu

Zooplankton je důležitou skupinou organismů pro sledování stavu stojatých vod. Je v nich trvale přítomný, je relativně snadno a levně vzorkovatelný a jeho analýzou je možno získat mnoho informací, které vypovídají u každé nádrže o řadě vlastností s různě rychlou dynamikou změn. (Příkryl, 2006).

Hodnocení zooplanktonu vychází z metod kvantitativního studia ekosystémů a zahrnují identifikaci druhů (tj. hodnocení biodiverzity) a hodnocení populačních parametrů, tj. abundance, biomasy, reprodukční rychlosti, rychlosti ztrát, produkce (Hrbáček a kol. 1972; Wetzel, Likens, 2000). Zooplankton jako společenstvo je relativně metodicky dobře uchopitelný jak z hlediska odběru reprezentativního vzorku, tak z hlediska zpracování. Nicméně tento přístup zahrnuje řadu kroků, které jsou pracné a mohou být zdrojem nepřesností i chyb. Stejně tak jednotlivé výsledky, např. abundance a biomasa, které spolu souvisí, poskytují odlišné informace, a tudíž se jejich interpretace mohou lišit.

Snaha integrovat více sledovaných veličin do jednoho parametru je v ekologickém výzkumu velmi rozšířeným přístupem. Příkladem jsou např. indexy

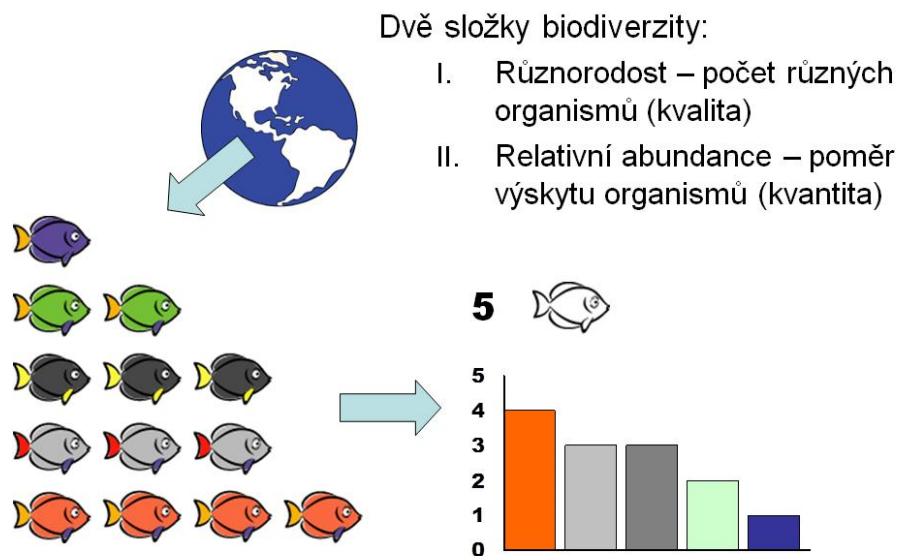
diverzity nebo trofické indexy, stejně jako saprobiologické hodnocení kvality vod. Podobný přístup uplatnili Potužák a Pechar pro hodnocení rybníčního zooplanktonu. Základem byla studie (Pechar, 1995), která dokumentovala statisticky významný vztah mezi procentickým zastoupením perlooček rodu *Daphnia* a jejich průměrnou velikostí.

Frekvence perlooček rodu *Daphnia* a jejich velikost jsou parametry, které dobře popisují celkovou strukturu rybníčního zooplanktonu a zároveň korelují s průhledností vody a biomasou rybí obsádky. Na základech této studie Potužák (2009) definoval tzv. *Daphnia* index. Tento index reflektuje potenciální filtrační kapacitu, která je významně závislá na vztahu mezi velikostí a procentickým zastoupením perlooček rodu *Daphnia* v zooplanktonu. *Daphnia* index nám tedy v podstatě vyjadřuje schopnost zooplanktonu kontrolovat rozvoj fytoplanktonu (Adámek a kol., 2010). Tyto dva poměrně nové přístupy přináší výrazné zjednodušení pracovních postupů a úsporu při hodnocení zooplanktonu ve vztahu k rybářské praxi. Pro stanovení *Daphnia* indexu není nutné odebírat kvantitativní vzorky, které jsou organizačně i časově značně náročné. (Hrbáček, 1966).

Využití tohoto přístupu a možnost využití pro rybářskou praxi i pro hodnocení rybníčních ekosystémů z hlediska ochrany přírody představuje úkol, výzvu - je třeba testovat v různých situacích.

Nabízí se nám zde i otázka do budoucna, zda lze ještě něco zjednodušit v těchto postupech, tak aby to zvládla praxe - rybářská, ochránářská?

2.5 Kvantitativní a kvalitativní hodnocení



Obrázek č. 2 Dvě složky biodiverzity²

Na obrázku č. 2 můžeme vidět graficky znázorněné rozdíly mezi kvantitativním a kvalitativním hodnocením. Biodiverzita planktonu je komplexní ukazatel stavu vodní nádrže. Je to velmi široký pojem zahrnující například druhovou diverzitu (počty druhů ve společenstvu), genetickou diverzitu (rozdílnost genomů organismu), velikostní diverzitu aj. Pak podle typu hodnocení rozlišujeme biodiverzitu fyziologickou, taxonomickou, strukturní, genetickou apod. U sledovaných forem se jednak hodnotí jejich přítomnost ve společenstvu („druhová bohatost“) a jednak se vyhodnocuje jejich kvantitativní zastoupení, heterogenita početnosti druhů. Oba přístupy jsou pro matematickou analýzu biodiverzity nezbytné. V konkrétním případě

²Zdroj: Kvalitativní a kvantitativní komponenta biodiverzity. *Matematická biologie* [online]. [cit. 2020-07-31]. Dostupné z: <https://portal.matematickabiologie.cz/index.php?pg=analiza-a-hodnoceni-biologickych-dat--statisticke-hodnoceni-biodiverzity--uvod-do-analyzy-diverzity--kvalitativni-a-quantitativni-komponenta-biodiverzity>

je nutné vždy zvážit, jaká komponenta biodiverzity zooplanktonu je přínosná pro ověření nebo vyvrácení hypotéz prováděné studie.³

3 Metodika

3.1 Vlastní odběry a popis odběrových metod

Vlastní odběry vzorků pelagiálního zooplanktonu jsem provedl v sezóně 2018 na rybníku Rod v jarním, letním a podzimním období. Všechny vzorky byly odebírány z lodě v prostoru volné vody v centrální části rybníku. Použity byly tři metody odběru zooplanktonu.

První použitá metoda byla pomocí planktonní vrhací síťky s výpustním kohoutem a to třemi pětimetrovými horizontálně-vertikálními hody tak, aby byl protažen celý vodní sloupec ode dna k hladině. Síťka byla o průměru 20 cm s velikostí ok 80 μm . Přefiltrované množství touto metodou je 520 litrů vody.

Druhá použitá metoda byla pomocí odběráku typu Schindler s výpustním otvorem. Voda u tohoto typu odběráku je také filtrována přes síťku u výpustního otvoru. Síťka má velikost ok 80 μm . Prováděl jsem vertikální tahy o délce 0,5–1 m. Objem odběráku je 10 litrů. Počet provedených tahů byl 10. Přefiltrované množství je 100 litrů vody.

Třetí metoda byla pomocí odběrové válcové sondy. Sonda je válec o průměru 6 cm a délce jeden metr, a ve spodní části má gumový uzávěr. Touto metodou bylo do kalibrovaného sudu odebráno přesné množství nepřefiltrované vody. Sondou byly

³ Zdroj: Koncept chápání biodiverzity v ekologických studiích. *Matematická biologie* [online]. [cit. 2020-07-31]. Dostupné z: <https://portal.matematickabiologie.cz/index.php?pg=analiza-a-hodnoceni-biologickych-dat--statisticke-hodnoceni-biodiverzity--uvod-do-analyzy-diverzity--kvalitativni-a-quantitativni-komponenta-biodiverzity>

prováděny vertikální „vpichy“ do vody. Po zanoření celé sondy byla na spodní straně sonda ucpána, vytažena ven z vody a odebraná voda převedena do připraveného sudu. Tímto způsobem byl odebrán metrový sloupec vody. Přefiltrování odebrané vody proběhlo následně na břehu přelitím přes planktonní síťku s velikostí ok 80 µm. Přefiltrované množství je 50 litrů vody.

