

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie



**Sezónní vývoj zooplanktonu ve dvou nádržích
lokality Amálie**

Diplomová práce

Bc. Aneta Zbořilová

Voda v krajině

Vedoucí práce: Mgr. Michal Bílý, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Aneta Zbořilová

Voda v krajině

Název práce

Sezónní vývoj zooplanktonu ve dvou nádržích lokality Amálie

Název anglicky

Zooplankton seasonal development in two ponds of Amalie locality

Cíle práce

Popsat sezónní vývoj zooplanktonu ve dvou rybnících lokalizovaných v experimentálním území Amálie na Křivoklátsku během vegetační sezóny 2023

Metodika

- 1) jaro až podzim 2023 -2024 provedení série odběrů semikvantitativních vzorků zooplanktonu v 3 týdenním až jednoměsíčním kroku.
Vzorkován bude i) nově založený rybník a ii) nejhořejší ze série původních rybníků
- 2) kvalitativní mikroskopická analýza obrazu nativních vzorků bezprostředně po odběru.
- 3) početní analýza fixovaných vzorků-stanovení početnosti hlavních skupin zooplanktonu (perloočky, vířníci, klanonožci)
- 4) vyhodnocení sezónních změn a porovnání obou rybníků navzájem

Doporučený rozsah práce

30 stran

Klíčová slova

zooplankton, Amálie, sezonalita planktonu

Doporučené zdroje informací

HARTMAN, Pavel; PŘIKRYL, Ivo; ŠTĚDRONSKÝ, Eduard. *Hydrobiologie*. Praha: Informatorium, 2005. ISBN 80-7333-046-6.

LELLÁK, Jan; KUBÍČEK, František. *Hydrobiologie*. Praha: Univerzita Karlova, 1992. ISBN 80-7066-530-0.

Sommer, U., Gliwicz, Z. M., Lampert, W., & Duncan, A. (1986). The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters. *Archiv für Hydrobiologie*, 106(4), 433-471.



Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FŽP

Vedoucí práce

Mgr. Michal Bílý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Elektronicky schváleno dne 4. 3. 2024

prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 13. 3. 2024

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 22. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Sezónní vývoj zooplanktonu ve dvou nádržích lokality Amálie" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 28.03.2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Mgr. Michalovi Bílému, Ph.D. za cenné rady a velmi profesionální přístup v průběhu psaní celé práce, za možnost účasti na tomto zajímavém projektu. Dále bych ráda poděkovala prof. Ing. Janu Vymazalovi, CSc. za poskytnutí měřených dat na lokalitě Amálii a Vlastimilu Osobovi za technické parametry Starého rybníka. Také bych chtěla poděkovat mé rodině, která pro mě měla po čas psaní práce velké pochopení.

Sezónní vývoj zooplanktonu ve dvou nádržích lokality Amálie

Abstrakt

Tato práce se zabývala především provedením literární rešerše na sezónní vývoj planktonu a na faktory, které mají potenciál tento vývoj ovlivnit. Dále byly odebírány vzorky a následně sledován výskyt jednotlivých skupin živočichů jak v živém vzorku, tak ve vzorku zakonzervovaném pomocí formaldehydu.

Živé vzorky byly kvantifikovány bezprostředně po odběru. V rámci sledování vzorků z Nového rybníka bylo zjištěno, že největší dynamika v rámci vývoje různých druhů zooplanktonu je zde během jarního a letního období, na podzim zde pozorované skupiny ubývají. Ve Starém rybníku bylo množství pozorovaných skupin téměř totožné v rámci celého sledovaného období, měnilo se pouze složení skupin. Většina pozorovaných skupin byla až na drobné změny mezi rybníky srovnatelná.

Zakonzervované vzorky vykazovaly mezi rybníky rozdíly především ve složení jednotlivých skupin a v hustotě planktonu přepočteného na 1 litr rybníční vody. Obecně byl plankton hustší ve Starém rybníce. V Novém rybníce se po přepočítání jedinců na 1 litr rybníční vody často stávalo, že počet jedinců po zaokrouhlení se rovnal 0. Důvodem tohoto výsledku byl malý počet jedinců v daném rybníku.

Klíčová slova: Zooplankton, Amálie, Sezonalita planktonu

Zooplankton seasonal development in two ponds of Amalie locality

Abstract

This work was mainly concerned with conducting a literature search on the seasonal development of plankton and the factors that have the potential to influence this development. In addition, samples were collected and subsequently monitored for the occurrence of each group of animals in both the live and formaldehyde-preserved samples.

Live samples were quantified immediately after collection. In the course of monitoring the samples from the new pond, it was found that the greatest dynamics in the evolution of the different zooplankton species is observed during the spring and summer seasons, with a decline in the groups observed in autumn. In the old pond, the number of groups observed was almost identical throughout the monitoring period, but the composition of the groups varied. Most of the observed groups were similar between ponds, except for minor changes.

The preserved samples showed differences between ponds mainly in the composition of the groups and in the density of plankton per litre of pond water. In general, plankton was denser in the Old Pond. In the New Pond, when individuals were counted per 1 litre of pond water, it was often the case that, after rounding, there were no species at all in 1 litre of pond water, probably because there were not many of them in the pond.

Keywords: Zooplankton, Amalia, Plankton seasonality

Obsah

1	Úvod	10
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	12
3	Literární rešerše	13
3.1	O planktonu	13
3.2	Běžně se vyskytující plankton (fyto i zoo)	14
3.3	Vliv fytoplanktonu na zooplankton	15
3.4	Vývoj planktonu v průběhu roku	16
3.4.1	Jarní období.....	18
3.4.2	Letní období	18
3.4.3	Vývoj planktonu na podzim	19
3.4.4	Plankton v zimě.....	19
3.5	Vývoj zooplanktonu v nově založených nádržích	19
3.6	Vířníci (Rotifera)	20
3.7	Perloočky (Cladocera)	20
3.8	Klanonožci (Copepoda)	21
3.9	Vztah zooplanktonu a ryb	22
3.10	Souvislost mezi kvalitou vody a planktonem	22
4	Metodika	24
4.1	Popis lokality	24
4.2	Popis obou rybníků	24
4.3	Popis postupu odběru vzorků planktonu pro analýzu zooplanktonu ..	26
4.4	Laboratorní analýza živého vzorku zooplanktonu	27
4.5	Počítání zakonzervovaného vzorku zooplanktonu	27
4.6	Výpočet odebraného množství jedinců vzhledem k odebranému objemu vzorku a profiltrovanému množství vody	28
5	Výsledky	31
5.1	Zakonzervované vzorky	31
5.1.1	Nový rybník	31
5.1.2	Starý rybník.....	33
5.1.3	Porovnání obou rybníků	34
5.2	Rozbory živých vzorků	35
5.2.1	Nový rybník	35
5.2.2	Starý rybník.....	36
5.2.3	Porovnání obou rybníků	37
6	Diskuze	38
6.1	Pozorování a splnění předpokladů sezónního vývoje	38
6.1.1	Vývoj zooplanktonu Nový rybník x Starý rybník.....	38

7 Závěr	40
8 Literatura	41
9 Seznam grafů a tabulek.....	I
9.1 Seznam grafů	I
9.2 Seznam tabulek.....	I

1 Úvod

Vodami a ději v nich se zabývá komplexní vědní obor zvaný hydrobiologie. Voda pokrývá přes 70 % zemského povrchu, je domovem mnoha živočichů, a tudíž je pro nás poznání fungování různých společenstev v ní se vyskytujících klíčové. Děje a druhy vyskytující se ve vodním prostředí ovlivňuje hned několik faktorů jako je průnik světla do vody, teplota vody, pohyb vody, vliv větru, obsah plynů ve vodě včetně rozpuštěného kyslíku, pH i množství anorganických a organických látek ve vodách rozpuštěných (Hartman et al. 2005). Právě množství různých rozpuštěných látek v současné době ohrožuje sladkovodní ekosystémy tekoucích i stojatých vod a činí je tak nejohroženějšími ekosystémy na světě (Dudgeon et al. 2006).

Rybníky jsou sice celosvětově pouze malou částí vodních ekosystémů, ale v ČR jsou nejrozšířenějším typem stanovišť stojatých vod a proto mají svou pozici v důležitosti v hydrologickém systému velmi vysoko. Jejich ekosystémy jsou závislé na dostatku živin, ale v současné máme v rybnících problém spíše s vysokým množstvím živin, které mohou ovlivnit či změnit složení společenstva zooplanktonu i fytoplanktonu. Problémem s přemírou živin je v tom, že posléze začnou převládat biodegradační procesy, které způsobí kyslíkový deficit. Pokud je v rybníku dobrá kyslíková rovnováha a stabilní pH je pravděpodobné, že v něm bude zdravý a stabilní ekosystém (Pechar 2000).

Pozorování planktonu není důležité jen z hlediska vývoje v nově založených nádržích, ale je důležité i v kontextu oteplování klimatu. Jednou z věcí, co bude v budoucnu potřeba zjistit je, jak budou vodní společenstva reagovat na změnu klimatu, je pravděpodobné, že se bude měnit složení společenstev i jejich distribuce ve vodním prostředí (Richardson 2008). Už teď víme, že se vlivem teplejších podzimů a mírnějších zim prodlužuje období, kdy se daří především fytoplanktonu (Bełdowska & Kobos 2016). Sommer & Lewandowska 2011 se ve svém experimentu změnou zabývali a zjistili, že pokud jsou teploty dlouhodobě zvýšené, rychle se zvyšuje i spotřeba fytoplanktonu zooplanktonem a tím se snižuje množství i velikost fytoplanktonu.

Složení planktonních společenstev v rybnících v průběhu sezóny je ovlivněno několika faktory, jako jsou teploty či intenzita slunečního svitu (Sommer et al. 1986). Společenstva fytoplanktonu i zooplanktonu jsou více ovlivněny trofickými stavy než

fyzikálními faktory. Fyzikální faktory ve vodách ovlivňují primárně bakterio-plankton, ten je ale následně schopen ovlivnit fytoplankton (Xu et al. 2022). Z nemalé části je složení planktonu ovlivněno i lidskou činností. Chov ryb i hnojení rybníků může měnit jejich trofickou úroveň (Sommer et al. 1986). Změna trofické úrovně v rybníku může zásadně ovlivnit celkový sezónní vývoj planktonu (Ivanova et al. 2022).

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Hlavním cílem této práce je sledování sezónního vývoje zooplanktonu v nově založené nádrži po dobu jedné vegetační sezóny, a porovnání s blízkou nádrží založenou již v minulosti a rovněž s literárními údaji popisujícími obecný vývoj planktonu v nádržích. Za tímto účelem byla vypracována rešerše dostupných zdrojů literatury ne téma sezónního vývoje zooplanktonu.

Vstupním předpokladem bylo, že ve starší z obou nádrží bude zooplankton mnohem více rozvinut a bude zde větší počet jedinců i druhů, než v nádrži nově založené. Dále předpokládáme, že se bude zooplanktonu více dařit v teplých měsících, než v brzkých jarních a pozdních podzimních měsících.

3 Literární rešerše

3.1 O planktonu

Název je odvozen z řeckého planao (putovat). Plankton je soubor organismů, kteří se vznášejí ve vodním sloupci v mořských i sladkovodních ekosystémech, a jsou základem jejich potravních sítí (Brierley 2017).

