

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Přírodovědecká fakulta

Ověřování PEG modelu v různých typech rybníků  
Magisterská práce

Ester Staříková

Školitel: Mgr. Josef Juráň, Ph.D.

České Budějovice 2024

Staříková E., 2024. Ověřování PEG modelu v různých typech rybníků [PEG model validation in different types of fishponds. Bc. Thesis, in Czech.] 72 - p.

Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.


**Annotation:**

The research was conducted in the surroundings of Toužim town and close by villages. Samples of plankton and metaphyton were collected from 13 fishponds over years 2021/2022, samples were taken every three weeks. Various environmental variables were measured, such as temperature, conductivity, pH, transparency and nutrient content. The specimens of algae and zooplankton were identified.

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracovala pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Brti, ... 1.4.2024.....

Ester Staříková



**Obsah**

1. Úvod.....	1
2. Přehled problematiky.....	2
2.1. Proč by nás měla sezónní dynamika zajímat?.....	2
2.2. Stručná historie PEG modelu .....	2
2.3. Krok za krokem celým rokem.....	3
3. Metodika .....	10
3.1. Výběr lokalit .....	10
3.1.1. Bezejmenný rybník při cestě do Krásného Údolí (Leknín) .....	10
3.1.2. Bezejmenný rybník v Otročině .....	11
3.1.3. Dolnosedelský rybník .....	12
3.1.4. Drahnosedelský rybník.....	12
3.1.5. Přírodní koupaliště v Toužimi.....	12
3.1.6. K1 Rybník u kolejí vedle Mezlerova rybníka .....	13
3.1.7. Bezejmenný rybník u Útvinského hřiště .....	13
3.1.8. Starý rybník .....	14
3.1.9. Brťský rybník (Brťák) .....	14
3.1.10. Bezejmenný rybník v Sedle (Sedlo náves).....	15
3.1.11. Šinka.....	15
3.1.12. Malý rybník nad Brtí zvaný Marešův.....	16
3.1.13. Podzámecký rybník .....	16
3.2. Odběry .....	17
3.3. Determinace a chemická analýza.....	17
3.4. Použité programy.....	18
3.5. Použité statistické metody.....	18
4. Výsledky .....	18
4.1. Sezónní dynamika na jednotlivých rybnících .....	21
4.1.1. Bezejmenný rybník při cestě do Krásného Údolí (Leknín) .....	21
4.1.2. Bezejmenný rybník v Otročině.....	23
4.1.3. Dolnosedelský rybník .....	25
4.1.4. Drahnosedelský rybník.....	27
4.1.5. Přírodní koupaliště v Toužimi .....	29
4.1.6. K1, rybník u kolejí vedle Mezlerova rybníku .....	31
4.1.7. Bezejmenný rybník u Útvinského hřiště. ....	33
4.1.8. Starý rybník .....	35
4.1.9. Brťský rybník (Brťák) .....	37
4.1.10. Bezejmenný rybník v Sedle (Sedlo náves).....	39

4.1.11. Šínka.....	41
4.1.12. Malý rybník nad Brtí zvaný Marešův.....	43
4.1.13. Podzámecký rybník .....	45
4.2. PEG tabulka splněných kroků.....	47
5. Diskuse .....	51
5.1. Hloubka, hloubka a zase hloubka .....	51
5.2. Zooplankton a potravní řetězce.....	52
5.3. Období čiré vody.....	53
5.4. Makrofyta.....	54
6. Závěr.....	56
7. Přílohy .....	57
8. Literatura.....	58

## 1. Úvod

Magisterská práce volně navazuje na bakalářskou diplomovou práci, která se zabývala sezonní dynamikou řas v různých typech rybníku, původních deset lokalit bylo rozšířeno o tři další.

Hlavními cíli diplomové práce bylo:

1. Porovnat vývoj dynamiky zooplanktonu a řas jednotlivých lokalit s PEG modelem.
2. Najít společné rysy mezi rybníky stejného typu.