Z každé odběrové metody jsem získal přefiltrováním zahuštěný vzorek, který byl převeden do 100ml PE lahvičky a byl zafixován 38–40% vodným roztokem formaldehydu (výsledná koncentrace ve vzorku 2–4 %). Takto získaný vzorek je určen pro mikroskopické stanovení kvantity počítáním.

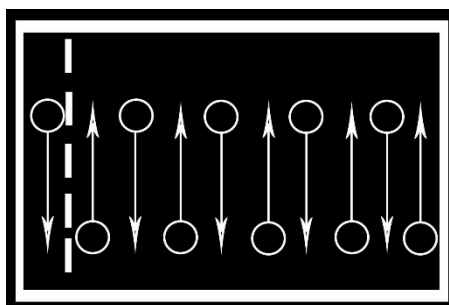
3.2 Poskytnutá data a vzorky

Další vzorky a data, které jsem zpracovával v rámci mého výzkumu, mi byly poskytnuty od Ing. Martina Musila Ph.D., který je získával v rámci spolupráce na projektu „Rybniční hospodaření respektující strategii udržitelného rozvoje a podporu biodiverzity“ (SP/2d3/209/07), kde se v rámci projektu soustředil na problematiku zooplanktonu. Vzorky byly odebírány ve vegetačním období jedenkrát za 14 dní během čtyřletého časového období roků 2008–2012. Odběr probíhal pomocí odběrového zařízení typu Schindler a laboratorně zpracovaný dle metodiky Přikryla (2006). Své výsledky prezentoval ve své disertační práci v roce 2016. Ing. Martin Musil Ph.D. prováděl nadstandardně tomuto projektu pro své potřeby také odběr planktonní síťkou. Vzorky z odběrů planktonní síťkou nebyly doposud zpracovány a v rámci mého výzkumu jsme se dohodli, že část z nich zpracuji já a použiji výsledky v mé práci. Vybrali jsme vzorky z období duben–září sezóny 2008 z lokalit Rod a Klec. Tyto vzorky jsem zpracoval stejným způsobem jako vzorky z vlastního měření.

3.3 Zpracování vzorku

Ze vzorku byla nejdříve zjišťována objemová biomasa. Ta byla stanovována standardním způsobem dle metodiky podle Příkryla (2006). Po šetrném vypláchnutí vzorku tak, aby ze vzorku byl odstraněn fixační roztok formaldehydu, jsem vzorek převedl do kalibrované odměrné nádoby a nechal vzorek přibližně 30 minut sedimentovat.

Po zjištění hodnoty sedimentu, byl vzorek homogenizován v kulaté baňce a následně byl odebrán pipetou subvzorek a převeden do počítací komůrky typu „Sedgwick-Rafter“. V počítací komůrce byl subvzorek mikroskopicky determinován a počítán. Způsob, jakým probíhá počítání v počítací komůrce, je znázorněn na přiloženém schématu. (obr. č. 1)



Obrázek č. 3 Schéma průběhu determinace vzorku v počítací komůrce typu Sedgwick-Rafter

Určovány byly hlavní živočišné skupiny zooplanktonu a to perloočky (Cladocera), Klanonožci (Copepoda) a vířníci (Rotatoria). Tyto skupiny byly determinovány do druhů.

Poté pomocí binolupy a softwaru QuickPHOTO MICRO 2.0 byly zjišťovány biometrické údaje zooplanktonu a byla také pořízena fotodokumentace. Velikostní struktura byla zjišťována pouze u perlooček rodu *Daphnia*, a to z důvodu výpočtu *Daphnia* indexu.

3.4 Popis lokalit

Jedná o segment krajiny, jejíž typický charakter udává rozsáhlá Nadějská rybníční soustava vybudovaná v nivě Lužnice na jejím pravém břehu - rybníky s litorálními porosty a alejemi dubů, zbytky listnatých lužních lesů a z východu navazující hospodářské lesy s převahou borovice lesní. Lokalita zahrnuje PR Rod.⁴

Rybník Rod se nachází na katastrálním území obce Val a rybník Klec katastrálním území obce Klec. Rybníky leží v nadmořské výšce 415–418 m n. m. a jsou od sebe vzdálené vzdušnou čarou cca 4 km.

Lokalita Rod (34,3 ha) reprezentuje rybníky s nižší intenzitou hospodaření, tzn. s nižší obsádkou téměř bez hnojení a s minimálním krmením. Lokalita Klec (69,4 ha) je obhospodařována s vyšší, standardní intenzitou, tzn. s příkrmováním a dalšími zásahy, tedy i s vyšší rybí obsádkou. (Musil, 2016)

3.5 Daphnia Index

Daphnia index (dále jen DI), který vychází z alometrických vztahů mezi velikostí, kvantitou, biomasou a filtrační aktivitou perlooček, byl využit jako nástroj pro hodnocení úrovně filtrační schopnosti zooplanktonu, resp. perlooček rodu *Daphnia*. Na rozdíl od kvantity nebo biomasy zooplanktonu, DI zahrnuje a kombinuje individuální velikost a procentuální podíl perloočky rodu *Daphnia* v celém společenstvu zooplanktonu a vzorec pro jeho výpočet je:

⁴ Citace: Nadějská soustava. *Nature: Evropsky významné lokality v České republice* [online]. [cit. 2020-07-31]. Dostupné z: http://www.nature.cz/natura2000-design3/web_lokality.php?cast=1805&akce=karta&id=1000146137

$$DI = \sqrt{\frac{(AVG_D * 10)^3 * F}{100}}$$

Kde: AVG_d - průměrná délka těla Daphnia v mm,

F – frequence (%) rodu Daphnia v zooplanktonu (Musil, 2016)

4 Výsledky

4.1 Druhové složení

V odebraných vzorcích bylo zaznamenáno celkem 15 druhů pelagiálního zooplanktonu. Z perlooček (Cladocera) bylo zaznamenáno celkem 10 druhů. Nejčastěji zaznamenávanými druhy byly *Daphnia galeata* a *Daphnia longispina*, které byly zaznamenány prakticky ve všech odebraných vzorcích. Dalším hojně objevovaným druhem z tohoto řádu byla drobná perloočka *Bosmina longirostris*. V několika vzorcích byla zaznamenána i přítomnost dravého druhu *Leptodora kindtii*.

U klanonožců (Copepoda) byla zaznamenána přítomnost také téměř ve všech odebraných vzorcích. Byla zaznamenána přítomnost vznášivek (*Calanoida*) i buchanek (*Cyclopoida*). Ze vznášivek byl zaznamenán pouze jeden druh *Eudiaptomus gracilis*. U buchanek byly zaznamenány 4 druhy. Nejčastěji se vyskytoval rod *Acanthocyclops sp.* Přítomnost ostatních druhů byla pouze ojedinělá. Výskyt klanonožců byl zaznamenán v juvenilních (nedospělých) stádiích nebo naupliových (larválních) stádiích. Dospělá stádia se prakticky nevyskytovala.

U vířníků (Rotifera) byl zaznamenáván pouze jejich výskyt a nebyly určovány do druhů. I tak ale zástupci vířníků byli objeveni ve všech zkoumaných vzorcích, ale v žádném z nich nedominovali. Proto v rámci cílů této práce jejich druhové zastoupení nebylo hodnoceno a jejich určování je méně podstatné.

V tabulce č. 1 je uvedeno druhové zastoupení ve vzorcích z odběrů, které byly provedeny na lokalitě Rod v sezóně 2008. Zaznamenáno bylo 8 druhů. Nejpočetněji byly zastoupeny perloočky, a to 6 druhů. V jarním odběru byla zaznamenána i přítomnost dravého druhu perloočky *Leptodora kindtii*. V každém vzorku byla zaznamenána přítomnost perlooček rodu *Daphnia* a buchanek druhu *Acanthocyclops*.