Zástupce planktonu můžeme dělit na fytoplankton, zooplankton a bakterioplankton, a pak ještě dále podle velikostí nebo místa výskytu (Hartman et al. 2005; Brierley 2017). Podle velikosti se plankton dělí na nannoplankton (menší než 50 μm), síťový plankton (ostatní větší organismy) a pikoplankton (organismy velmi malé - pouze několik μm), podle místa výskytu pak plankton dělíme na litorální (světlo proniká až ke dnu), pelagiální (oblast volné vody, světlo obvykle až ke dnu nepronikne), heleoplankton (v rybních), potamoplankton (v tekoucích vodách), limnoplankton (v jezerech) a telmatoplankton (v tůních) (Hartman et al. 2005).

Fytoplankton se pohybuje horizontálně pomocí proudů, nebo vertikálně vlivem větru (Brierley 2017) a stejně tak zooplankton není v nádržích distribuován rovnoměrně, jeho distribuce záleží na teplotní stratifikaci a na proudění (Rizo et al. 2020). Přestože je známa i aktivní vertikální migrace planktonu (Ringelberg 2010), ve vodním prostředí se plankton většinou pouze vznáší. Fytoplankton ani zooplankton není schopen čelit rychlejšímu proudu vody než $2 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Aby se byly zooplanktonní organismy schopny vznášet, potřebují tedy vyvinout určité úsilí, jinak se usazují u dna, protože jejich těla mají vyšší hustotu než voda. V případě že se v tomto místě vyskytuje proud, nejsou schopni ho překonat ani, když vyvinou aktivní úsilí (Hartman et al. 2005).

Fytoplankton je v rámci přirozené úživnosti rybníků často vnímán jako primární producent a na zooplanktonní organismy můžeme pohlížet jako na konzumenty prvního a druhého řádu (Tulsankar et al. 2021). Tím že se zooplankton fytoplanktonem živí, reguluje jeho množství, čímž se snižuje i turbidita vodního prostředí a zvyšuje se průhlednost vody, což umožňuje lepší prostupnost světla do větších hloubek (Ersoy et al. 2022; Kajgrová et al. 2024). Hlavní podíl na tom mají perloočky (viz. kapitola 3.7 [Perloočky](#)), které dosahují větších rozměrů než jiný zooplankton, a tím potřebují i více

potravy. Také jsou rybami vyhledávanou potravou, díky čemuž mají schopnost přenést živiny do vyšších trofických úrovní (Scheffer & Jeppesen 2007; Vrba et al. 2023; Kajgrová et al. 2024).

S tím jak se v průběhu let měnil způsob hospodaření (vápnění, hnojení – superfosfát, močovina a dusičnan amonný) na rybnících se měnilo i složení planktonu, z fytoplanktonu začaly převládat sinice vlivem hypertrofie vod, které se staly dominantními zástupci v nádržích, ze zástupců zooplanktonu se začalo dařit perloočkám, které nejen že začaly tvořit větší populace, ale dosahovaly i větších velikostí (Pechar 2000). Celosvětově dosahuje množství biomasy zooplanktonu i fytoplanktonu zhruba stejných hodnot. Fytoplankton je ale schopen množit se mnohem rychleji než je tomu u zooplanktonu (Brierley 2017).

3.2 Běžně se vyskytující plankton (fyto i zoo)

Fytoplankton lze rozdělit na dvě základní skupiny a těmi jsou řasy a sinice (Kalinowska et al. 2023). V současné době v rybnících převažují sinice, které byly v minulosti typické pro vysoce eutrofní a hypertrofní vody (Pechar 2000). Pro zooplankton jsou vhodnější potravou zelené řasy (chlorofyty) než sinice, protože dosahují lepších nutričních hodnot (Tillmanns et al. 2008). Navíc sinice do vody někdy vypouští toxiny. Tyto toxiny snižují kvalitu vody, a následkem toho se mění zooplanktonní společenstva, kdy se začne dařit pouze tolerantnějším druhům (Li et al. 2017). Ve stojatých vodách, které jsou silně eutrofizovány (zvýšený obsah živin, především dusíku a fosforu) vzniká prostředí pro zvýšený růst sinic a řas, popř. až po rozvoj tzv. vodního květu, který vzniká v eutrofizovaných rybnících v letních měsících (Kalinowska et al. 2023).

Hlavními zástupci zooplanktonu vyskytujícími se ve vodním prostředí jsou perloočky, vířníci a klanonožci (Morris & Mischke 1999; Bowman et al. 2024). Z toho vířníci žijí pouze cca 12 dní, což ovšem kompenzují svojí brzkou pohlavní dospělostí, klanonožci spolu s perloočkami mají životy téměř stejně dlouhé a to kolem 50 dní. Perloočky jsou na vrcholu své reprodukce kolem cca 15 dne, ale klanonožcům to trvá déle (cca 24 den) (Morris & Mischke 1999). V rybnících bývají nejčastěji zastoupeni vířníci jako je *Polyarthra dolichoptera* nebo *Asplanchna spp.* z perlooček jsou to *Daphnia longispina* a *Bosmina longirostris* (Vrba et al. 2023).

Vzhledem k tomu, že je zooplankton podstatnou složkou potravních sítí ve vodním prostředí a je schopen přesně reagovat i na malé změny prostředí je možné jej vnímat jako indikátor ekologických změn (Li et al. 2017). I proto se někteří zástupci zooplanktonu používají v testech hodnocení toxicity, nejčastěji jsou to perloočky, které mají poměrně krátkou životnost, a jsou schopny se dobře množit i v laboratorních podmínkách. V těchto testech jsou perloočky vystaveny různým chemickým látkám a pozoruje se vliv na jejich schopnost přežití, chování, plodnost, schopnost krmení ale také chronická toxicita látek (Dodson & Frey 2001).

Společenstva zooplanktonu se od sebe liší z pohledu nádrží, roku, velikostního rozmezí i reprodukční strategie a každé ze společenstev má jinou toleranci vůči eutrofizaci i jiné požadavky na fytoplankton, to souvisí s prostorovou distribucí v nádržích (Rizo et al. 2020). Zooplankton může být dravý, býložravý nebo všežravý, vždy záleží na stanovišti, kde se nachází a jaké tam má podmínky (Teodósio & Barbosa 2021).

3.3 Vliv fytoplanktonu na zooplankton

Všechny organismy sladkovodního prostředí ovlivňují ekologické faktory jako je například pH, teplota, salinita, světlo, trofie, obsah kyslíku a vodní proudění (Hartman et al. 2005). Fytoplankton a jeho složení je ovlivňováno fyzikálními ukazateli stejně tak jako množstvím živin a tlakem zooplanktonních predátorů. Různé druhy složení fytoplanktonu naopak ovlivňují zooplanktonní společenstva (Li et al. 2019).

Růst fytoplanktonu, je závislý na dostatku světla, dále ho také limituje zooplankton a vegetace, kdy některé rostliny jsou schopny potlačit růst některých řas pomocí snížení dostupnosti živin, nebo i tím že uvolní toxické (alelopatické) látky (Scheffer et al. 1993). Fytoplankton přináší do vodního prostředí kyslík a potravu pro býložravý zooplankton (Li et al. 2019).

Ve všech typech vodních prostředí je zooplankton v kombinaci s fytoplanktonem klíčovým faktorem, který ovlivňuje produkci ryb. Velikost i početnost fytoplanktonu závisí na obsahu živin ve vodách, a velikost s produkcí zooplanktonu závisí na velikosti a druhové rozmanitosti fytoplanktonu. To dále významně ovlivňuje rybí populace (Ray et al. 2001). Právě protože je zooplankton

v akvakultuře vnímán jako živá potrava pro ryby, tak jsou pro dosažení jeho optimálního množství rybníky hnojeny různými typy hnojiv (od těch anorganických až po organické). Cílem tohoto hnojení je často podpora růstu fytoplanktonu, který pak slouží jako potrava pro zooplankton (Bowman et al. 2024).

Sinice rodu *Microcystis* mají schopnost produkovat microcystin, který má hepatotoxické účinky. Mimo jiné tyto toxiny omezují růst žádoucích druhů zooplanktonu jako je například *Daphnia magna*. U limitovaných druhů dochází ke snížení schopnosti reprodukce a omezení růstu. Dalším z problémů výskytu těchto látek v prostředí je možnost jejich přenosu do vyšších trofických úrovní potravního řetězce (Thostrup & Christoffersen 1999). Vodní květy sinic se svou vysokou biomasou a dlouhodobým působením mají negativní dopad na hustotu vířníků i perlooček, naopak pozitivní vliv se projevuje na řasách, které jsou schopné se lépe přizpůsobit. Z této studie tedy vyplývá, že sinice jsou schopny ovlivňovat hustotu funkčních skupin zooplanktonu a tím ovlivnit celý ekosystém (Krztoń & Kosiba 2020). Sinice dále také negativně ovlivňují druhovou rozmanitost jak zooplanktonu, tak fytoplanktonu, které sice i tak mohou tvořit početná společenstva, ovšem pouze některých druhů (Jia et al. 2017).

3.4 Vývoj planktonu v průběhu roku

V bohatosti druhů zooplanktonu a hustotě jeho populace jsou významné rozdíly závislé na ročním období (Zhao et al. 2017; Jiang et al. 2023). Tyto rozdíly mohou být umocněny eutrofizací, která bývá stejně jako teploty nejvyšší v letních měsících a nejnižší v měsících zimních. Vyšší teploty během letních měsíců mají spolu s eutrofizací vliv na složení společenstev fytoplanktonu, který ovlivňuje společenstva zooplanktonu. Sezónní změny mají vliv na rozmanitost planktonu v průběhu roku. V létě, kdy narůstají teploty, a zvyšuje se biomasa fytoplanktonu, vodám dominuje zooplankton, protože má dostatek potravy. Se snižující se teplotou a nižší mírou eutrofizace začne na podzim převládat fytoplankton. Eutrofizace bývá nejvyšší v letních měsících, pak následuje jaro, podzim a nejnižší je v zimních měsících (Tang et al. 2019).

Li et al. (2019) uvádí ve své publikaci, že skupiny zooplanktonu, které se v nimi zkoumaném jezeře vyskytují, jsou na jaře i na podzim velice podobné, nejvýznamnější

změny přicházejí se zimním a letním obdobím roku. Což ukazuje především na významnou roli teploty vody, která ovlivňuje jak složení, tak vývoj, růst, množství i horizontální distribuci zooplanktonu. Teplota má schopnost výrazně ovlivňovat i parametry kvality vody v různých ročních obdobích (Tang et al. 2019). Teplotní stratifikace, která je závislá na ročním období je jedním z mnoha faktorů, který má na plankton vliv, tím dalším je délka a intenzita slunečního svitu v průběhu roku (Sarma et al. 2005). S tím jak se mění podmínky, mění se i konkurenceschopnost planktonu, kdy ze studie Liu et al. 2023 vyplývá, že zooplankton má vyšší konkurenceschopnost na podzim a v létě a fytoplanktonu více vyhovuje zima a jaro. Konkurence schopnost zooplanktonu může být ovlivněna i podzimním vypouštěním rybníků, případně jejich vysycháním protože jak zjistili Coccia et al. 2024 tak zkrácením hydroperiody nádrže se taxonomická diverzita zooplanktonu významně snižuje.

V minulosti byla většina rybníků oligotrofních nebo mezotrofních, ale dlouhodobý přísun živin (N a P) změnil tyto nádrže v eutrofní, tím se změnila struktura i dynamika planktonu (Pechar 2000; Ivanova et al. 2022). Eutrofní a hypertrofní sladké vody jsou charakteristické vysokou koncentrací živin a početnou biomasou fytoplanktonu (Vrba et al. 2023). V turistických a obydlených oblastech je v letních měsících zvýšená míra eutrofizace, vlivem které se zvyšuje biomasa fytoplanktonu a s ní související koncentrace chlorofylu α (Tang et al. 2019). Pokud je ve vodách větší obsah fosforu, limituje maximální roční biomasu fytoplanktonu spíše doba a intenzita slunečního svitu. V takovém případě pak dochází k maximálnímu nárůstu řas a sinic, a mnohem méně pozorovatelnému nárůstu zooplanktonu, to může být z části způsobeno i tím že, se projeví vyšší predace ryb vůči zooplanktonu, protože zde bude snižená stravitelnost fytoplanktonu (Sommer et al. 1986).