## 2. Přehled problematiky

### 2.1. Proč by nás měla sezónní dynamika zajímat?

Sinice a řasy jsou důležitými primárními producenty ve všech vodních tělesech. Díky Hutchinsonově paradoxu fytoplanktonu je v rybnících, přehradních nádržích a jiných vodních tělesech přítomno neustále mnoho druhů. Působením biotických a abiotických faktorů však dochází během roku ke střídání nejvíce zastoupených skupin, které lépe snáší dané podmínky, jako je nízká teplota, nedostatek nutrientů, stratifikace, nebo predanční tlak ze strany zooplanktonu. Je důležité znát faktory vedoucí k převaze určitých skupin a zároveň znát faktory vedoucí k omezením skupin nežádoucích. Příkladem mohou být vodní květy sinic, či vegetační zákaly, které vedou ke snížení kvality vody, nebo zhoršení stavu životního prostředí pro jiné organismy. Zákaly a květy se tvoří, pokud je splněno několik faktorů, mezi nimi je stabilní vodní sloupec a přítomnost populace organismu, který se musí umět jakýmkoliv způsobem udržet ve fotosynteticky aktivní vrstvě. Řasy, často tvorbou výrůstků nebo pomocí areotopů u některých sinic, zvětšují objem, přičemž sinice se mohou zdržovat i metalimniu a tvořit zde svá maxima, jak to bývá u *Planktothrix aghardii* (Ninio et al., 2020; Barsanti et al., 2014; Kim 1993; Sommer et al., 2012; Padišák et al., 2003). Namnožení řas a sinic se může dít i během zimního období, kdy je díky nízké teplotě otevřená nika pro druhy tolerující právě tuto situaci. Mezi fytoplanktonem, zooplanktonem, bakterioplanktonem dochází k nespočtu interakcí, které ovlivňují složení všech zúčastněných skupin.

Na prostředí se musíme dívat i z pohledu minulosti, protože současný stav je jejím odrazem. Faktory, jak autoři uvádějí, ovlivňují společenstvo během roku různou měrou. Například v případě živin se jejich dostupnost mění spolu s teplotou, to se týká i stopových prvků (Rulík et al., 2013).

### 2.2. Stručná historie PEG modelu

Na základě několikaleté studie, do které bylo zapojeno mnoho zemí, mezi nimi i Československo, byl vytvořen Ulrichem Sommerem a jeho kolegy model, který popisuje sezónní dynamiku fytoplanktonu a zooplanktonu a který ve 24 krocích popisuje změny v této dynamice. Seznam těchto kroků byl poskytnut vědcům, aby jej ověřili na dobře prostudovaných vodních nádržích rybnících, jezerech mírného i subtropického pásma, a to stratifikovaných či nikoliv. V roce 2012 byl model autory revidován a doplněn o faktory, jako je přezimování zooplanktonu, parazitace a pohled na kvalitu potravy pro zooplankton.

Hlavními faktory však i nadále zůstávají světlo a stratifikace, které rozhodují o průběhu počátku vegetační sezóny.

PEG model byl přijat širokou odbornou veřejností. V mnohých studiích se změny v sezónní dynamice odpovídaly modelu a jiných případech tomu naopak. Nutno podotknout, že s tím autoři modelu počítali. Každý vodní útvar je nesporně unikátní ekosystém s vlastní historií, vlastní „zásobou“ druhů, jejichž interakce spolu s morfologií nádrže a vnějšími podmínkami vytváří jedinečné životní prostředí (Kalff, 2002).