Tabulka č. 1: Zastoupení druhů zooplanktonu na lokalitě Rod

		Rod 29.04.2008	Rod 20.05.2008	Rod 17.06.2008
		Planktonní síť		
Cladocera	<i>Daphnia galeata</i> + <i>D. longispina</i>	x	x	x
	<i>Chidorus sp.</i>	x	x	x
	<i>Alona sp.</i>			
	<i>Bosmina longirostris</i>	x		x
	<i>Leptodora kindtii</i>	x		
Calanoida juvenil	<i>Eudiaptomus gracilis</i>	x	x	
Cyclopoida juvenil	<i>Acanthocyclops sp.</i>	x	x	x
nauplia calanoida			x	x
nauplia cyclopoida		x		
Asplanchnidae			x	x
Rotifera ostatní	Rotifera	x	x	x

V tabulce č. 2 je uvedeno druhové zastoupení z porovnávacího pokusu dvou odběrových metod aplikovaných na rybníku Rod v roce 2018. Ze třech odběrových termínů, bylo zaznamenáno 11 druhů. U perlooček (Cladocera) bylo zaznamenáno 8 druhů. *Daphnia galeata* a *Daphnia longispina* byly zaznamenány v každém odběrovém termínu a každou odběrovou metodou. Stejná situace nastala i u *Bosmina longirostris*. Z klanonožců se nejčastěji ve vzorku nacházela buchanka *Acanthocyclops sp.* Vírníci byli také zaznamenáni v každém odebraném vzorku.

Variabilita v zaznamenaných druzích mezi odběrovými metodami nastala v každém odběrovém termínu. Největší variabilita v zaznamenaných druzích je ale v červnovém odběru, a to v poměru 11:6.

Tabulka č. 2: Zastoupení druhů zooplanktonu na lokalitě Rod a jejich porovnání mezi dvěma odběrovými metodami – vlastní odběry

		Planktonní síť	Schindler	Planktonní síť	Schindler	Planktonní síť	Schindler
		16.05.2018		12.06.2018		19.06.2018	
Cladocera	<i>Daphnia galeata</i> + <i>D. longispina</i>	x	x	x	x	x	x
	<i>Daphnia pulicaria</i>	x	x	x			
	<i>Ceriodaphnia</i> sp.	x					
	<i>Chydorus sphaericus</i>	x	x	x			
	<i>Alona</i> sp.	x					
	<i>Bosmina longirostris</i>	x	x	x	x		x
	<i>Leptodora kindtii</i>			x	x	x	x
Ostracoda		x		x			
Calanoida juvenil	<i>Eudiaptomus gracilis</i>	x	x			x	x
Calanoida adult				x			
Cyclopoida juvenil	<i>Acanthocyclops</i> sp.	x	x	x	x	x	x
	<i>Cyclops vicinus</i>	x					
Cyclopoida adult				x			
nauplia calanoida		x	x				
nauplia cyclopoida		x	x	x	x	x	x
Asplanchnidae		x					
Rotifera		x	x	x	x	x	x

V tabulce č. 3 je uvedeno druhové zastoupení ve vzorcích z ostatních odběrů, které byly v rámci této práce také použity. Zaznamenáno bylo 13 druhů ze všech odebraných vzorků. Nejmenší počet druhů byl zaznamenán ve dvou odběrových termínech na lokalitě Rod, kde ve vzorku převládala dravá perloočka *Leptodora kindtii*.

Tabulka č. 3: Zastoupení druhů zooplanktonu na lokalitě Rod, Horní Padrťský – doplňkové odběry

		25.04.2018	18.07.2018	17.05.2018	19.07.2018	20.08.2018		
		Planktonní síť						
		Rod	Dehtář		Horní Padrťský			
Cladocera	<i>Daphnia galeata + D. longispina</i>	x		x	x			
	<i>D. pulicaria</i>							
	<i>Daphna cucullata</i>					x	x	x
					x			
	<i>Chidorus sphaericus</i>			x	x			x
	<i>Chidorus sp.</i>					x	x	
	<i>Moina sp.</i>				x			
	<i>Bosmina longirostris</i>			x	x			
	<i>Bosmina coregoni</i>				x	x	x	x
	<i>Leptodora kidtii</i>	x	x			x	x	x
Calanoida juvenil	<i>Eudiaptomus gracilis</i>	x						
Calanoida adult								
Cyclopoida juvenil	<i>Acanthocyclops sp.</i>	x	x		x	x	x	x
	<i>Thermocyclops crassus</i>					x		
Cyclopoida adult								
nauplia calanoida			x	x	x			
nauplia cyclopoida		x				x	x	x
Rotifera ostatní	<i>Rotifera</i>	x		x	x	x	x	x

4.2 Procentuální zastoupení

Skladba zooplanktonu vyjádřená jako procentní zastoupení hodnocených taxonomických skupin je podobná. Skoro v každém vzorku vždy dominují klanonožci (Copepoda), kteří jsou ve vzorku přítomni z 60–70 %. Následují perloočky (Cladocera), které jsou zastoupeny z 30–40 %. Vířníci (Rotifera) jsou ve vzorcích přítomni vždy přibližně z 10 %. U všech vzorků je toto procentické složení zooplanktonu velice podobné. Rozdíl nastal pouze u dvou vzorků, kde dominují perloočky z více jak 90 %.

V tabulce č. 4 je uvedeno procentuální vyjádření taxonů ve vzorcích z odběrů, které byly provedeny na lokalitě Rod v sezóně 2008. Ve vzorcích ze všech odběrových termínů jsou dominantní klanonožci (Copepoda), kteří jsou přítomni ve vzorku z 60–70 %, následují perloočky (Cladocera), které jsou přítomny ze 30 % a v jednom případě ze 14 %.

Tabulka č. 4: Procentuální vyjádření hlavních taxonů na lokalitě Rod.

%	Rod		
	Planktonní síť		
	29.04.2008	20.05.2008	17.06.2008
Cladocera	30	32	14
Copepoda	63	66	78
Rotatoria	7	2	9

V tabulce č. 5 je uvedeno procentuální vyjádření z porovnávacího pokusu dvou odběrových metod aplikovaných na rybníku Rod v roce 2018. Při porovnání procentuálního vyjádření zastoupení zjištěných taxonů mezi dvěma odběrovými metodami, jsou vidět značné rozdíly v procentuálním zastoupení zjištěných taxonů, ale ve všech případech u obou odběrových metod ve vzorku nedominovali vířníci.

Perloočky (Cladocera) byly přítomny ve všech vzorcích a v jarním odběrovém termínu dominovaly. V letním období se situace otočila a ve vzorcích začínají dominovat klanonožci (Cyclopoida).

Tabulka č. 5: Procentuální zastoupení taxonů na lokalitě Rod a jejich porovnání mezi dvěma odběrovými metodami – vlastní odběry

%	Planktonní síť	Schindler	Planktonní síť	Schindler	Planktonní síť	Schindler
	16.05.2018		12.06.2018		19.06.2018	
	Cladocera	51	65	12	8	45
Copepoda	45	29	86	88	50	73
Rotatoria	7	12	2	5	5	5

V tabulce č. 6 jsou uvedena procentuální vyjádření ve vzorcích z ostatních odběrů, která byla v rámci této práce použita. Procentuální taxonomické zastoupení je téměř totožné s ostatními odebranými vzorky. V této skupině se od všech ostatních odebraných vzorků dva odlišují. Jsou to dva vzorky odebrané v jarní části sezóny na lokalitě Rod a Dehtář. V těchto dvou vzorcích dominuje dafniový zooplankton a to z více jak 90 %.