Z dlouhodobějšího hlediska se vlivem nestabilních abiotických podmínek a ekologických procesů hodnotí populace planktonu jako nepředvídatelné, což znamená, že se stále mění druhová skladba i struktura společenstev, pro získání obecného vzorce sezónního vývoje zooplanktonu je potřeba vyhodnotit údaje z více nádrží a více let (Ivanova et al. 2022).

3.4.1 Jarní období

Na jaře, kdy jsou vody bohaté na základní živiny (dusičnany, fosforečnany a křemičitany) začíná být s rostoucí teplotou a slunečním zářením patrný nárůst fytoplanktonu i jeho schopnosti fotosyntézy, čímž vzroste i množství chlorofylu ve vodním prostředí. Následuje nárůst zooplanktonu, který má pro svůj vývoj dostatek potravy. Velmi zjednodušeně lze říci, že fytoplankton je závislý na světle a živinách a zooplankton na teplotě a fytoplanktonu (Brierley 2017).

Ze začátku jara vodám dominují větší býložravé druhy zooplanktonu se schopností se rychle množit, následně se začne dařit i druhům, které rostou pomaleji. Výrazný nárůst zooplanktonu trvá až do chvíle, kdy jeho míra filtrace překročí rychlost rozmnožování sinic a řas. Vlivem zvýšeného predančního tlaku zooplanktonu se hojnost fytoplanktonu sníží natolik, že zde vznikne tzv. „čistá voda“. Tento jev je charakteristický v měsíci květnu až červnu a končí v momentě, kdy se vodách začne dařit nejdřívým druhům řas (Sommer et al. 1986).

3.4.2 Letní období

S fází „čisté vody“ souvisí nedostatek potravy pro zooplankton, který má za následek snížení jejich tělesné hmotnosti i plodnosti. Tlak predace ryb na zooplanktonu vede k poklesu zooplanktonu a omezení velikosti jeho těl. S tím jak jsou vlivem ryb limitovány populace zooplanktonu, se opět začne množit fytoplankton, pro který nyní není tak jednoduché vytvořit druhově bohaté a rozmanité populace, protože již není takový nadbytek fosforu, jako tomu bylo brzy na jaře. Opět začnou vzkvétat jedlé řasy, které teď nejsou limitovány světlem, ale právě fosforem. Následně se začne dařit rozsivkám a vlivem vyčerpání dusíku i vláknitým sinicím, které jsou schopny dusík vázat (Sommer et al. 1986). Ke konci letního období (měsíce srpen a září) mohou být v zarybněných rybnících opět na vzestupu zástupci klanonožců, kteří ještě nedosáhli plné dospělosti (Vrba et al. 2023). Celkově se v tomto období začíná dařit menším druhům koryšů a vířníků, protože jsou méně zasaženi predací ryb, fytoplankton nyní tvoří druhově mnohem složitější společenstva. Ke konci léta teplota ovlivňuje hustotu i druhové složení zooplanktonu více než ostatní činitelé (Sommer et al. 1986).

3.4.3 Vývoj planktonu na podzim

Fyzikální změny jako je promíchávání vody a zhoršení světelných podmínek vede k mírnému snížení biomasy fytoplanktonu, poté se začnou vyvíjet druhy, kterým promíchání vody vyhovuje, jako jsou velké jednobuněčné či vláknité formy řas a především rozsivky. Tyto řasy jsou pro zooplankton hůře stravitelné, ale zároveň jsou doprovázeny malými řasami. Na podzim je snížen predační tlak rybího společenstva a tím se začne masivně dařit větším druhům zooplanktonu, jako jsou perloočky (Sommer et al 1986). I přes to, že se daří větším zástupcům, biomasa zooplanktonu jako taková od září postupně klesá (Li et al. 2019). V pozdních podzimních měsících klesne biomasa fytoplanktonu i zooplanktonu na minimum. Zooplankton vytvoří tzv. klidová stádia, pomocí kterých je schopen přezimovat (Sommer et al. 1986).

3.4.4 Plankton v zimě

V zimě, když jsou mělké vodní plochy pokryté ledem je potlačen růst sinic, a tím vznikají vhodné podmínky pro růst některých řas, které pak umožní i růst některých vířníků, kteří bývají v průběhu roku méně zastoupeni (Kalinowska et al. 2023). Ke konci zimy, kdy už jsou lepší světelné podmínky, a dobrá dostupnost živin se začne dařit fytoplanktonu, především rychle rostoucím řasám. Na těchto řasách se začnou živit zooplanktonní býložravé druhy, které mají pro rychlé množení ideální podmínky. Později tyto druhy vzhledem k vysokým úrovním jedlých řas a líhnutím se z klidových stádií začnou být ve vodách hojně zastoupeni (Sommer et al. 1986).

3.5 Vývoj zooplanktonu v nově založených nádržích

V nově založených kulturních rybnících začínají jako první tvořit svou objemnou biomasu vířníci, kteří jsou následováni perloočkami a klanonožci, ti jim začnou brzy konkurovat. Perloočky, které jsou schopny filtrovat svoji potravu nejrychleji a mají i schopnost se poměrně rychle reprodukovat jsou zároveň vyhledávanou rybí potravou (Morris & Mischke 1999).

Diverzita zástupců různých živočichů nejen ve vodním prostředí hraje důležitou roli v udržení stabilních a funkčních ekosystémů. Pokud je v určité oblasti několik ekosystémů, je pravděpodobné, že v nich bude podobné druhové složení (Hartman et al. 2005). Roli však může hrát stáří nádrže. V nově založených rybnících se obvykle

nachází pouze několik běžných druhů a vzácnější druhy se v nich téměř nevyskytují. Oproti tomu ve starších rybních bývá bohatá druhová rozmanitost, ale některé druhy zde mohou chybět, což záleží na místním prostředí. Druhová rozmanitost bývá umocněna, pokud jsou rybníky propojeny vodním tokem, protože ten umožňuje rychlejší šíření zooplanktonu (Olmo et al. 2012).

3.6 Vířníci (Rotifera)

Vířníci jsou hojně rozšířeni ve všech sladkovodních útvarech a často dosahují počtu 1000 jedinců / l, pokud mají dostatek potravy, mohou být jejich počty i několikanásobně vyšší (Wallace & Snell 2001). Dalším z faktorů co ovlivňuje početnost vířníku ve vodním prostředí je obsah kyslíku (Hartman et al. 2005). Vířníci se většinou vyskytují jednotlivě, ale několik druhů je schopno tvořit i kolonie (Wallace & Snell 2001).

Těla vířníků jsou vakovitého, někdy až válcovitého tvaru a zároveň jejich tělo není článkováno (i když tak zářezy v pokožce některých druhů mohou působit) jako je tomu u jiných druhů zooplanktonu (Hartman et al. 2005; Wallace & Snell 2011). Tělo vířníků kryje kutikula, která následně vytváří krunýř o různé síle (Hartman et al. 2005). Všichni vířníci mají svalnatý hltan, který se nazývá mastax a obsahuje sadu tvrdých čelistí (trofor). Téměř všichni vířníci jsou býložravci či predátoři, a parazitických je jen velmi malé množství (Wallace & Snell 2011). Potravou vířníků jsou ve většině případů řasy (např. rod *Polyarthra*) ale jsou zde i dravé rody jako je *Asplanchna* které jsou schopny se krmit na drobných perloočkách i na jiných vířnících. Vířníci jsou schopni plynulého pohybu za pomoci vířivého ústrojí (Hartman et al. 2005).

3.7 Perloočky (Cladocera)

Perloočky jsou často přezdívány jako vodní blechy, mají v porovnání s ostatními zástupci zooplanktonu poměrně velká těla (0,2 – 18,0 mm). Těla jsou průhledná, někdy jsou zbarvená do žluta a jejich dominantou je centrální složené oko černé barvy. Dále mají mezi krunýřem a hlavou jeden pár kusadel, dva páry tykadel, z čehož první se nazývají antenuly, ty slouží jako chemosenzorické orgány a druhé (antény) jako orgán pohybu. Dále mají perloočky dva páry maxil (Dodson & Frey 2001).

Perloočky se se živí filtrováním, kdy nasají vodu skrz štěrbinu v krunýři, z vody pak vyfiltrují pomocí hrudních přívěsků jemné částice, které následně využívají jako potravu. Sladkovodní perloočky můžeme rozdělit podle způsobu příjmu potravy. Aktivním pohybem získávají potravu perloočky typu *Bosmina* a pohybem stacionárním perloočky typu *Sida* a *Daphnia* (Teodósio & Barbosa 2021).

Perloočkám se lépe daří na místech, kde je vyšší teplota vody a delší doba slunečního záření, tyto podmínky jim umožní tvořit početnější populace a zvýšit míru filtrace (Sarma et al. 2005). Větší množství perlooček se v nádržích začíná vyskytovat v květnu (Vrba et al. 2023). Vyšší teplota jim totiž zvyšuje rychlost metabolismu, ale pokud se teplota zvýší nad rychlost metabolismu, může to zapříčinit smrt jedince, pro každý z druhů i jedinců je výška teploty individuální (Dodson & Frey 2001).

3.8 Klanonožci (Copepoda)

Klanonožci se vyznačují podlouhlými válcovitými těly, na kterých jsou vidět články (Šrámek – Hušek 1953). Těla jsou složená z hlavohruď a zadečku, kdy hlavohruď tvoří 5 až 6 článků a zadeček 4 až 5 článků. Na hlavohruď se nachází dva páry tykadel – první pár bývá velmi nápadný svou délkou, dva páry čelistí, jeden pár čelistních nožiček a mandibuly. Na konci zadečku se vyskytuje furka se štětinami. (Hartman et al. 2005). Klanonožce můžeme dále dělit na buchanky (Cyclopoida), vznášivky (Calanoida) a plazivky (Harpacticoida) (Šrámek – Hušek 1953; Williamson & Reid 2001). Někteří zástupci tohoto řádu jsou paraziti ryb a významně se podílejí na přenosu parazitů (Hartman et al. 2005).

Sladkovodní volně žijící vznášivky mohou dosahovat velikostí 0,5 až 2,0 mm do délky a obvykle mají hnědou či světle šedou barvu, jsou všežravé (Williamson & Reid 2001) a dýchají celým povrchem svých těl. Vznášivky jsou dále charakteristické svými tykadly, které jsou delší než tělo a jsou od něj v kolmé poloze, v případě že mají samičky vajíčka, vyskytují se pouze v jednom váčku. Když jejich vývoj porovnáme s ostatními druhy zooplanktonu, tak je velice dlouhý, v letních měsících trvá přibližně 1,5 až 2 měsíce. Oproti vznášivkám mají buchanky kratší tykadla a vaječné vaky se u nich vyskytují dva – na každé straně zadečku jeden (Hartman et al. 2005).

Dospělí klanonožci (se schopností se rozmnožovat) mají v průběhu roku téměř neměnnou hustotu populace, zatímco jedinci, kteří vypadají téměř jako dospělí, ale zatím nejsou schopni se rozmnožovat, převládají hlavně v měsíci dubnu (Vrba et al. 2023).