### 2.3. Krok za krokem celým rokem

PEG model je slovním popisem sezónní dynamiky, v Tab. č. 1. je jeho znění.,

**Tab. č. 1.:** PEG model (převzato ze Sommer et al., 1986).

1.	Koncem zimy, díky dostatku světla a nutrientů, dochází k nelimitovanému růstu fytoplanktonu. Především malých rychle rostoucích druhů jako jsou Cryptophyta a malé centrické rozsivky.
2.	Malé řasy jsou požírány herbivorním zooplanktonem vylíhnutým z klidových stádií. Zooplankton se rychle množí díky dostatku potravy.
3.	Nejdříve se zvyšuje populace planktonních herbivorů s krátkou generační dobou. Poté jsou následovány pomalu rostoucími druhy.
4.	Dochází k exponenciálnímu růstu zooplanktonu do bodu, kdy spásání přeroste reprodukční rychlost řas.
5.	Nastává „období čiré vody“ v důsledku predčního tlaku zooplanktonu následované množением nejedlých druhů řas a sinic. Během tohoto období čiré vody také dochází k recyklaci živin a jejich množství může v prostředí narůstat.
6.	Limitace zooplanktonu potravou.
7.	Predční tlak ryb na zooplankton je vysoký a snižuje se jeho početnost. Ve společenstvu dojde k posunu směrem k malým druhům zooplanktonu.
8.	Roste biomasa jarního fytoplanktonu, díky dostatku živin a malému predčnímu tlaku ze strany zooplanktonu. Společenstvo fytoplanktonu se stává komplexnějším v druhovém složení i v rámci funkčních skupin.

9.	Převažují Cryptophyta a zelené kokální řasy, které vyčerpají rozpuštěný fosfor v prostředí na hranici detekce.
10.	Fosfor se stává limitujícím prvkem, reguluje spolu se zooplanktonem exponenciální růst "jedlých řas".
11.	Kompetice o fosfor způsobí nahrazení zelených řas velkými rozsivkami, ty jsou pro zooplankton nevhodnou potravou.
12.	Vyčerpání křemíku vede k vystřídání velkých Bacillariophyceae velkými druhy Dinophyta nebo sinicemi.
13.	Vyčerpání dusíku zvýhodňuje sinice
14.	Velké druhy korýšů jsou nahrazeny malými druhy nebo vířníky.
15.	Malý zooplankton žije pod zvýšeným predčním tlakem ryb. Fytoplankton je komplexní.
16.	Druhové složení a biomasa fytoplanktonu během léta fluktuuje. Později začíná být druhové složení fytoplanktonu ovlivněno teplotou.
17.	Roste vliv fyzikálních faktorů.
18.	Po mírném poklesu biomasy řas, se rozvíjí druhy adaptované na míchání vodního sloupce. Během podzimu se více objevují velké jednobuněčné nebo vláknité druhy a především rozsivky.
19.	Kromě velkých druhů jsou v malé biomase přítomny malé "jedlé řasy".
20.	Podzimní maximum velkých i malých zooplanktonních druhů.
21.	Díky zhoršujícím se světelným podmínkám ubývá množství řas až na zimní minimum.
22.	Zmenšení biomasy herbivorního zooplanktonu, jako důsledek nedostatku potravy a nízké teploty.
23.	Produkce klidových stádií zooplanktonu.
24.	Probouzení buchanek z diapauzy.

Jedním z prvních kroků modelu je nelimitovaný nárůst biomasy řas spojený s dostatkem živin a především se zlepšením světelných podmínek. Pod ledem je jen tenká vrstva, kde může docházet k fotosyntéze, nesmí však být po dlouhou dobu pokrytý sněhem. U mnohých řas dochází po dlouhé době vystavení temnotě ke ztrátě chloroplastů (Jacquot, 2018). Velmi citlivá je na zapadání zmrzlé hladiny *Synura*, radikálně klesá její abundance a po odstranění sněhu se její růstová křivka mění velmi pomalu. Dochází i k druhové změně



ve složení zelených řas. Převažují ty, které dokážou růst za zhoršených světelných podmínek a současně nízké koncentrace živin (Wright 1964). Během jarního rozvoje fytoplanktonu bývají nejvíce zastoupeny Cryptophyta, ty ale tvoří téměř veškerou složku zimního fytoplanktonu spolu s obrněnkami *Apocalathium aciculiferum* (dříve *Peridinium aciculiferum*) a *Biecheleria ordinata* (dříve *Woloszynskia ordinata*), které tvoří velké populace i při zalednění a jsou dokonce schopny tvořit zimní vodní květy (Reynolds, 2006). V průběhu jara profitují Cryptophyta navíc už jen z toho, že se prodlužuje délka dne. Nepotřebují mnoho světla a často jsou během roku dalšími původci metalimnických maxim chlorofylu. Současně je v planktonu mnoho apochlorických druhů (Gasol et al., 1993). Ukázalo se, že *Rhodomonas* preferuje větší hloubky než ostatní zástupci Cryptophyta. (Sommer, 1986). Je adaptovaná na zelené světlo, které proniká o něco hlouběji a navíc jsou mnohé Cryptophyta mixotrofní. Z jara jsou mnohem častější rostoucí relativně pomalu druhy, dále jde zejména o malé centrické a penátní rozsivky a jejich koloniální formy (Sommer et al., 1986). Rozsivky mají výhodu ve schopnosti přezimovat a také díky poměru objemu k povrchu, jsou schopné rychle přijímat fosfor. Limitující by v tomto období pro rozsivky mohl být nedostatek křemíku, z kterého si budují schránky, k tomu však většinou během této fáze nedochází (Mullin & Riley 1955). Rozvoji dalších skupin řas a sinic předchází postupné ohřívání vody, ta má tendenci klesat a vyvolat konvekční míchání, čímž naruší inverzní stratifikaci. Jde o jarní cirkulaci vody (Kalff, 2002).