Tabulka č. 6: Zastoupení druhů zooplanktonu na lokalitě Rod, Horní Padrt'ský – doplňkové odběry

%	25.04.2018	18.07.2018	17.05.2018	19.07.2018	20.08.2018		
	Planktonní síť						
	Rod	Dehtář	Horní Padrt'ský				
Cladocera	93	24	98	22	37	35	23
Copepoda	0	76	1	34	41	48	59
Rotatoria	7	0	1	44	22	17	19

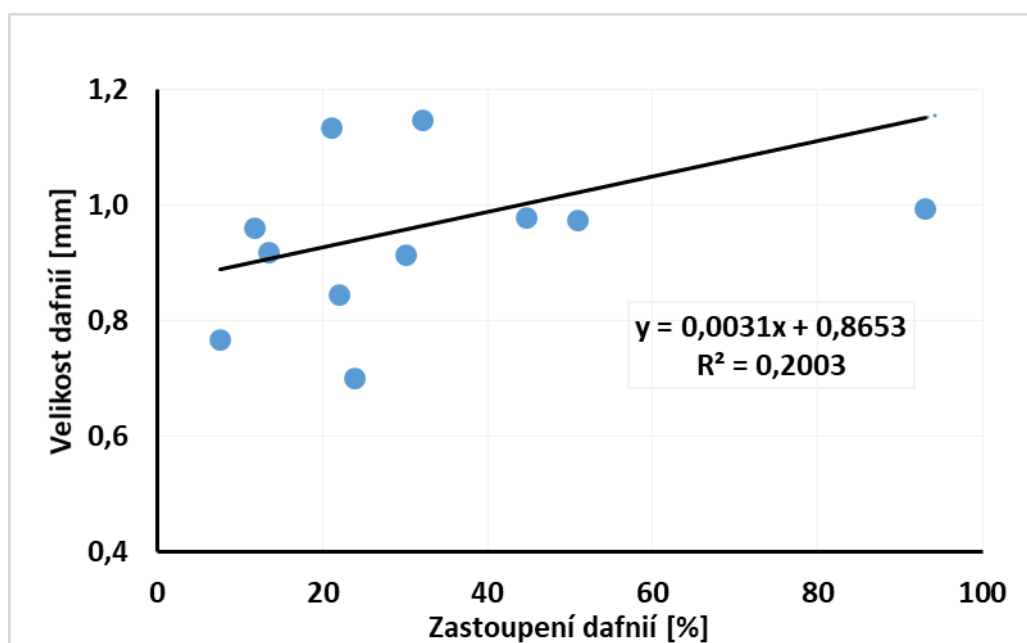
4.3 Abundance

V příloze č. 1 je uvedena tabulka a zde je zaznamenána abundance zooplanktonu. Při porovnávání zjištěných počtů s procentuálním vyjádřením zooplanktonu (tab. 4 – tab. 6) je patrné, že při tomto porovnání se nám objevují větší rozdíly než v procentuálním vyjádření. Příloha č. 1 je na straně 51.

4.4 Velikostní zastoupení

V grafu č. 1 je uvedeno velikostní zastoupení rodu *Daphnia*. Je porovnáváno velikostní složení s jejich procentuálním zastoupením ve vzorku. Z grafu je patrné, že nejčastěji se v odebraných vzorcích vyskytovaly perloočky rodu *Daphnia* od velikosti 0,8 do 1 mm. Tato velikost perlooček rodu *Daphnia* se nejčastěji vyskytovala ve vzorku, ve kterém byly dafnie zastoupeny 30–40 %. Velikost R čísla ale dosahuje pouze 0,20, což znamená pouze 20% spolehlivost v tomto porovnání.

Graf č. 1: Porovnání procentuálního zastoupení a průměrné velikosti perlooček rodu *Daphnia*.



V tabulce č. 7 jsou uvedeny získané výsledky z prvního srovnávacího pokusu. Jedná se o data ze dvou odběrových metod a to planktonní sítí a odběrákem typu Schindler.

Je patrné, že rozdíly jsou v rozsahu až 100 % u celkového počtu jedinců zooplanktonu. Rozdíly v počtu perlooček rodu *Daphnia* nelze však hodnotit pro jejich minimální výskyt. Menší rozdíl je patrný při srovnání průměrné velikosti dafnií. Hodnoty DI se liší v případě vzorku z 12. 6. 2krát a ze dne 19. 6. jen o 10 %, ale v rámci rozsahu, který DI může nabývat (0-70), tak tyto hodnoty ukazují na zooplankton s minimálním zastoupením perlooček rodu *Daphnia*.

Tabulka č. 7: Výsledky z prvního srovnávacího pokusu mezi odběrovými metodami (odběrák typu Schindler x planktonní síť)

	12.6.2018		19.6.2018	
	Schindler	Planktonní síť	Schindler	Planktonní síť
ZOO [ind/L ⁻¹]	63	112	35	24
<i>Daphnia</i> [ind/L ⁻¹]	2	6	3	1
<i>Daphnia</i> [%]	3,17	5,40	8,50	4,20
velikost [mm]	0,77	0,96	0,97	1,14
DI	0,38	0,69	0,89	0,78
DW [mg/L ⁻¹]	0,13	0,22	0,61	0,27

5 Srovnání výsledků

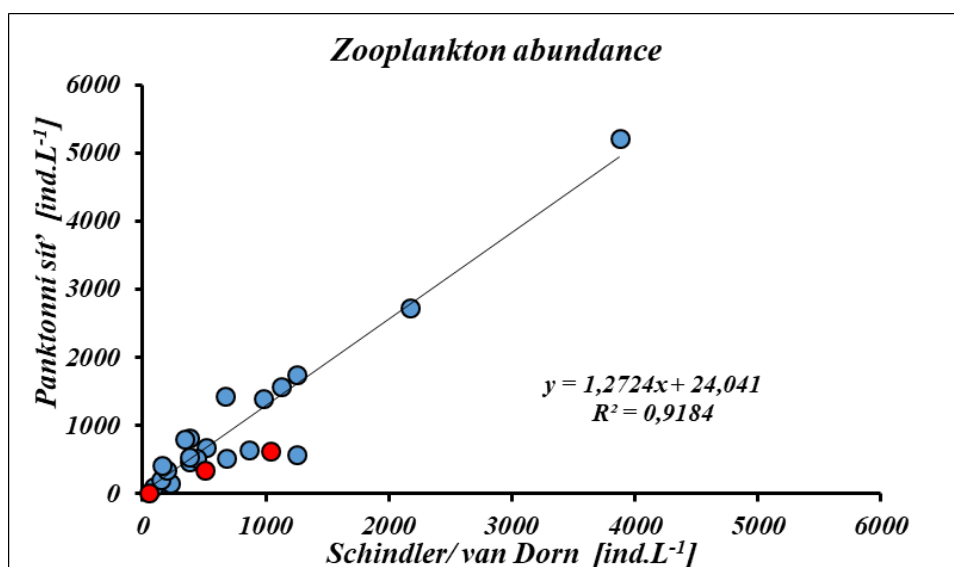
Srovnání výsledků všech odběrů provedených kvantitativním planktonním sběračem typu Schindler a planktonní sítí je ukázáno na grafech č. 2 – č. 5.

5.1 Celková abundance

Graf č. 2 porovnává celkovou abundance (početnost) zooplanktonu v odebraných vzorcích a porovnává získané výsledky ze dvou odběrových metod.

Regresní rovnice grafu je $y = 1,2724x + 24,041$. Koeficient R^2 v tomto případě dosáhl hodnoty 0,92, což znamená, že 92% jistotou jsou výsledky srovnatelné. Výsledky získané ze vzorků odebraných planktonní sítí jsou mírně vyšší asi o 30 % (sklon přímky lineární regrese je 1,278). Vyšší variabilitu vykazují vzorky s menším počtem jedinců, zatímco dva vzorky, kde celkové počty dosáhly více než 2000 ind/L, dobře odpovídají regresní linii. V grafu jsou i výsledky tří vzorků odebraných 30l sondou se více méně v tomto porovnání výsledku nevymykají od sledovaných metod (v grafu body červené barvy).

Graf č. 2: Porovnání abundance zooplanktonu mezi odběrákem typu Schindler/van Dorn a planktonní sítí



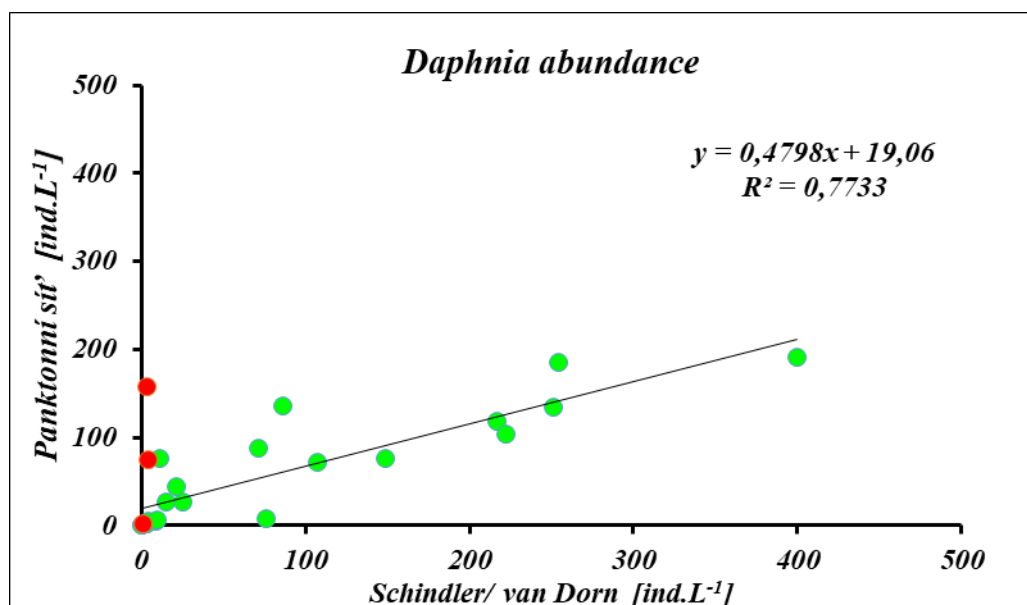
5.2 Daphnia abundance

Graf č. 3 porovnává celkovou abundanci (početnost) perlooček rodu *Daphnia* v odebraných vzorcích a porovnává získané výsledky ze dvou odběrových metod.