3.9 Vztah zooplanktonu a ryb

Pro ryby je zooplankton nezbytnou součástí stravy, dá se tedy říci, že ryby jsou pro zooplankton přirozeným predátorem. Není to tak, že by ryby měly přímo druh zooplanktonu, který by vyhledávaly, ale preference se odvíjejí od velikosti planktonu a stáří rybího jedince. Klanonožci a perloočky jsou pro ryby výhodnější stravou než bentičtí bezobratlí, protože obsahují mastné kyseliny, které jsou důležité pro jejich správný vývoj. S ohledem na zvýšení rybí produkce jsou tedy ryby do vodních útvarů vysazovány v době, kdy je zde dostatek zooplanktonu, který je za tímto účelem monitorován (Anton-Pardo & Adámek 2015).

Mnohem více zooplanktonu často spotřebuje pro svoji obživu větší hustota menších ryb, než vysoká obsádka tržního kapra. I menší ryby se totiž často živí většími zástupci perlooček. Obecně rybníkům používaným pro produkci ryb dominují menší druhy perlooček, vývojová stádia klanonožců a vířníci (Vrba et al. 2023).

3.10 Souvislost mezi kvalitou vody a planktonem

Rybníky jsou vodním ekosystémem, který je pod usilovnou lidskou kontrolou. Jsme schopni kontrolovat výšku vodní hladiny, přísun živin i složení rybí populace. V případě, že se do rybníka po delší dobu dostává nadbytek živin a organického materiálu začnou se zde hromadit. Vzniknou zde rozkladné procesy, které vyvolají kyslíkový deficit a následné uvolňování živin, což vede k nadměrné autotrofní produkci a ta má za následek změnu druhového složení planktonu, čímž se následně výrazně zhorší i kvalita vody (Pechar 2000).

Parametry kvality vody jsou úzce spjaté se stavem planktonních společenstev v dané vodní nádrži (Morris & Mischke 1999). Vysoká biomasa fytoplanktonu způsobuje zelené zakalení vody (chlorofyl α) (Vrba et al. 2023). Pro rybníky s typickým zakalením v období kolem začátku června je charakteristické dlouhodobé snížení koncentrací ve vodě rozpuštěného kyslíku (Kajgrová et al. 2022). V případě

silného zakalení vodního prostředí se bude fytoplankton rozvíjet především ve vrchní části vodního sloupce, kde má dostatek světla, které je nezbytné pro jeho funkci (Scheffer et al. 1993).

4 Metodika

4.1 Popis lokality

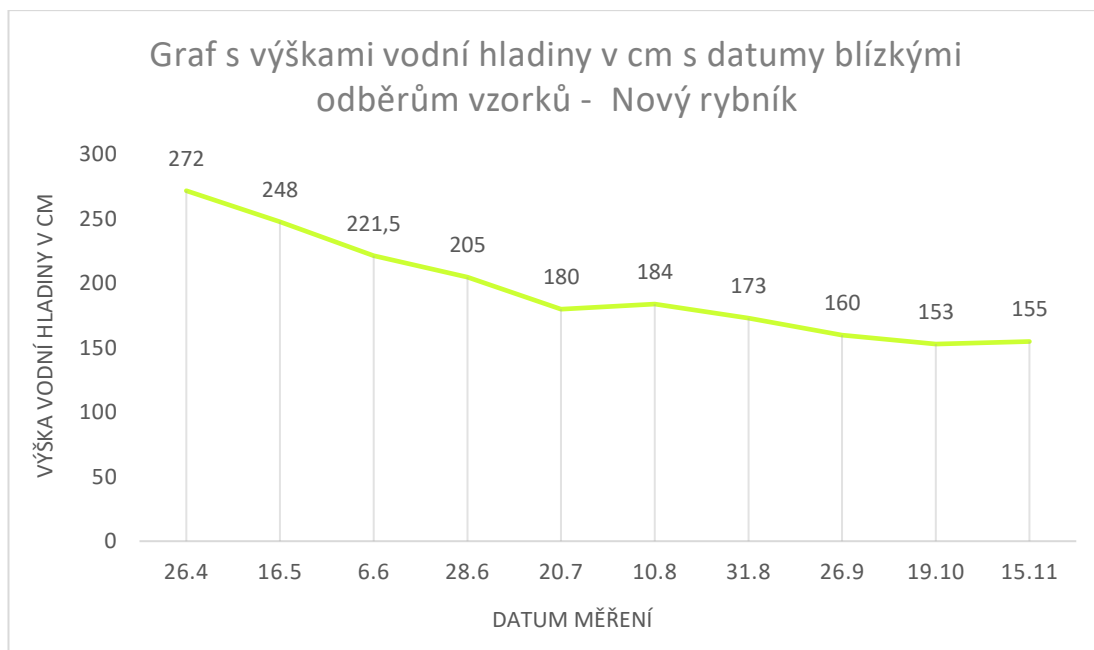
Vzorky byly odebírány na lokalitě Amálie, která je experimentálním územím tzv. Chytré krajiny. Tento projekt je provozován Českou zemědělskou univerzitou v Praze, která zde provádí různé výzkumy týkající se efektivního využívání krajiny a hospodaření s vodou v krajině. Amálie se nachází nedaleko obce Lány, v těsné blízkosti CHKO Křivoklátsko. Oblastí protékají dva potoky Karlův luh a Brejlský potok, které částečně definují území Amálie. Oba tyto potoky se následně vlévají do potoku nesoucí název Klíčava. Klíčava je zdrojem pitné vody pro Kladensko a Rakovnicko .

Pro tuto práci je Brejlský potok tím důležitějším, propojuje vodní nádrže v jižní části území, kde se nachází i rybníky, ze kterých byly odebírány vzorky hodnocené níže.

4.2 Popis obou rybníků

První nádrž (Nový rybník) se nachází na jihozápadní straně lokality, na Brejlském potoce, přičemž nad Novým rybníkem se na Brejlském potoce nachází ještě malý rybník nesoucí název U Zámečku. Druhé místo odběrů vzorků zooplanktonu je rybník označovaný v této DP jako Starý rybník.

Výstavba Nového rybníka byla dokončena roku 2022, kdy se na podzim začala plnit vodou. Dominantou tohoto rybníka je sypaná hráz s moderním zařízením pro kontrolování výšky vodní hladiny. Na březích kolem rybníka jsou především zemědělské nebo zatravněné plochy. V době odběru vzorků nebyl rybník zarybněn. V průběhu odběrů vzorků lze na rybníku pozorovat výrazný úbytek vody, který je pozvolný. Tento úbytek vody znázorňuje i následující graf (Graf č.1), v kterém jsou výšky vodní hladiny ze dnů odběrů vzorků nebo dnů jim velmi blízkých. V grafu je dále vidět, že nejvíce vody v Novém rybníku bylo hned na začátku odběrové sezóny, a následně výška vodní klesala, v průběhu sedmi měsíců kdy probíhaly odběry zooplanktonu, výška vodní hladiny klesla bezmála o 120 cm.



Graf č. 1 – Výšky vodní hladiny – Nový rybník (zdroj dat: Jan Vymazal; upraveno)

Starý rybník, je spojen s Novým rybníkem vodním tokem Brejlský potok, který prvně protéká Novým rybníkem a následně se vlévá do rybníka Starého. Starý rybník je první z kaskády celkové pěti rybníků jdoucích za sebou v této části Brejlského potoka, který prochází především jižní částí území. Na katastru má rybník plochu 5303 m² a je schopen pojmutou necelých 9 000 m³ vody (Osoba V., 2024, nepublikováno). Starý rybník je zarybněný a v letních měsících je využíván pro sportovní rybolov. Okolí rybníka je zalesněno. Výpustní zařízením na tomto rybníku je dvouřadý požerák. Na tomto rybníku bylo možné pozorovat v průběhu celého období odběru vzorků sníženou průhlednost vody oproti Novému rybníku.

V Novém rybníce i ve Starém rybníce jsou zároveň měřeny základní hodnoty kvality vody, které na odtoku v Nového rybníka dosahují ve sledovaném období následujících průměrných hodnot:

- TN = 1,64 mg/l
- N-NO³ = 1,18 mg/l
- N-NH⁴ = 0,02 mg/l
- TP = 0,11 mg/l
- pH = 7,62

Po přítoku do Starého rybníka je vidět, že voda byla cestou znečištěna a ve Starém rybníce, se z části byla schopna pročistit. Pro vodu na přítoku a odtoku ze Starého rybníka jsou hodnoty následující:

PŘÍTOK:	ODTOK
• TN = 4,18 mg/l	TN = 3,89 mg/l
• N-NO ³ = 4,02 mg/l	N-NO ³ = 2,73 mg/l
• N-NH ⁴ = 0,03 mg/l	N-NH ⁴ = 0,03 mg/l
• TP = 0,12 mg/l	TP = 0,14 mg/l
• pH = 7,52	pH = 7,68

TN = celkový dusík obsažený ve vodním prostředí, TP = celkový fosfor obsažený ve vodním prostředí, pH kyselost vodního prostředí.

(Vymazal J., 2024, nepublikované údaje)

4.3 Popis postupu odběru vzorků planktonu pro analýzu zooplanktonu

Odběry vzorků pro tuto práci proběhly celkem desetkrát za sezónu. Ze začátku sezóny byly intervaly kratší a s koncem sezóny se prodlužovaly. V následující tabulce (Tabulka č. 1) je možné vidět data odběrů, zelená pole značí, že mezi odběry uběhly zhruba 3 týdny a barva šedá značí odběr, který od předchozího dělily týdny 4.

Tabulka č. 1 – Tabulka s daty odběrů vzorků

Data odběrů vzorků	26.4	16.5	7.6	28.6	22.7	12.8	30.8	26.9	19.10	16.11
--------------------	------	------	-----	------	------	------	------	------	-------	-------

Vzorky byly odebírány pokaždé ze stejného místa na hrázi každého z rybníků, poblíž jejich výpustního zařízení. Pro odběr byla použita vrhací planktonní síť o hustotě ok 40 μ a vnitřním průměru kruhu 19 cm, která byla vržena do vzdálenosti 6 metrů. Následovalo pomalé přitažení sítě ke břehu, kdy jsem dávala pozor především na to, aby se síť nedotýkala dna, ale ani neplula přímo po hladině. To bylo nutné zejména, aby se do sítě chytil pouze plankton a nesbíraly se nečistoty z hladiny ani ze dna. Po každém vržení jsem nasbíraný plankton přemístila do přivezené vzorkovnice o objemu 2 l. Pro každý rybník bylo za jeden odběrový den 10x vrženo síť. Po posledním vržení na daném rybníku bylo nezbytné vypláchnout síť od planktonu uvízlého na krajích tak, aby se do sítě již nedostal žádný nový plankton, a i toto

množství planktonu ještě přelít do vzorkovnice. Síť byla pro jistotu vždy znovu vyplachována i před zahájením odběru na druhé lokalitě.

Poté jsem na vzorkovnici vždy vyznačila, kolik ml planktonu bylo daný odběrový den nasbíráno. Po tomto označení jsem vzorek řádně zhomogenizovala a odlila 90 ml planktonu do menší vzorkovnice. Následovalo přidání 10 ml cca 40% formaldehydu, čímž se vzorek usmrtil a zároveň zakonzervoval pro další laboratorní pozorování. Tím vznikl požadovaný 4% roztok formaldehydu. Zbylé množství planktonu ve velké vzorkovnici jsem naředila vodou z nádrže, abych zooplanktonu zabezpečila dostatek kyslíku pro cestu do laboratoře. Vzorky byly do laboratoře převáženy v chladicím boxu. Ke konci letního období a začátkem období podzimního odběry vzorků znesnadňovaly spájkivé řasy.