Důležitější než teplota vody samotná je tedy její efekt na míchání vodního sloupce. Dochází ke klesání řas mimo eufotickou zónu, kterému se mnoho druhů nedokáže bránit aktivním pohybem. Jarní míchání má různou dobu trvání dle hloubky i expozice větru (Reynolds, 2006). U velmi hlubokých nádrží nemusí dojít k promíchání celého sloupce a živiny, které by se jinak uvolnily z hypolimnia, se nedostanou zpět k řasám (Kalff, 2002). V našich podmínkách, vlivem střídání ročních období, by měly být rybníky a jezera dimiktická (Kalff 2002). Pravdou je, že díky malým hloubkám a morfologii obecně, jsou spíše polymiktická, tedy se epilimnion dotuje recyklovanými živinami během sezóny vícekrát (Kalff, 2002). Tyto dotace vedou k opakovanému masovému nárůstu řas (Reynolds, 2006).

Rozvoj řas je následován rozvojem a populačním růstem zooplanktonu. Nejdříve jde o druhy s krátkou generační dobou, jako jsou Ciliata a Rotifera (Sommer, 1986). V mnoha studiích se Ciliata podílí i více než z jedné třetiny na poklesu bakteriální biomasy, a to spíše během teplejších měsíců. Vířníci na druhou stranu mnohdy vyvíjí větší predanční tlak koncem zimy. Heterotrofní nanobičkovci jsou hlavními bakteriovoři. Zapojují fosfor,

dusík i uhlík do složitých potravních řetězců (Kalff, 2002; Rulík et al., 2013). Jsou schopny zužitkovat téměř veškerou bakteriální produkci, a to především v chladnějších měsících, kdy je produktivita vlivem teploty nižší (Šimek, 1986).

Bakteriovorie není však u heterotrofních nanobičičkovců zcela obligátní, alespoň část jejich potravy se skládá z autotrofního pikoplanktonu (Sanders, 1991). Za další konzumenty můžeme také v jisté míře považovat mixotrofní řasy, kdy jen část jejich energie pochází z vlastní fotosyntézy. Mixotrofie je pro kompetici výhodou nejen v oligotrofním prostředí. Ukazuje se, že perloočky během „období čiré vody“, kdy vlivem predace zooplanktonu na řasách je velmi málo potravy, více požívají bakterie (Bird & Kalff 1986, Gonzales et al., 1990).