Výsledky v počtu všech spočtených perlooček rodu *Daphnia* si už tak dobře neodpovídají, jako tomu bylo v případě počtu všech spočtených jedinců v předchozím grafu. Rovnice z tohoto grafu je $y = 0,4798x + 19,06$ a determinační koeficient má hodnotu 0,78, což znamená, že v tomto případě odběry pomocí odběráku typu Schindler vysvětlují 78 % variability planktonní sítě. A dle rovnice je sklon lineární přímky 0,48. S každým nárůstem hodnot o jednotku u odběrové metody pomocí odběráku typu Schindler se zvětší hodnoty z planktonní sítě jen o 0,48. Odběrákem typu Schindler bylo zachyceno větší množství perlooček rodu *Daphnia* oproti odběrům planktonní sítí.

Data získaná z odběru pomocí 30l sondy se od této linie extrémně oddalují (v grafu body červené barvy).

Graf č. 3: Porovnání abundance perlooček rodu *Daphnia* mezi odběrákem typu Schindler/van Dorn a planktonní sítí.



5.3 Porovnání vypočítaných charakteristik

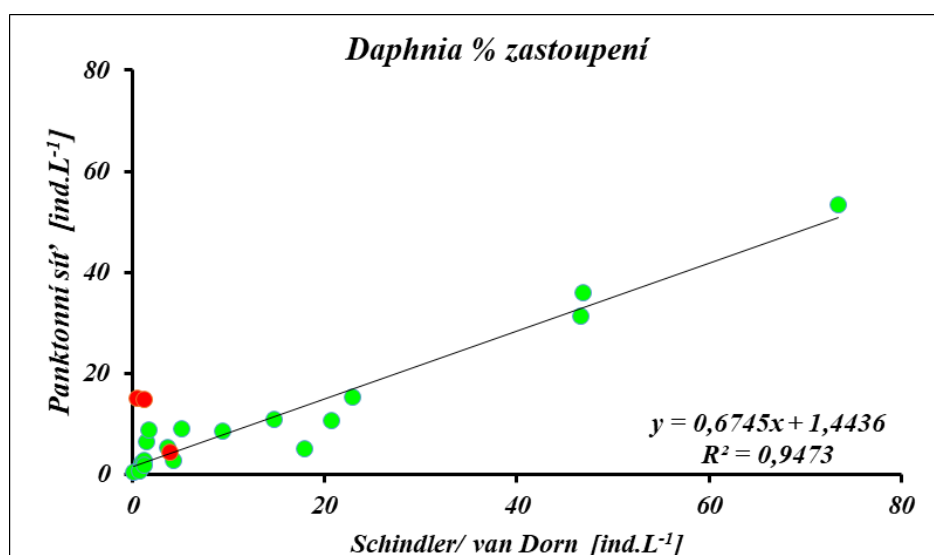
5.3.1 Procentuální zastoupení perlooček rodu *Daphnia*

Graf č. 4 porovnává procentuální zastoupení perlooček rodu *Daphnia* v odebraných vzorcích a porovnává získané výsledky ze dvou odběrových metod.

Výsledná rovnice regrese u tohoto grafu je $y = 0,6745x + 1,4436$ a determinační koeficient R^2 dosahuje hodnoty 0,95. V tomto případě výsledky z odběrů pomocí metody Schindler těsně korelují (95 %) s výsledky z planktonní sítě. Sklon přímky lineární regrese je 0,67. Odběrákem typu Schindler bylo zachyceno o 33 % více perlooček rodu *Daphnia* oproti odběrům provedeným planktonní sítí.

V tomto srovnání jsou také zařazeny do grafického znázornění výsledky získané pomocí 30l odběrové sondy, ovšem ani zde nepanuje v porovnání s ostatními metodami shoda (v grafu body červené barvy).

Graf č. 4: Porovnání procentuálního zastoupení perlooček rodu *Daphnia* mezi odběrákem typu Schindler/van Dorn a planktonní sítí.



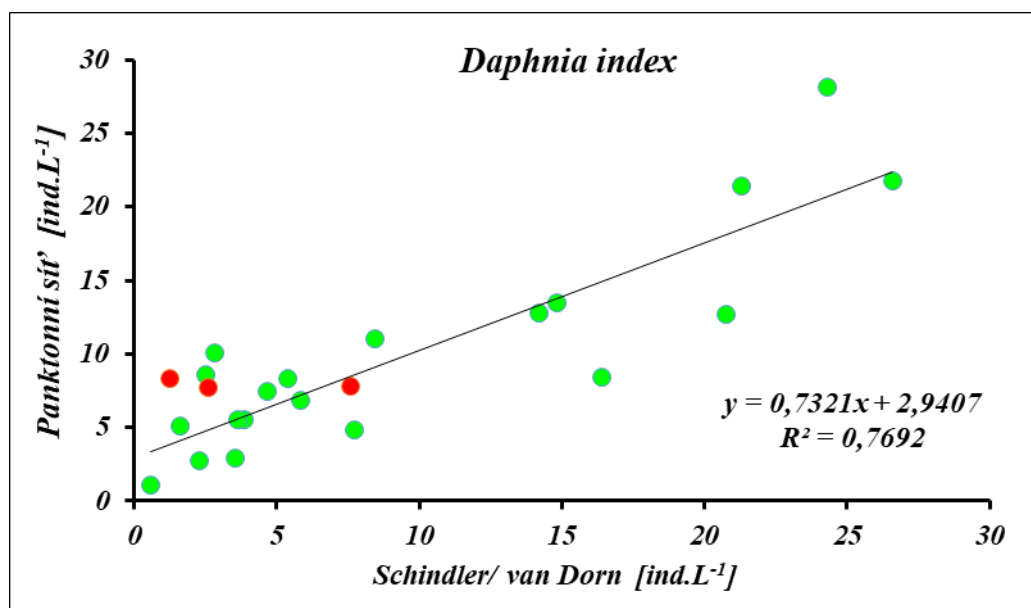
5.4 Daphnia index

Graf č. 5 - Daphnia index ve svém srovnání pracuje se dvěma informacemi a to s procentuálním zastoupením perlooček rodu *Daphnia* a jejich velikost. V grafu jsou porovnané získané výsledky ze dvou odběrových metod.

Rovnice tohoto grafu je $y = 0,7321x + 2,9407$ a determinační koeficient má hodnotu 0,77. V tomto případě má sklon lineární regrese hodnotu 0,7 a koeficient R^2 je 0,77. Tímto způsobem porovnané zpracované výsledky z obou odběrových metod korelují ze 77 %. Sklon lineární přímky je 0,73, což znamená, že planktonní síť zaznamenala o 30% nižší výsledek než z odběrové metody, která používá odběrák typu Schindler.

Výsledky získané opět pomocí 30l sondy (v grafu body červené barvy), které jsou zařazené také do tohoto porovnání, se v tomto ohledu neodlišují od výsledků získaných z předchozích porovnávaných metod a zapadají do porovnávaného souboru dat.

Graf č. 5: Porovnání Daphnia indexu mezi odběrákem typu Schindler/van Dorn a planktonní sítí.