4.4 Laboratorní analýza živého vzorku zooplanktonu

Po příjezdu do laboratoře bylo nutné živý vzorek opět zhomogenizovat. Část zhomogenizovaného vzorku byla opět zahuštěna pomocí přefiltrování vzorku přes planktonní síť. Následně jsem živý vzorek umístila do Petriho misky a odebrala malou část pomocí pipety. Tuto část jsem umístila na podložní sklo a zakryla tenkým krycím sklem. Následovala analýza zooplanktonu vyskytujícího se v daném vzorku, v daný den pomocí mikroskopu. Část nezahuštěného vzorku byla spolu se vzorkem z druhé nádrže umístěna na dobu pozorování do lednice.

Pozorování živého vzorku mi umožnilo primárně určit vyskytující se zooplankton a tím mi usnadnilo práci se vzorkem zakonzervovaným, kde může vlivem působení formalínu a času docházet k deformaci těl zooplanktonu a tím i znesnadnění spolehlivého určení.

4.5 Počítání zakonzervovaného vzorku zooplanktonu

Zakonzervované vzorky byly uchovávány v lednici a analyzovány až po dokončení všech naplánovaných odběrů.

Vzorky jsem vždy po vyndání z lednice protřepáním důkladně zhomogenizovala a následně přelila do kulaté baňky s rovným dnem, v této baňce jsem vzorek znovu krouživým pohybem baňkou zhomogenizovala a následně začala přelévat

do odměrného válce, ze kterého jsem okamžitě začala odebírat pomocí pipety 3 ml vzorku. Zde bylo nutné postupovat velmi rychle, aby odběr proběhl, dokud byl zooplankton ještě ve vodním sloupci a ne usazený u dna. Následovalo přemístění vzorku z pipety do počítací komůrky typu Sedgwick-Rafter o objemu 3 ml. Počítací komůrka mi usnadnila celkovou orientaci ve vzorku. Po spočítání zooplanktonu v komůrce bylo nutné, komůrku důkladně vymýt a celý postup zopakovat, čímž jsem si vždy ověřila správnost prvního počítání a eliminovala možnost chyby. U všech vzorků jsem v průběhu počítání evidovala odebrané množství roztoku. Každý ze vzorků byl tedy kvantifikován 2x a následoval výpočet chyby mezi jednotlivými počítáními. V případě, že mezi dvěma počítáními vzorku vyšel mezi hojněji se vyskytujícími taxony rozdíl vyšší, než 10 % vzorek byl kvantifikován ještě jednou. V případě, že vznikla vyšší chyba vlivem nízkého počtu jedinců některého z taxonů, byla zkontrolována chyba v ostatních kategoriích a nepřesáhla – li tam limitní hodnotu, nebyl na tuto chybu brát zřetel (např. pokud byly v jednom vzorku 3 vznášivky (Calanoida) a ve druhém pouze 2, vznikala v této kategorii 33% chyba, která nebyla dále řešena, protože ostatní kategorie, které byly početnější, vykazovaly početní rozdíl do 10 % a tím pádem bylo počítání vzorku bráno jako spolehlivě reprezentativní). Pro výslednou kvantifikaci vzorků byl vždy použit průměr ze 2 (resp. více) počítání.

Během počítání bylo vždy rozlišováno celkem 7 kategorií – larvální (především naupliová) stádia klanonožců (Copepoda), dospělí klanonožci (kteří byly dále děleni na vznášivky (Calanoida) a buchanky (Cyclopoida), perloočky (Cladocera) které se dále dělily na hrotnatky (*Daphnia* sp.), nosatičky (*Bosmina* sp.) a čočkovce (čeled' *Chydoridae*), a poslední skupinou byly vířníci (Rotifera), kteří byli počítáni jako celek.

4.6 Výpočet odebraného množství jedinců vzhledem k odebranému objemu vzorku a profiltrovanému množství vody

Po dokončení počítání jedinců zastoupených ve 3 ml odebraného vzorku jsem provedla přepočítání na celkové množství jedinců v celém vzorku, představovaného deseti vrhy planktonní sítí, a to následujícím postupem:

Nejprve jsem spočítala, kolik vody při deseti vrzích přefiltrovala planktonní síť, a to z průměru horní obruče a vzdálenosti, kterou síť ve vodním prostředí urazila. Pro výpočet byl použit vzorec pro výpočet obsahu válce $[V] = \pi * r^2 * v$. Z tohoto vzorečku

mi vyšlo, že planktonní síť během jednoho vržení přefiltrovala zhruba 170 litrů vody, pro celkové množství přefiltrované vody jsem hodnotu vynásobila 10 x (vždy proběhlo 10 vrhů) a tím zjistila kolik, že během jednoho odběru vzorků bylo přefiltrováno cca 1700 litrů vody.

Dalším krokem bylo přepočítání, kolik jedinců se nacházelo v 1700 litrech rybníční vody.

Pro přepočet byly použity následující údaje:

- Celkový počet litrů vody profiltrované planktonní sítí (neměnná hodnota) – 1700 l – **V_c**
- Množství planktonu odebraného v daný odběrový den (liší se pro každý z odběrových dní - pro znázornění zde použito množství z prvního dne – 26. 4.) – 360 ml – **P**
- Množství jedinců ve 1700 litrech rybníční vody (liší se pro každou skupinu) – **Y**
- Množství přepočítaného vzorku (neměnná hodnota) – 3 ml - **V_v**
- Množství zástupců jednotlivých skupin (pro znázornění zde použito množství larválních stádií z prvního dne – 26. 4. – liší se pro každou skupinu i odběrový den) – 132 jedinců – **Z**
- Korekce (neměnná hodnota) – 1,11 - **K**
- 1 litr rybníční vody (neměnná hodnota) - **L**
- Množství jedinců v 1 litru rybníční vody (liší se pro každou skupinu a odběrový den) – **X**
- Množství jedinců v 1 litru rybníční vody po korekci – **A**

Mnou sestavený vzorec pro výpočet jedinců v 1700 litrech z výše definovaných hodnot byl následující:

- $Y = (P/V_v) * Z$

Proběhlo dosazení do vzorce a výpočet:

- $Y = (360/3) * 132$
- $Y = 15840$ jedinců ve 1700 litrech rybníční vody

Dále jsem potřebovala zjistit vzorec pro vypočítání jedinců v 1 litru rybníční vody a ten byl sestaven následovně:

- $X = (L/V_c) * Y$

Po dosazení vzorec vypadal následovně:

- $X = (1/1700) * Y$
- $X \doteq 9$ jedinců v 1 litru rybníční vody

Dále byla nezbytná korekce výsledku, protože přidaný formalýn zkreslil původní množství planktonu. To proběhlo, takže se získaná hodnota X vynásobila hodnotou K.

- $A = X * K$
- $A = 9 * 1,11$
- $A \doteq 10$ jedinců v 1 litru rybníční vody

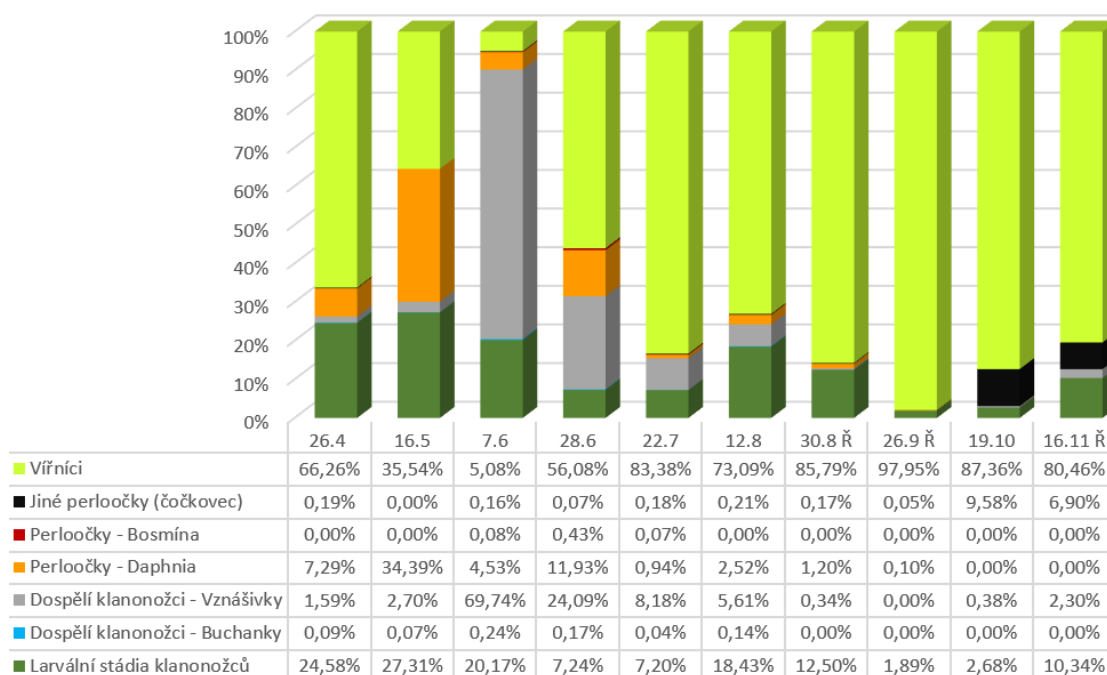
5 Výsledky

5.1 Zakonzervované vzorky

5.1.1 Nový rybník

Graf (Graf č. 2) níže nám znázorňuje procentické zastoupení zástupců jednotlivých druhů v 1 litru rybníční vody a je dále podložen tabulkou (Tabulka č 2), která uvádí počty zástupců těchto druhů v 1 litru rybníční vody.

Procentické zastoupení druhů v 1 litru - Nový Rybník



Graf č. 2 – Graf znázorňující procentické zastoupení jedinců v 1 litru rybníční vody v Novém rybníce

V grafu je možné vidět, že v Novém rybníku ve většině odběrových dní jasně dominovali počtem jedinců vírňáci (Rotifera). Pouze 1x se stalo, že tomu bylo jinak a to konkrétně 7.6., kdy vzorku dominovali zástupci dospělých klanonožců a to vznášivky (Calanoida). Druhově nejbohatší byl tento rybník začátkem sezóny – během prvních 4 odběrů, poté začala vyrovnanost klesat, kdy svého minima dosáhla v odběru z 26.9. V odběrech z října a listopadu si můžeme všimnout mírného vzestupu perlooček a klanonožců, který ale nebyl nikterak významný.

Dále si můžeme všimnout, že se v tomto rybníce téměř nevyskytovaly buchanky (Cyclopoida) ani perloočky rodu *Bosmina*. Perloočky rodu *Daphnia* byly zastoupeny

v hojnějších počtech především v jarním období, s nástupem vyšších teplot jejich početnost začala klesat. U perlooček jako jsou čočkovcovití (čeleď *Chydoridae*) je možné vidět, že se jim začalo dařit až v pozdějších podzimních měsících, kdy se zde nevyskytovaly perloočky rodu *Daphnia*.