Na druhou stranu díky svému rychlému množení jsou bakterie schopny změnit svou morfologii a stát se predátorům nepřístupnými, například na predaci nálevníky a vířníky reagují tvorbou vláken (Güde, 1989, Jürgens & Güde, 1994). Před perloočkami se brání naopak svým zmenšením, protože některé druhy nemají dostatečně jemný filtrační aparát, který by je dokázal zachytit (DeMott, 1985, Porter et al., 1983). Důsledkem toho je snížení konkurenčního tlaku mezi bakteriemi a řasami. Různé druhy zooplanktonu jsou schopny konzumovat různě velký fytoplankton, což se následně odráží ve složení společenstva. Teoreticky se zvyšující teplotou by měly dominovat malé řasy díky vhodnému poměru objemu a povrchu, snadněji tedy přijímají živiny. Velikost řas přítomných v ekosystému je tedy částečně závislá na dynamice zooplanktonu, Cladocera podle některých studií selektují malé druhy řas. Zooplankton navíc selektuje potravu dle její jakosti na základě chemické analýzy. Predaci se řasy brání tvorbou výrůstků nebo slizem. Ukazuje se, že ani vláknité řasy nebo sinice nejsou před predací zcela chráněny, například břichatka (rod *Ceriodaphnia*) byla pozorována, jak pozře celé vlákno sinice *Oscillatoria* (De Mott, 1982), Klanonožci jsou schopni vlákna rozkouskovat. Ukazuje se, že ani tvorba kolonií není tak účinnou formou obrany. Stejnou taktiku používají i bakterie, díky agregaci se vyhýbají predaci malými protisty (Jürgens & Güde 1994). Zooplankton může regulovat i vznik vodních květů nebo přinejmenším výrazně snížit jejich biomasu, dokonce jsou některé druhy schopné tolerovat jejich mnohdy toxické sekundární metabolity pravděpodobně vlivem dlouhodobé koexistence (Bouvy et al., 2001, Ger et al., 2016, Leitao et al., 2020). Euglenophyta jsou schopna přežít pozření díky pelikule, dokonce ještě z pohlcení profitují, ocitají se tak v prostředí, kde je více dostupný fosfor a dusík. Zda se nechávají pozřít záměrně není dosud známo. Jde jistě o rafinovanou strategii, jak přežít nehostinné podmínky, když dojde k vyčerpání živin v epilimnionu, navíc si ukládají zásobu fosforu

v podobě volutinu (Reynolds, 2006). Malé druhy zooplanktonu jsou častěji limitované živinami kvůli malému rozsahu kořisti, především jedná-li se o čistě fagotrofní organismy (Cordova et al., 2008). Přezimující zooplankton má velký vliv na jarní maximum fytoplanktonu, především na to, jak rychle po zlepšení světelných podmínek nastane. Dokáže i výrazněji pohnout se složením řas a následně ovlivní i další zooplanktonní druhy, které se líhnou později (Sommer & Lewandowska, 2011).

Ke konci období čiré vody dojde k úbytku biomasy zooplanktonu vlivem predace ze strany větších druhů a planktonožravých ryb. Zmenšuje se i velikost přeživších druhů, protože jsou lépe schopny vzdorovat jejich predančnímu tlaku. Prostředí začíná být opět bohatší živinami, což spolu s ostatními faktory umožní znovu nárůst biomasy řas. Společenstvo je druhově i funkčně komplexnější. Nárůst však není tak masový a jej řízen množstvím živin, kompeticí a predací. Objevují se hojně druhy, označované jako „nejedlé“, většinou mají ostny nebo slizové obaly. Poklesy množství specifických živin, fosfor, dusík nebo Si vedou k změnám dominantních druhů. Při poklesu fosforu jsou zelené řasy nahrazeny rozsivkami, po snížení množství křemíku mohou pak dominovat obrněnky nebo sinice, jak uvádí autoři modelu. Sinice jsou schopné navíc fixovat vzdušný dusík a měnit svou polohu ve vodním sloupci pomocí areotopů (Walsby & Klemmer, 1974).

Zvýšená abundance Dinophyta nebývá spouštěna množstvím živin, povětšinou jsou hojnější v období, kdy je některá z hlavních živin v relativním nedostatku. Velmi výhodné je pro ně období, kdy se rozpadá vegetační zákal Bacillariophyceae, tato skupina totiž umí produkovat látky, často vitamíny, které jsou pro obrněnky v období růstu zásadní (Reynolds, 2006). Obrněnky jsou z velké části mixotrofní organismy, které jsou schopny pomocí fagopodu (trubička na konci s bodcem) či jiných struktur vysávat cytoplasmu kořisti, která nemusí být pouze bakteriální nebo z řad řas, ale jsou dokumentovány případy, kdy takto loví i nálevníky (Reynolds, 2006), na jednom jedinci se často takto živí více Dinophyta. Druh *Dissodinium pseudolunula* vysává cytoplasmu z vajíček klanonožců. Obrněnky jsou sice bohaté na mnohé látky, ale pro zooplankton jsou těžce dostupné díky své velikosti, přítomnosti pancíře nebo únikovými reakcemi. V případě podráždění jsou schopny vymrštít trichocysty což odmrští buňku opačným směrem. Podobně jako obrněnky mohou být favorizovány stejným způsobem Chrysophyceae, které jsou schopné získávat fosfor z bakterií. Koloniální *Dinobryon*, je schopen denně zkonzumovat až 30 % vlastní váhy v podobě bakteriální biomasy, bakterie mají v sobě mnohem více fosforu než řasy v porovnání k velikosti těla (Zheng et al., 2019). Některé zelené řasy, jako je třeba *Coccomyxa*, jsou schopné produkovat extracelulární fosfatázy a získat si kompetiční