6 Diskuze

Dle dostupné literatury již známe, jak přibližně probíhal vývoj rybníků, vývoj rybářského hospodaření a toho, jak se vyvíjela společenstva zooplanktonu. Dnes je nám již velice dobře známé, že struktura a složení zooplanktonu je ovlivňována hustotou a složením rybí obsádky. Víme také, že zooplankton svým složením a strukturou dokáže ovlivňovat kvalitu vody v dané nádrži (Baxa, 2018; Kořínek et. al., 1987).

Tyto poznatky vyplynuly ze sledování zooplanktonu, které byly postupně získávány od konce 19. století. Za celé období, co probíhá sledování zooplanktonu, bylo vyvinuto několik odběrových metod. Ze získaných výsledků pak můžeme vyhodnotit druhové složení zooplanktonu a tak lze charakterizovat stav sledované lokality. Pro hodnocení zooplanktonu, jsou odběrové metody velice klíčové a volba správné metody pro získání reprezentativního vzorku je velice zásadní. Všechny metody jsou zpravidla pracné a odběr vzorku vyžaduje praxi a určité zkušenosti. Postup a preciznost u těchto metod popisuje tým autorů ve vydaných skriptech už v roce 1972 (Hrbáček et. al., 1972). Pro účely této práce sloužila také metodická příručka pro odběr zooplanktonu (Příkryl, 2006), která velice přesně vystihuje popis použitých metod odběru zooplanktonu, ale tyto metody jsou velmi pracné.

Cílem této práce bylo porovnání nejvíce využívaných metod vzorkování zooplanktonu a srovnání získaných výsledků z několika úhlů pohledu. Snahou je najít případné rozdíly mezi vzorkovanými metodami a popřípadě přinést zjednodušení těchto metod. Studií, které srovnávají různé metody a hledají mezi nimi určité závislosti, bylo doposud vypracováno velice malé množství nebo doposud ještě nebyly publikovány.

Z provedených studií (Potužák, 2009) víme o struktuře zooplanktonu, že před nástupem intenzifikace rybářského hospodaření v zooplanktonu dominovaly perloočky rodu *Daphnia* a tato situace byla zcela běžná. Po zintenzivnění rybářského chovu se situace změnila a dafniový zooplankton v průběhu sezóny vždy vymizel. V průběhu let, jak začal stoupat zájem o vědecké obory v rybářském hospodaření, začaly sílit i hlasy, které požadovaly změnu rybářského hospodaření tak, aby se více hospodařilo s ohledem na přirozenou rybí produkci a chov ryb byl ekonomičtější, ekologičtější a přívětivější k okolní krajině a ostatním organismům. Navrhovaná opatření, která byla ve spolupráci mezi hydrobiology a rybáři na mnoha lokalitách aplikována, se v posledních letech začínají kladně projevovat na změně struktury zooplanktonu. Dle provedených průzkumů v rámci pilotního projektu pro rybářství Třeboň (Baxa, 2013) se situace s výskytem perlooček rodu *Daphnia* zlepšuje. Ve struktuře zooplanktonu se zvyšuje výskyt dafnií a reflektuje s tím, jak se na dané lokalitě hospodaří.

V této srovnávací studii byly vzorky odebírány v typických situacích sezónního vývoje zooplanktonu. Ve dvou jarních vzorcích ze dvou lokalit dominovaly ve vzorku z více jak 90 % perloočky rodu *Daphnia*. V letním období naopak byla zaznamenána situace, kdy perloočky rodu *Daphnia* ve vzorku úplně chyběly. Při srovnání zaznamenaných situací, například s vědeckou prací, kterou provedl Baxa (2018), jenž se zabýval vývojem zooplanktonu na určitých typech nádrže, můžeme konstatovat, že všechny situace, které jsme zaznamenali v rámci našeho sledování, jsou zcela běžné a neodchylují se od normálu.

U vlastních výsledků v prvním případě můžeme stav, kdy ve vzorku dominovaly perloočky rodu *Daphnia*, přisuzovat menší aktivitě ryb. V jarním období není ještě velká rybí aktivita, populace a rozvoj dafnií není omezován predací ryb.

Druhá situace, kdy naopak ve vzorku perloočky rodu *Daphnia* zcela chybí, může být zapříčiněna dvěma stavy. V jednom případě byla zaznamenána ve vzorku dominance dravé perloočky *Leptodora kindtii*, která potlačila přítomnost ostatních druhů a v druhém případě tento stav můžeme připisovat tomu, že na sledované nádrži je vysoká rybí obsádka planktonofágních ryb, které populaci perlooček rodu *Daphnia* svým predačním tlakem zcela potlačí.

Z kvalitativního hodnocení se použité metody od sebe příliš neliší a dokáží poměrně přesně zaznamenat stejný počet druhů. V některých situacích odběry pomocí planktonní sítě vykazují ale vyšší variabilitu. Ze všech vzorků bylo zaznamenáno celkem 15 druhů pelagiálního zooplanktonu, z toho 10 druhů tvořily perloočky (Cladocera), zbývajících 5 druhů tvořili klanonožci (Copepoda), u vírníků byla zaznamenána pouze přítomnost.

Zooplankton není v nádrži rozmístěn rovnoměrně, může změna odběrového místa být jen o několik metrů zapříčinit, že se vzorky odebrané ve stejný den a na stejné lokalitě nebudou ve složení zooplanktonu shodovat. Snažili jsme se být při odběrech co nejvíce přesní, abychom tyto rozdíly eliminovali. Rozdíly v dynamice zooplanktonu jsme potlačili stejným odběrovým termínem i časem. V rámci tohoto srovnávacího pokusu je pouze cílem porovnat výsledky z různých odběrových metod. Není tedy primárním cílem sledovanou lokalitu co nejdetailněji prozkoumat a získat tak co nejpřesnější přehled o stavu zooplanktonu. Jde pouze o to získat podklady k porovnání odběrových metod. Výběr sledovaných lokalit byl zvolen z důvodu probíhajících nebo již proběhlých kampaní na těchto lokalitách. Z námi vybraných lokalit je možné získat další doplňující data, která nám pomohla rozšířit datový soubor.

K porovnání výsledků byla použita metoda lineární regrese. Při porovnávání abundance zooplanktonu (Graf č. 2) získané pomocí planktonní sítě a odběrovým sběračem typu Schindler přímka lineární regrese celkem věrohodně vystihuje očekávané výsledky, a to až z 92% spolehlivostí. Determinační koeficient $R^2 = 0,92$ (Graf č. 2). Metoda zooplankton abundance i daphnia abundance vykazují přibližně stejné výsledky. V tomto sledování se větší abundance zaznamenávala pomocí planktonní sítě. Sklon lineární přímky je 1,27, což značí, že pomocí planktonní sítě byla zaznamenána abundance o 30 % vyšší oproti metodě pomocí odběráku typu Schindler.

Pokud do tohoto porovnání vložíme ještě získané výsledky pomocí odběrové metody van Dorn, vidíme, že lehce kopírují povahu přímky s rostoucí tendencí. U metody van Dorn nebylo přesně shodné odběrové místo a do statistického srovnání je použito z této metody i málo hodnot. V tomto případě můžeme konstatovat, že při sledování zooplankton abundance nepanují mezi metodami velké rozdíly. Musíme ale přihlížet k tomu, že mírná shoda mezi sledovanými metodami a metodou van Dorn může být ovlivněná jiným odběrovým místem.

Pokud se ale ve statistickém srovnání zaměříme detailněji na určité druhy, v tomto případě na počet zaznamenaných perlooček rodu *Daphnia* (graf č. 3), nastává ve statistickém porovnání sledovaných metod zhoršení spolehlivosti získaných výsledků. Determinační koeficient R^2 zde dosahuje hodnot 0,77. Což znamená 77% spolehlivost a sklon lineární přímky 0,48. Vidíme také, že vložená přímka není pod úhlem 45 % a více se přibližuje k ose x. Je tedy patrné, že při použití planktonní sítě je zaznamenáno jen 48 % perlooček rodu *Daphnia* ve srovnání s použitím odběráku typu Schindler. V tomto případě došlo při použití planktonní sítě k podhodnocení výsledků oproti druhé metodě. Tento rozdíl může být způsoben rozdílnou konstrukcí

těchto odběráků, kdy u planktonní sítě může docházet k ucpání sítě a následnému hnutí vody pryč před sítí. Pokud tento stav nastane a část vody bude před sítí hrnuta pryč, může se stát, že větší druhy zooplanktonu, jako jsou perloočky rodu *Daphnia*, mohou být tímto proudem vytlačeny mimo síť a nedojde k jejich zachycení. K tomuto stavu může přispívat ještě fakt, že tyto druhy jsou schopny aktivnějšího pohybu a mohou s proudem vody lépe uniknout. U odběráku typu Schindler nedochází k hnutí vody. Voda je filtrována až po naplnění odběrové nádoby.