Tabulka č. 2 – Tabulka znázorňující množství zástupců jednotlivých druhů v 1 litru rybníční vody v Novém rybníce

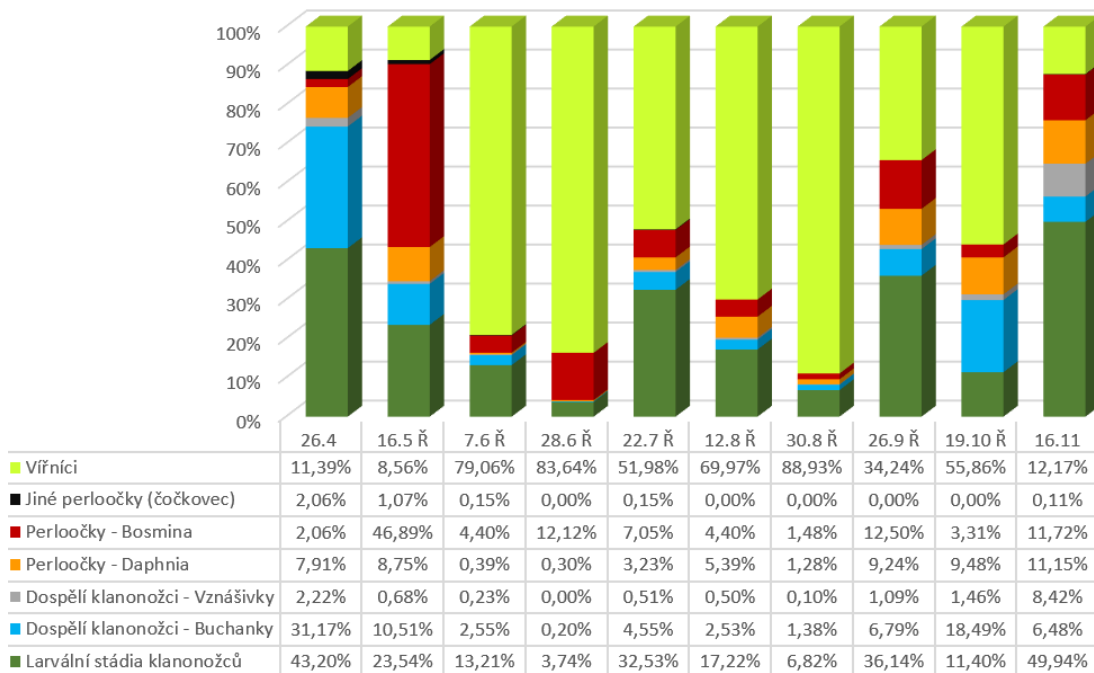
Množství jedinců v 1 litru rybníční vody - Nový rybník (1) - Amálie											
Počítané skupiny / datum odběru vzorků		26.4	16.5	7.6	28.6	22.7	12.8	30.8 Ř	26.9 Ř	19. 10	16.11 Ř
Larvální stádia klanonožců		10	16	9	5	6	8	12	6	0	3
Dospělí klanonožci	Buchanky	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vznášivky	1	2	31	18	6	2	0	0	0	1
Perloočky	<i>Daphnia</i>	3	20	2	9	1	1	1	0	0	0
	<i>Bosmina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jiné perloočky (čočkovec)		0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Vířníci		28	21	2	42	65	31	84	333	12	27
Součet jedinců v 1 litru		42	58	44	74	78	43	98	340	14	33

V tabulce (Tabulka č. 2) si můžeme všimnout, že pokud měli někteří jedinci v grafu velmi nízké procentické zastoupení, tak byly jejich počty při zaokrouhlení na celá čísla zanedbatelné. I přesto, že v grafu měli alespoň minimální počet procent, jsou v tabulce jejich počty uvedeny jako 0. To můžeme pozorovat u perlooček rodu *Bosmina* a čočkovcovitých (čeleď *Chydoridae*) a zároveň klanonožců – buchank (Cyclopoida). V tabulce jsou případy, kdy 0 vznikla až po zaokrouhlení vyznačeny červenou barvou.

V Novém rybníce byl nejnižší počet organismů v jednom litru až na konci odběrové sezóny (měsíce říjen a listopad), nejvyšších počtů organismů v přepočtu na litr populace dosahovali v měsíci září, kdy zde byl vidět výrazný vzestup.

5.1.2 Starý rybník

Procentické zastoupení druhů v 1 litru - Starý rybník



Graf č. 3 - Graf znázorňující procentické zastoupení jedinců v 1 litru rybníční vody ve Starém rybníce

V grafu (Graf č. 3) je možné vidět a i zde platí, že ve většině případů dominovali vířníci (Rotifera), bylo to v šesti z deseti odběrů, především v letním období. Hned po vířnících byly i ve Starém rybníku poměrně hojnými larvální (především naupliová) stádia klanonožců (Copepoda). Dále se v tomto rybníce vyskytovalo poměrně velké množství buchank (Cyclopoida) a perlooček rodu *Bosmina*. Je patrné, že v tomto rybníce se perloočkám rodu *Bosmina* dařilo lépe než tomu bylo u perlooček rodu *Daphnia*. Také se zde mnohem lépe dařilo buchankám (Cyclopoida) než vznášivkám (Calanoida). Zastoupení vznášivek v tomto rybníce bylo při přepočtu ze 3ml na litr rybníční vody téměř zanedbatelné. Perloočky ž čeledi čočkovcovitých (*Chydoridae*) zde byly zastoupeny spíše sporadicky a především na začátku odběrové sezóny.

Tabulka č. 3 – Tabulka znázorňující množství zástupců jednotlivých druhů v 1 litru rybníční vody ve Starém rybníce

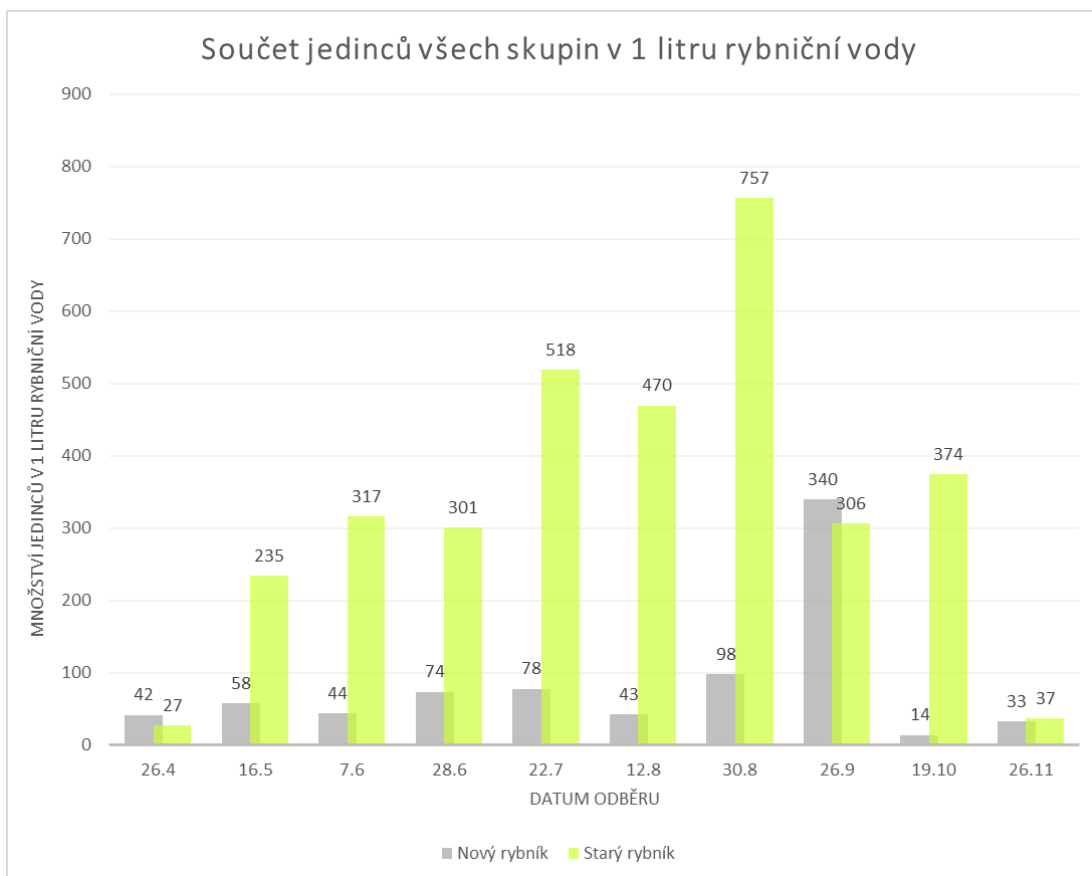
Množství jedinců v 1 litru rybníční vody - Starý rybník (2) - Amálie											
Počítané skupiny / datum odběru	26.4	16.5 Ř	7.6 Ř	28.6 Ř	22.7 Ř	12.8 Ř	30.8 Ř	26.9 Ř	19.10 Ř	16.11	
Larvální stádia klanonožců	12	55	42	11	169	81	52	111	43	19	
Dospělí klanonožci											
Buchanky	9	25	8	1	24	12	10	21	69	2	
Vznášivky	1	2	1	0	3	2	1	3	5	3	
Perloočky											
Daphnia	2	21	1	1	17	25	10	28	35	4	
Bosmina	1	110	14	37	37	21	11	38	12	4	
Jiné perloočky (čočkovec)	1	3	0	0	1	0	0	0	0	0	
Vírníci	3	20	250	252	269	329	673	105	209	5	
Součet jedinců v 1 litru	27	235	317	301	518	470	757	306	374	37	

V této tabulce (Tabulka č. 3) je vidět že Starý rybník byl na skupiny zooplanktonu mnohem rozmanitější a jejich počty byly vyrovnanější. V porovnání s grafem se v tomto případě nestává tak často, že by některé skupiny z tabulky zmizely. Vymizení některých skupin vlivem zaokrouhlení je opět zvýrazněno červenou barvou. Dále můžeme vidět, že zde byl nejnižší celkový součet organismů v jednom litru hned na začátku sezóny a v měsících červenec a srpen dosahoval svého maxima.

5.1.3 Porovnání obou rybníků

Když porovnáme Graf č. 2 s Grafem č. 3, je zde vidět že v obou rybnících převládali vířníci (Rotifera) a larvální (především naupliová) stádia klanonožců (Copepoda). Dále si můžeme všimnout, že v Novém rybníce, se mnohem více dařilo vznášivkám (Calanoida), které měly nejhustší populace s nástupem letních měsíců, oproti buchankám (Cyclopoida), které se vyskytovaly v rybníce Starém a hojnější populace měly v jarních a podzimních měsících. Vypadá to, že podmínky ve Starém rybníku vyhovovaly více perloočkám rodu *Bosmina* než tomu bylo u rybníka Nového. Důležité je si také všimnout, že v Novém rybníce se čočkovcovití (čeleď *Chydoridae*) vyskytovali nejčastěji až ke konci sezóny odběru vzorků, zatímco ve Starém rybníce se čočkovcovití (čeleď *Chydoridae*) vyskytovali především v prvních dvou odběrových oknech.

V tomto porovnání je také patrné, že Starý rybník byl během roku mnohem více rozmanitý. Zároveň zde byly početnější populace všech druhů. Množství jedinců nacházejících se v jednom litru rybniční vody ve Starém rybníce bylo v 8 z 10 případů větší než tomu bylo u Nového rybníka, to znázorňuje i graf níže (Graf č. 4). Jediné dva odběry, kde tomu bylo jinak, jsou odběry s daty 26. 4. a 26.9 kdy bylo jedinců v 1 litru více v Novém než ve Starém rybníce. Ve stejném grafu můžeme také vidět, že během odběrů 22.7., 12.8., a 30.8. bylo ve Starém rybníku po přepočtení mnohem více jedinců v porovnání s rybníkem Novým i s ostatními odběrovými dny.



Graf č. 4 – Graf znázorňující porovnání množství jedinců v 1 litru rybníční vody mezi oběma rybníky

5.2 Rozbory živých vzorků

5.2.1 Nový rybník

Tabulka č. 4 – Tabulka znázorňující kvalitativní rozbor živých vzorků – Nový rybník

Nalezené druhy - živý vzorek - Nový r.	26.4	16.5	7.6	28.6	22.7	12.8	30.8	26.9	19.10	16.11
Hrotnatka (<i>Daphnia</i> typu <i>longispina</i>)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	×	✓
Čočkovci (<i>Chydoridae</i>)	✓	✓	×	×	×	×	×	×	×	×
Nosatičky (<i>Bosmina</i> sp.)	×	×	×	✓	×	×	×	×	×	×
Věsenka (<i>Simocephalus</i> sp.)	×	×	×	×	✓	✓	×	×	×	×
Vznášivky (Calanoida)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	×
Larvální stádia klanonožců (Copepoda)	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	×
Vířníci rodu <i>Polyarthra</i>	✓	×	✓	×	×	✓	×	✓	×	×
Vířníci rodu <i>Asplanchna</i>	×	×	×	✓	×	×	×	×	×	✓
Vířníci rodu <i>Syncheta</i>	✓	✓	✓	✓	×	×	×	×	✓	×
Vířníci rodu <i>Hexarthra</i>	×	×	×	×	✓	✓	✓	×	×	×
<i>Karatella quadrata</i>	✓	×	×	✓	✓	✓	×	×	×	×
<i>Karatella cochlearis</i>	×	×	×	✓	×	×	×	×	×	×

Ve výše uvedené tabulce (Tabulka č. 4) všechna zelená políčka znamenají, že se skupina ve vzorku v daný odběrový den vyskytovala, naopak políčka, která jsou šedá značí, že ten den skupina ve vzorku přítomna nebyla.

Celkově byl Nový rybník rozmanitější začátkem odběrového období a v průběhu léta, kde se zde vyskytovaly i nosatičky (*Bosmina* sp.) a *Karatella cochlearis*. Nejbohatším odběrovým dnem na pozorované skupiny byl den 26.8., kdy se zde vyskytovalo celkem osm skupin. Nejčastěji vyskytujícími se skupinami v tomto rybníce byly vznášivky (Calanoida), larvální stádia klanonožců a hrotnatka (*Daphnia* typu *longispina*). Koncem srpna začalo ubývat množství pozorovaných druhů ve vzorku. V podzimních měsících, zahrnutých do odběrového období je vidět, že se zde nevyskytovala většina z pozorovaných skupin z průběhu roku. Od září do listopadu zde byly přítomny vždy jeden nebo 2 druhy.

5.2.2 Starý rybník

Tabulka č. 5 – Tabulka znázorňující kvalitativní rozbor živých vzorků – Starý rybník

Nalezené druhy - živý vzorek - Starý r.	26.4	16.5	7.6	28.6	22.7	12.8	30.8	26.9	19.10	16.11
Hrotnatka (<i>Daphnia</i> typu <i>longispina</i>)	✓	✓	✓	×	✓	×	×	✓	×	✓
Čočkovci (<i>Chydoridae</i>)	×	✓	×	×	×	×	×	×	✓	×
Nosatičky (<i>Bosmina</i> sp.)	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓
Břichatky (<i>Ceriodaphnia</i> sp.)	×	×	×	×	✓	✓	×	×	×	×
Vznášivky (Calanoida)	×	✓	✓	×	×	×	✓	✓	✓	✓
Buchanky (Cyclopoida)	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Larvální stádia klanonožců	✓	✓	✓	×	×	×	✓	✓	✓	✓
Vířníci rodu <i>Polyarthra</i>	×	×	×	×	×	✓	×	✓	×	×
Vířníci rodu <i>Asplanchna</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	×
Vířníci rodu <i>Syncheta</i>	×	×	✓	×	×	×	✓	×	×	×
Vířníci rodu <i>Hexarthra</i>	×	×	×	✓	×	×	×	×	×	×
Vířníci rodu <i>Brachionus</i>	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	×	×	×
Vířníci rodu <i>Conochilus</i>	×	×	×	✓	✓	×	×	×	×	×

V tabulce č. 5 je na první pohled vidět, že Starý rybník byl rozmanitý v průběhu celého roku. Zelená zde opět značí, že byla skupina přítomna v daný odběrový den a šedá že nikoliv. Všechny pozorované skupiny se zde vyskytovaly ve vícero odběrových dnech. Nejstabilněji vyskytující skupiny v tomto rybníce tvořily buchanky (Cyclopoida), nosatičky (*Bosmina* sp.) a vířníci rodu *Asplanchna*, naopak nejméně se zde vyskytovali vířníci rodu *Syncheta*, *Polyarthra*, *Hexarthra* a *Conochillus*, a perloočky jako čočkovcovití (*Chydoridae*) a břichatky (*Ceriodaphnia* sp.), všechny tyto druhy se zde vyskytovaly pouze v jeden nebo dva odběrové dny.

5.2.3 Porovnání obou rybníků

Mezi jednotlivými tabulkami (Tabulka č. 4 a tabulka č. 5) si jsou vidět určité rozdíly ve vyskytujících se skupinách. V Novém rybníku se oproti Starému vyskytovali navíc:

- Vířníci (Rotifera):
 - *Karatella quadrata*
 - *Karatella cochlearis*
- Perloočky (Cladocera):
 - Rodu *Simocephalus*

Ve Starém rybníku se navíc oproti Novému vyskytovali:

- Buchanky (Cyclopoida)
- Perloočky (Cladocera):
 - Rodu *Ceriodaphnia*
- Vířníci (Rotifera):
 - Rodu *Brachionus*
 - Rodu *Conochilus*

Starý rybník měl také mnohem vyrovnanější počty pozorovaných skupin, i když se skupiny mezi odběry různily. Taky se zde nestávalo, že by byla během některého z odběrových dní pozorována pouze jedna nebo dvě ze skupin, vždy bylo pozorováno pět a více skupin. Takže i v případě pozorování živých vzorků byl tento rybník rozmanitější než rybník Nový.

6 Diskuze

6.1 Pozorování a splnění předpokladů sezónního vývoje

Předpokládali jsme, že ve Starém rybníce bude planktonu rozvinut mnohem více než v rybníce Novém a tento předpoklad se potvrdil. Další z předpokladů bylo, že ve starém rybníce bude mnohem více druhů zooplanktonu, toto tvrzení bylo potvrzeno jen z části, v živém vzorku bylo více pouze o jeden druh, ale je nutné zmínit, že se pozorované druhy lišily hned v několika bodech. Jako další předpoklad bylo stanoveno, že se zooplanktonu bude nejvíce dařit v letních měsících, tady je možné vidět, že v Novém rybníce, kde bylo druhů méně se zooplanktonu začalo dařit v měsíci červnu a nejpočetnější populace zde byly v měsíci září, oproti tomu ve Starém rybníku se zooplanktonu dařilo již v květnu a prosperoval ještě v říjnu, proto lze říci, že tento předpoklad se potvrdil pouze částečně a vývoj byl závislý na stáří rybníku i teplotách, které byly na podzim roku 2023 nadprůměrné.

6.1.1 Vývoj zooplanktonu Nový rybník x Starý rybník

Podle publikace Sommer et al. 1986 jsem předpokládala, že se na začátku odběrového období bude dařit býložravým druhům zooplanktonu, jako jsou vířníci, až u pozdějších odběrů se bude dařit větším pomalu rostoucím druhům, jako jsou například perloočky. V Novém rybníku se mi část toho předpokladu potvrdila – začátkem odběrové sezóny se opravdu vířníkům dařilo a ve vzorcích dominovali, co jsem ale nepředpokládala, bylo, že se bude už ze začátku dařit perloočkám, ty jsou alespoň v Novém rybníce také zastoupeny v poměrně hojném počtu. To může být způsobeno i tím, že odběry začaly probíhat až koncem dubna, tudíž je možné že kdyby odběrová sezóna začala již začátkem března, ve vzorcích by opravdu byly zastoupeny především vířníci. Ve Starém rybníku, se tento předpoklad nepotvrdil téměř vůbec. Vířníci zde dominovali až od začátku letního období (7.6) což mohlo být způsobeno několika faktory, například bylo zjištěno, že se ve starém rybníku vyskytuje více dusičnanů. Je tedy možné, že jejich nárůst byl spojen s nárůstem biomasy fytoplanktonu, která pro svůj růst spotřebovává dusík a fosfor.

Další ze sledovaných skupin byly perloočky, u perlooček jsem si myslela, že se jim bude lépe dařit v Novém rybníku, protože zatím není zarybněný a tudíž na zde

nebude rybami vyvíjen predací tlak jak popisují Sommer et al. 1986. Tato domněnka se mi ale nepotvrdila, což mohlo být opět způsobeno několika faktory. Prvním z faktorů je, že je v Novém rybníku méně živin než v rybníku starém, proto zde nedošlo k tam masivnímu rozvoji fytoplanktonu a zooplankton se tudíž neměl čím živit. Právě protože ve starém rybníku bylo více živin, mohly se perloočky i rychleji množit a predací tlak ryb na ně tudíž nemusel tak velký vliv jako jsem předpokládala.

Můj celkový odhad byl, že se ve Starém rybníku bude nacházet větší množství různých skupin planktonu než v rybníce Novém, protože nově založené rybníky obvykle obsahují pouze několik běžných druhů. Že nové rybníky obsahují pouze několik málo běžných druhů, říká ve své publikaci i Olmo et al. 2012. Můj předpoklad se tedy shodoval s tvrzením z publikace a následně byl provedením analýzy vzorků potvrzen. Starý rybník byl opravdu bohatší na množství zástupců mnou hodnocených skupin. To může souviset se spoustou faktorů jako je úspěšnost přezimování více druhů z předešlé sezóny.

Tím, že se za poslední léta spousta rybníků změnila z oligotrofních na eutrofní místy i hypertrofní (Pechar 2000), tak jsem se domnívala, že to bude případ i Starého rybníka a budou početné populace jak fytoplanktonu, tak zooplanktonu. V tabulkách č. 2 a č. 3 je vidět, že se tato domněnka, co se týká zooplanktonu potvrdila.

7 Závěr

- V rešeršní práci, která byla provedena pro toto sledování, byla shrnuta problematika sezónního vývoje zooplanktonu v nádržích během roku.
- Cíle diplomové práce byly naplněny, nicméně zde nejsou obsaženy veškeré informace o planktonu jako takovém, a to především z důvodu šíře tématu.
- V diplomové práci byly zkoumány pouze dva konkrétní rybníky, proto mohou být výsledky v porovnání s ostatními pracemi odlišné. Je to dané především tím, že každá lokalita rybníku je jiná a plankton v nich má jiné podmínky pro svůj život.
- Předpoklad pro tuto práci byl, že zooplankton bude mnohem více rozvinutý ve Starém rybníku a že se mu bude nejlépe dařit především v letních měsících. Toto tvrzení bylo sledováním vývoje zooplanktonu v obou nádržích v průběhu roku potvrzeno.
- Výsledky této práce jsou opět malým dílkem do pochopení vývoje v planktonu v nových nádržích v průběhu sezóny především na stanovištích s podmínkami podobnými těm, ve kterých se vyskytují tyto dvě sledované nádrže. Další výzkumy by se mohli ubírat především směrem zkrácení kroků odběrů vzorků, pro lepší přehled sezónního vývoje. V této práci bylo pozorováno pouze sedm skupin v zakonzervovaném vzorku, a proto by v budoucí práci mohlo být rozlišováno skupin mnohem více. Dále by další práce mohly být propojeny se sledováním fytoplanktonu ve vodním prostředí nebo se sledováním chemismu vody v průběhu celé sezóny.
- V praxi lze výsledky využít zejména v těchto dvou nádržích, například v případě chovu ryb, protože ryby preferují některé skupiny zooplanktonu více než jiné, a to především z důvodu nutričních hodnot.