Výsledky získané pomocí odběrové metody van Dorn se v tomto porovnání zcela odchyľují od obou metod. Což může být způsobeno opět jiným odběrovým místem nebo dobou.

V grafu č. 4 je porovnáváno procentuální zastoupení perlooček rodu *Daphnia*. I zde je velice patrné, že přesnějších hodnot, které by mohly více odrážet stav sledované nádrže, je dosaženo při použití odběráku typu Schindler. Determinační koeficient zde dosahuje 0,95, což nám opět vyjadřuje 95% pravděpodobnost (vysoká míra korelace) a sklon lineární přímky je v tomto případě 0,67, což znamená, že ve vzorku získaném planktonní sítí je pouze 67 % perlooček rodu *Daphnia* v porovnání s odběrákem typu Schindler. Pokud tedy budeme zaznamenané perloočky rodu *Daphnia* přepočítávat na procentuální zastoupení, přesnějších hodnot opět získáme pomocí odběráku typu Schindler. Tento stav můžeme opět přisuzovat tomu, že pomocí odběráku Schindler se povede zaznamenat větší počet perlooček rodu *Daphnia* různých velikostí. Data získané pomocí metody van Dorn, až na jeden ze tří výsledků, se opět od výsledků z našeho pokusu velice odlišují.

V posledním grafu č. 5 se porovnávaly hodnoty Daphnia indexu. Daphnia index počítá s dvěma informacemi, a to velikostí perlooček rodu *Daphnia* a jejich

procentuálním zastoupení ve vzorku. Ve výsledkové části u grafu č. 1 jsme mohli vidět, že procentuální zastoupení nekoreluje s velikostním zastoupením a zjednodušení tohoto výpočtu v tomto případě není možné. Je tedy nutné při výpočtu Daphnia indexu vždy determinovat vzorek a zjistit procentuální zastoupení a provést změření velikosti perlooček rodu *Daphnia*. Pokud jsou tyto kroky provedeny a porovnáme tyto hodnoty získané pomocí těchto dvou metod v grafickém vyjádření, můžeme konstatovat, že v tomto případě koeficient R^2 dosahuje hodnoty 0,77, což znamená, že ze 77% výsledky vzájemně korelují, na sobě závisí. Metodou Schindler bylo dosaženo přibližně o 30 % vyšší výsledky. I zde v tomto případě jsou vyšší výsledky zaznamenány pomocí odběráku typu Schindler. Opět můžeme tento výsledek přisuzovat tomu, že větší druhy jsou schopny aktivnějšího pohybu a dokáží před planktonní sítí uniknout nebo jsou proudem vody vytlačeny mimo síť.

Data z odběrů pomocí odběráku van Dorn byla převzata, odběry prováděl Dr. Šorf (HbÚ AVČR) Odběrové termíny se však lišily o jeden den a neshodovalo se odběrové místo. Takto získaná data v tomto případě více korelují s výsledky z tohoto porovnání, více se přibližují k výsledkům získaným pomocí planktonní sítě, ale jsou od výsledků z obou hlavních metod ještě stále dost vzdálená.

7 Závěry

1. Cílem práce bylo porovnání různých odběrových metod zooplanktonu z různých statistických pohledů na vybrané lokalitě.
2. Porovnávaly se čtyři odběrové metody. Primárně se sledovaly dvě metody, a to odběry prováděné pomocí planktonní sítě a odběráku typu Schindler. Další dvě metody byly pouze doplňkové. U třetí byl prováděn vlastní odběr pomocí odběrové sondy a poslední metoda byla odběrová metoda pomocí odběráku typu van Dorn, u této metody byla poskytnuta pouze data.
3. Odběry byly prováděny na lokalitě Rod a Klec. Tyto lokality mají střední intenzitu rybářského hospodaření, čemuž odpovídalo i druhové složení, které mělo druhově bohatší složení korýšů. Toto zjištění potvrzuje hypotézu, že s vyšší intenzitou rybářského hospodaření klesá druhová pestrost spektra korýšů, která byla popsána v pracích jiných autorů. Výzkum druhového složení ale nebyl primárním cílem této práce.
4. Při použití odběrové metody pomocí odběrové sondy nebylo v našem případě odběrem zachyceno vůbec žádné nebo pouze minimální množství potřebného materiálu a nebylo možné provést determinaci vzorku.
5. Výsledky z odběrové metody pomocí odběráku typu van Dorn se ve většině případů velice odchylovaly od výsledků získaných pomocí hlavních metod. K tomu mohlo docházet, protože pro statistické srovnání bylo z této metody velice málo dat v souboru a odběry nebyly prováděny ve stejném čase a stejném místě dané lokality.

6. Druhová analýza vzorků z obou metod (planktonní síť a Schindler) nepřinesla velké rozdíly. Obě metody dokázaly zachytit přibližně stejný počet druhů v odebraných vzorcích.

7. Při kvalitativní analýze mezi hlavními metodami nevzniká velký rozdíl a výsledky jsou si podobné. Při porovnání zooplankton abundance, byl zaznamenán větší počet jedinců ve vzorcích odebraných planktonní sítí. Obrat nastal v případě sledování počtu perlooček rodu *Daphnia*, kdy vzorky z planktonní sítě byly až o polovinu podhodnocené, a to se 77% pravděpodobností oproti odběráku typu Schindler.

8. Při kvantitativním srovnání došlo v obou porovnávaných situacích k přesnějším výsledkům získaných ze vzorku odebraných pomocí odběráku typu Schindler. U procentuálního zastoupení perlooček rodu *Daphnia* měla planktonní síť o 32 % rozdílné výsledky, s 95% procentní pravděpodobností oproti výsledkům získaných pomocí odběráku typu Schindler. U *Daphnia* indexu výsledky částečně kompenzují zejména rozdíly v počtu jedinců rodu *Daphnia*.

9. Mezi odběrovými metodami byly zjištěny určité rozdíly při statistickém porovnání určitých sledovaných parametrů. Lze předpokládat, že aktuální situaci na dané lokalitě dokáže lépe zachytit odběrová metoda pomocí odběráku typu Schindler a odběrová metoda pomocí planktonní sítě podhodnocuje celkové počty perlooček rodu *Daphnia*.

8 Přehled použité literatury a zdrojů

ADÁMEK, Z., MARŠÁLEK, B., HELEŠIC, J. a RULÍK, M., (2010): *Aplikovaná hydrobiologie*. Vodňany: JU, České Budějovice, Fakulta rybářství a ochrany vod.

BAXA, M., BENEDOVÁ, I., CHMELOVÁ, M., MUSIL, M., PECHAR, L., a J. POKORNÝ, J., (2013): *Technická zpráva pilotního projektu Komplexní systém kontroly kvality rybníčních nádrží -klíčový nástroj pro efektivní produkci ryb*. Praha: Rybářství Třeboň, a.s.

BEKLİOĞLU, M., & MOSS, B., (1999): *Diurnal Variation of Water Chemistry and Zooplankton in Little Mere*, Cheshire, UK, in 1993 and 1994. *Turkish Journal of Zoology*, 23(4), 337-348.

CARPENTER, S. R., & KITCHELL, J. F. (Eds.). (1996): *The trophic cascade in lakes*. Cambridge University Press.

ČÍŽKOVÁ, H. L. VLASÁKOVÁ et J. KVĚT, (eds.). *Mokřady: ekologie, ochrana, udržitelné využívání*. Episteme Episteme: edice Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, Natura. České Budějovice, 2017.

FAINA, R., (1983): *Využívání přirozené potravy kaprem v rybnících*. Edice Metodik VÚRH Vodňany. VÚRH Vodňany.

FOTT, J., L. PECHAR et M. PRAŽÁKOVÁ, (1980): *Fish as factor controlling water quality in ponds*. In: J. BARICA a L. R. MUR, (eds.) *Hypertrophic Ecosystems: S. I. L. Workshop on Hypertrophic Ecosystems held at Växjö, September 10–14, 1979*. Springer Science & Business Media, s. 255–261.