8 Literatura

- Anton-Pardo M., Adámek Z., 2015: The role of zooplankton as food in carp pond farming: A review. *Journal of Applied Ichthyology* **31**:7-14. ISSN 0175-8659
- Bełdowska M., Kobos J., 2016: Mercury concentration in phytoplankton in response to warming of an autumn - winter season. *Environmental Pollution* **215**: 38–47.
- Bowman M. N., McManamay R. A., Perez A. R., Hamerly G., Arnold W., Steimle E., Kramer K., Norris B., Prangnell D., Matthews M., 2024: Analysis of an optical imaging system prototype for autonomously monitoring zooplankton in an aquaculture facility. *Aquacultural Engineering* **104**. (102389). DOI: 10.1016/j.aquaeng.2023.102389
- Brierley A. S., 2017: Primer Plankton. *Current Biology* **27**: R478 – R484.
- Coccia C., Almeida B. A., Badosa A., Diniz L. P., Brendonck L., Frisch D., Green A. J., 2024: Hydroperiod length, not pond age, determines zooplankton taxonomic and functional diversity in temporary ponds. *Ecological Indicators* **159**. (111632). DOI: 10.1016/j.ecolind.2024.111632
- Dodson S. I., Frey D. G., 2001: CLADOCERA AND OTHER BRANCHIOPODA. In: Thorp J. H., Covich A. P., (eds.): *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Academic Press, 849 – 913. ISBN 978-0-12-690647-9
- Dudgeon D., Arthington A. H., Gessner M. O., Kawabata Z. I., Knowler D. J., Lévêque C., Naiman R. J., Prieur-Richard A. H., Soto D., Stiassny M. L. J., Sullivan C. A., 2006: Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews* **81**:163-182.
- Ersoy Z., Abril M., Cañedo-Argüelles M., Espinosa C., Vendrell-Puigmitja L., Proia L., 2022: Experimental assessment of salinization effects on freshwater zooplankton communities and their trophic interactions under eutrophic conditions. *Environmental Pollution* **313**. (120127). DOI: 10.1016/j.envpol.2022.120127
- Hartman P., Příkryl I., Štědrónský E., 2005: *Hydrobiologie*. Informatorium spol. s r. o., Praha, ISBN 80-7333-046-6

- Ivanova A.P., Vrba J., Potužák J., Regenda J., Strunecký O., 2022: Seasonal Development of Phytoplankton in South Bohemian Fishponds (Czechia). *Water (Switzerland)* **14**. MDPI. DOI: 10.3390/w14131979
- Jia J., Shi W., Chen Q., Lauridsen T. L., 2017: Spatial and temporal variations reveal the response of zooplankton to cyanobacteria. *Harmful Algae* **64**. 63–73.
- Jiang X., Liu Y., Su W., Shen J., An S., Qin G., Leng X., 2023: Seasonal and flow regime differences should be considered in explaining zooplankton metacommunity assembly. *Global Ecology and Conservation* **47**. (e02653). DOI: 10.1016/j.gecco.2023.e02653
- Kajgrová L., Blabolil P., Drozd B., Roy K., Regenda J., Šorf M., Vrba J., 2022: Negative effects of undesirable fish on common carp production and overall structure and functioning of fishpond ecosystems. *Aquaculture* **549**. (737811). DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.737811
- Kajgrová L., Pecha O., Roy K., Dvořák J., Let M., Potužák J., Vrba J., Bláha M., 2024: Pond cascades as a tool for ecological aquaculture allowing natural zooplankton succession, nutrient retention, and multiple stocking–harvesting cycles. *Aquacultural Engineering* **104**. (102374). DOI: 10.1016/j.aquaeng.2023.102374
- Kalinowska K., Napiórkowska-Krzebietke A., Bogacka-Kapusta E., Stawecki K., Traczuk P., Ulikowski D., 2023: Algae–zooplankton relationships during the year-round cyanobacterial blooms in a shallow lake. *Hydrobiologia* DOI: 10.1007/s10750-023-05435-9. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH.
- Krztoń W., Kosiba J., 2020: Variations in zooplankton functional groups density in freshwater ecosystems exposed to cyanobacterial blooms. *Science of the Total Environment* **730**. (139044) DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139044
- Li C., Feng W., Chen H., Li X., Song F., Guo W., Giesy J. P., Sun F., 2019: Temporal variation in zooplankton and phytoplankton community species composition and the affecting factors in Lake Taihu—a large freshwater lake in China. *Environmental Pollution* **245**. 1050–1057.

- Li Y., Xie P., Zhang J., Tao M., Deng X., 2017: Effects of filter-feeding planktivorous fish and cyanobacteria on structuring the zooplankton community in the eastern plain lakes of China. *Ecological Engineering* **99**. 238–245.
- Liu H., Cheng W., Xiong P., Li H., Liu Z., Ai J., Yuan D., Wan F., Wan Y., Zou H., Shu P., 2023: Temporal variation of plankton and zoobenthos communities in a freshwater reservoir: Structure feature, construction mechanism, associated symbiosis and environmental response. *Ecological Indicators* **154**. (110774). DOI: 10.1016/j.ecolind.2023.110774
- Morris J.E., Mischke C.C., 1999: Plankton Management for Fish Culture Ponds. Technical Bulletin Series #114. Department of Animal Ecology Iowa State University Agricultural Experiment Station. In cooperation with USDA's Cooperative State Research,
- Olmo C., Armengol X., Ortells R., 2012: Re-establishment of zooplankton communities in temporary ponds after autumn flooding: Does restoration age matter? *Limnologia* **42**. 310–319.
- Pechar L., 2000: Impacts of long-term changes in fishery management on the trophic level water quality in Czech fish ponds. *Fisheries Management and Ecology* **7**. 23 – 31.
- Ray S., Berec L., Straškraba M., Jørgensen S. E., 2001: Optimization of exergy and implications of body sizes of phytoplankton and zooplankton in an aquatic ecosystem model. *Ecological Modelling* **140**. 219 – 234.
- Richardson A. J., 2008: In hot water: zooplankton and climate change. *Journal of Marine Science* **65**. 279–295.
- Ringelberg J., 2010: Diel Vertical Migration of Zooplankton in Lakes and Oceans. Causal Explanations and Adaptive Significances. Springer Netherlands, Nizozemsko, 356 s. ISBN: 978-90-481-3093-1
- Rizo E. Z. C., Liu P., Niu H., Yang Y., Lin Q., Papa R. D. S., Dumont H. J., Han B. P., 2020: Zooplankton in a continuous waterscape: environmental and spatial factors shaping spring zooplankton community structure in a large canyon reservoir at the tropic of cancer. *Hydrobiologia* **847**. 3621–3635.

- Sarma S. S. S., Nandini S., Gulati R. D., 2005: Life history strategies of cladocerans: Comparisons of tropical and temperate taxa. *Hydrobiologia* **542**. 315-333.
- Scheffer M., Hosper S. H., Meijer M-L., Moss B., Jeppesen E., 1993: Alternative ekvilibria in shallow lakes. *Reviews Tree* vol. 8 no. **8**. 275 – 279.
- Scheffer M., Jeppesen E., 2007: Regime shifts in shallow lakes. *Ecosystems* **10**. 1-3.
- Sommer U., Lewandowska A., 2011: Climate change and the phytoplankton spring bloom: Warming and overwintering zooplankton have similar effects on phytoplankton. *Global Change Biology* **17**(1). 154–162.
- Sommer U., Gliwicz M. Z., Lampert W., Duncan A., (1986). The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters. *Archiv für Hydrobiologie* **106**. 433-471
- Šrámek-Hušek R., 1953: Naši klanonožci. Nakladatelství Československé Akademie věd, Praha, 61 s.
- Tang C., Yi Y., Yang Z., Zhou Y., Zerizghi T., Wang X., Cui X., Duan P., 2019: Planktonic indicators of trophic states for a shallow lake (Baiyangdian Lake, China). *Limnologia* **78**. (125712). DOI: 10.1016/j.limno.2019.125712
- Teodósio M. A., Barbosa A. B., (eds), 2021: *Zooplankton Ecology*. CRC Press, Portugalsko, 276 s. ISBN: 9781138496453
- Thostrup L., & Christoffersen K., (1999): Accumulation of microcystin in *Daphnia magna* feeding on toxic *Microcystis*. *Archiv Für Hydrobiologie* **145**(4), 447-468. DOI: [10.1127/archiv-hydrobiol/145/1999/447](https://doi.org/10.1127/archiv-hydrobiol/145/1999/447)
- Tillmanns A. R., Wilson A. E., Pick F. R., Sarnelle O., 2008: Meta-analysis of cyanobacterial effects on zooplankton population growth rate: Species-specific responses. *Fundamental and Applied Limnology*. *Archiv Für Hydrobiologie* **171**(4). 285–295.
- Tulsankar S. S., Cole A. J., Gagnon M. M., Fotedar R., 2021: Temporal variations and pond age effect on plankton communities in semi-intensive freshwater marron

(*Cherax cainii*, Austin and Ryan, 2002) earthen aquaculture ponds in Western Australia. *Saudi Journal of Biological Sciences* **28**. 1392–1400.

Vrba J., Šorf M., Nedoma J., Benedová Z., Kröpfelová L., Šulcová J., Tesařová B., Musil M., Pechar L., Potužák J., Regenda J., Šimek K., Řeháková K., 2023: Top-down and Bottom-up Control of Plankton Structure and Dynamics in Hypertrophic Fishponds. *Hydrobiologia*. DOI: 10.1007/s10750-023-05312-5.

Wallace R. L., Snell T. W., 2001: PHYLUM ROTIFERA. In: Thorp J. H., Covich A. P., (eds.): *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Academic Press, 195-254. ISBN 978-0-12-690647-9

Williamson C. E., Reid J. W., 2001: COPEPODA. In: Thorp J. H., Covich A. P., (eds.): *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Academic Press, 915-954. ISBN 978-0-12-690647-9

Xu H., Zhao D., Zeng J., Mao Z., Gu X., Wu Q. L., 2022: Evaluating the effects of aquaculture on the freshwater lake from the perspective of plankton communities: The diversity, co-occurrence patterns and their underlying mechanisms. *Environmental Pollution* **309**. (119741) DOI: 10.1016/j.envpol.2022.119741

Zhao K., Song K., Pan Y., Wang L., Da L., Wang Q., 2017: Metacommunity structure of zooplankton in river networks: Roles of environmental and spatial factors. *Ecological Indicators* **73**. 96–104.

9 Seznam grafů a tabulek

9.1 Seznam grafů

- Graf č. 1 – Výšky vodní hladiny – Nový rybník (zdroj dat: Jan Vymazal; upraveno)
- Graf č. 2 – Graf znázorňující procentické zastoupení jedinců v 1 litru rybniční vody v Novém rybníce
- Graf č. 3 - Graf znázorňující procentické zastoupení jedinců v 1 litru rybniční vody ve Starém rybníce
- Graf č. 4 – Graf znázorňující porovnání množství jedinců v 1 litru rybniční vody mezi oběma rybníky

9.2 Seznam tabulek

- Tabulka č. 1 – Tabulka s datumy odběrů vzorků
- Tabulka č. 2 – Tabulka znázorňující množství zástupců jednotlivých druhů v 1 litru rybniční vody v Novém rybníce
- Tabulka č. 3 – Tabulka znázorňující množství zástupců jednotlivých druhů v 1 litru rybniční vody ve Starém rybníce
- Tabulka č. 4 – Tabulka znázorňující kvalitativní rozbor živých vzorků – Nový rybník
- Tabulka č. 5 – Tabulka znázorňující kvalitativní rozbor živých vzorků – Starý rybník