FRIČ, A., (1872): *Über die Fauna der Böhmerwaldseen*. Praha: Sitzungsbericht der Königlich-böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften.

HARTMAN, P., PŘIKRYL, I., ŠTĚDRONSKÝ, E. (2005): *Hydrobiologie*, Informatorium Praha.

HELLICH, B., (1878): *Perloočky země České.*: Arch. pro přírodov. výzk. Čech.

HRBÁČEK a kol. (1972): *Limnologické metody*, SPN Praha.

HRBÁČEK, J. (1962): *Species composition and the amount of the zooplankton in relation to the fishstock*. Rozpravy ČSAV, 72 (10): 1-116.

HRBÁČEK, J., (1964): *Contribution to the ecology of water-bloom forming blue-green algae - Aphanizomenon flos-aquae and Microcystis aeruginosa*. Verh. Internat. Verein. Limnol. (15), 837–846.

HRBÁČEK, J., LELLÁK, J., STRAŠKRABA, M., PROCHÁZKOVÁ, L., KOMÁREK, J., DVOŘÁKOVÁ, M., & PROKEŠOVÁ, V., (1962): *Hydrobiologické metody*. Praha. (Rotaprinted lectures).

KAFKA, J., (1891): *Zvířena českých rybníků*. B.m.: Arch. pro přírodov. výzk. Čech.

KOŘÍNEK, V. (2005): *Dichotomický klíč perlooček (Cladocera) České republiky*. (nepublikovaný). 2005.

KOSÍK, M. *Biodiverzita perlooček a klanonožců v oblasti Nadějské rybníční soustavy*. České Budějovice, 2009. Diplomová práce. JU. Zemědělská fakulta.

LELLÁK, J., & KUBÍČEK, (1992): *F. Hydrobiologie*. Praha: Univerzita Karlova.

Nadějská soustava. *Nature: Evropsky významné lokality v České republice* [online. [cit. 2020-07-31]. Dostupné z: http://www.nature.cz/natura2000-design3/web_lokality.php?cast=1805&akce=karta&id=1000146137

NOVÁČEK, L., (1941): *Fytoplankton a zooplankton rybníka Hladu u Studence*. Práce Moravské přírodovědné společnosti Brno 13 (1): 1-30.

PECHAR, L., (2015): *Století eutrofizace rybníků - synergický efekt zvyšování zátěže živinami (fosforem a dusíkem) a nárůstu rybích obsádek. A hundred years of fishpond eutrophication - combined effect of nutrient enhancement and increasing of fish stock*. Praha. Vodní hospodářství. 65 (7), 1–6.

PECHAR L. a BAXA M., *Vztah rybářského hospodaření a fungování rybníční biocenózy*. Fórum ochrany přírody [online]. 2016, 6. (3), 15-18 [cit. 2020-07-31]. Dostupné z: <http://www.casopis.forumochranyprirody.cz/magazin/analyzy-komentare/vztah-rybarskeho-hospodareni-a-fungovani-rybnicni-biocenozy>.

PECHAR, L., PŘIKRYL, I., FAINA, R., (2002): *Hydrobiological evaluation of Třeboň fishponds*. In: KVĚT, J., JENÍK, J., SOUKUPOVÁ, L.: *Freshwater wetlands and their sustainable future*. Paris, 31-61.

PŘIKRYL, I., (1996): *Vývoj hospodaření na českých rybnících a jeho odraz ve struktuře zooplanktonu jako možného kritéria biologické hodnoty rybníků*. In: FLAJŠHANS, M. (ed.): *Sbor. věd. prací k 75. výr. založení VÚRH JU Vodňany*, 151–164.

Matematická biologie. *Matematická biologie* [online].[cit. 2020-07-31]. Dostupné z: <https://www.matematickabiologie.cz/>

Přikryl, I. (2006): *Metodika odběru a zpracování vzorků zooplanktonu stojatých vod*, VÚV TGM, 1-14.

PŘIKRYL, I., BLÁHA, M., (2007): *Klíč středoevropských Cyclopidae a Diaptomidae (bez druhů podzemních vod)*. manuscript.

Sborník vědeckých prací k 75. výročí založení VÚRH. 151-164.\9.

ŠRÁMEK-HUŠEK, R., (1953): *Naši Klanonožci*. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd.

ŠRÁMEK-HUŠEK, R., STRAŠKRABA, M. et BRTEK, J., (1962): *Lupenonožci – Branchiopoda*. Fauna ČSSR. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd.

VRBA, J. a RULÍK, M. *Stručná historie limnologie v Česku*. Limnologické noviny [online]. 2017, **13**. (speciální číslo), 4-33 [cit. 2020-07-31]. Dostupné z: <https://www.limnospol.cz/useruploads/limnonoviny-50-web.pdf>.

VRBA, J., BENEDOVÁ, Z., JEZBEROVÁ, J., MATOUŠŮ, A., MUSILA, A., NEDOMA, J., PECHAR, L., POTUŽÁK, J., ŘEHÁKOVÁ, J., ŠIMEK, K., ŠORF, M. et ZEMANOVÁ, J., (2018): *Nevstoupíš dvakrát do téhož rybníka – aneb vývoj rybníčních ekosystémů od Šusty k hypertrofii*. In: Rybníky 2018: Sborník příspěvků odborné konference konané v Praze. Praha: Česká společnost krajinných inženýrů.

WETZEL, R. G., & LIKENS, G. E., (1979): *Limnological analyses*, 357. Inc. NY.

WETZEL, R. G., (2001): *Limnology: lake and river ecosystems*, 3rd ed. Academic Press, San Diego.

8.1 Akademické práce

BAXA, M. *Vliv rybářského hospodaření na strukturu a dynamiku potravních organismů a na kvalitu vodního prostředí na vybraných rybníčních soustavách*. České

IŠTOK, Tomáš: *Druhové složení zooplanktonu vybraných rybníků v oblasti Javořické vrchoviny*. České Budějovice, 2013. Bakalářská práce. JU. Zemědělská fakulta.

MUSIL, M. *Formování planktonu a jeho produkční charakteristiky v eutrofních rybnících*. České Budějovice, 2016. Disertační práce. JU. Zemědělská fakulta.

POTUŽÁK, J., (2009): *Plankton and trophic interactions in hypertrophic fishponds*.

České Budějovice, 2009. Disertation thesis. JU. Zemědělská fakulta.

Příloha 1 – Seznam všech zaznamenaných druhů a jejich počty z celého měření

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Rod	planktonka	planktonka	planktonka	planktonka	schindler	planktonka	schindler	schindler	planktonka	planktonka	planktonka	Dehtář	Padrťský	Padrťský	Padrťský
	17.06.2008	20.05.2008	29.04.2008	25.04.2008	16.05.2018	16.05.2018	12.06.2018	12.06.2018	19.06.2018	19.06.2018	18.07.2018	17.05.2018	19.07.2018	20.08.2018	planktonka	planktonka
Daphnia	87	117	16	101	44	515	6	2	3	1		3	4			
D. galeata + longispina																
D. pulicaria				3	1	40	0									
Daphnia cucullata														84	19	13
Ceriodaphnia					1								5			
Chydoridae				8	4	22	1					16	54			7
Chydorus sphaericus																
Chydorus sp.	2													9	6	
Alona sp.					0											
Bosmina+chydorus	44		1													
Moina													4			
Bosminidae				16	48	342	4	0	0	0		552	8			
B. longirostris																
B. coregoni													3	13	37	10
Leptodora			0				3	2	13	4	7			2	2	5
Leptodora kictiitii																
Ostracoda					0		0									
Calanoida juvenil		1	0		1	42			1	0						
Calanoida adult							0									
Cyclopoida juvenil	409	23	22		31	184	49	27	15	16	11		30	63	67	55
														2		
Acanthocyclops sp.																
Thermocyclops crassus																
Cyclops vicinus					1											
Cyclops sp.							1									
Cyclopoida adult																
nauplia calanoida		346			39	51										
nauplia cyclopoida			13		16	142	47	28	2	1	11	7	89	56	22	38
Asplanchnidae		1			0											
Rotifera ostatní	85	7	4	10	13	168	3	3	2	1		7	155	65	32	29
celková sumasuma (ind/L)	973	371	57	138	195	1424	112	63	35	24	29	585	351	294	185	158