výhodu. Aktivita těchto enzymů je však závislá na pH, které se může výrazně vychylovat vlivem fotosyntézy. Pokud je fytoplankton limitovaný fosforem, vypouští do prostředí spoustu látek, které slouží jako zdroj uhlíkatých sloučenin pro ostatní organismy, především bakterie (Dai et al., 2016, Dyhrman & Palenik, 1999). Brzký rozvoj sinic může způsobit absenci období čiré vody, protože mnozí filtrátoři nedokážou sinice pozřít. Klíčové druhy zooplanktonu tedy mohou během sezóny v prostředí chybět a na ostatní řasy není tedy vyvíjen takový tlak. Pravděpodobnější je tento scénář v eutrofním prostředí, kde řasy nebudou limitovány vyčerpáním živin (Deneke & Nixdorf, 1999, Rohrlack et al., 1999, Straškrábová et al., 1999). Trofie hraje v PEG modelu zásadní roli, v oligotrofním prostředí hraje v dynamice větší roli limitace živinami a oproti eutrofním vodám se více uplatňuje predace na úrovni protist, slabší je i vliv ryb, a ani změny v dynamice nejsou tak výrazné (Jeppesen et al., 2004., Sommer et al., 2012).

Zajímavé je, že v jezerech zasažených acidifikací, černém trojúhelníku a severských zemích, se vlivem snížení pH nemohou vyskytovat ryby a někteří klanonožci. Vrcholovými predátory jsou zde Ciliata, kteří nejsou schopni pozřít některé velké řasy nebo agregované bakterie, dochází i k posunu ve složení druhů řas a zooplanktonu. Eliminují se druhy jako perloočka *Bosmina longinostris*, vznášivka *Eudiaptomus gracilis* či vířník *Keratella cochlearis*, snižuje se druhová diverzita řas, ale tvoří velkou biomasu. Ukazuje se, že v takovém prostředí se daří vláknitým řasám, především *Mougeotia*. Acidita ovlivňuje i jiné živočichy a makrofyty, která tvoří mikrohabitáty (Alewell et al., 2001, Muniz, 1990, Reynolds, 2006). Nízké pH významně mění chemismus a mohou se objevovat těžké kovy, které mají vliv na přijímání a zabudovávání látek. Měď, zinek nebo germanium narušuje tvorbu křemítkých schránek u Bacillariophyceae. Olovo, rtuť nebo kadmium zamezuje správnému dělení buněk a vznikají morfologicky deformované populace, které mohou být náchylnější k sedimentaci. Tím pádem může dojít k odchylce od vývoje popsaného PEG modelem. (Jorgensen, 1952, Lewin, 1957, Reynolds, 2006, Sommer et al., 1986).

Revidovaný PEG model zdůraznil vliv parazitizmu na vývoj planktonního společenstva (Sommer et al., 2012). Parazitizmus je jednou z nejrozšířenějších životních strategií, a přesto mu je ve vodním prostředí věnována malá pozornost, především co se planktonu týče. Stejně jako viry, většinou jde o fágy, jsou parazité ze skupin oomycet (Oomycota) a chytridiomycet (Chytridiomycota) vázány spíše na konkrétní rod či druh (, Doggett & Porter, 1995). Oomycota napadají především rozsivky a vláknité řasy. Chytridiomycota často parazitují na zooplanktonu, ale také hojně napadají vláknité i koloniální sinice, jako je *Dolichospermum flos-aque* a *Microcystis* spp. Parazitace

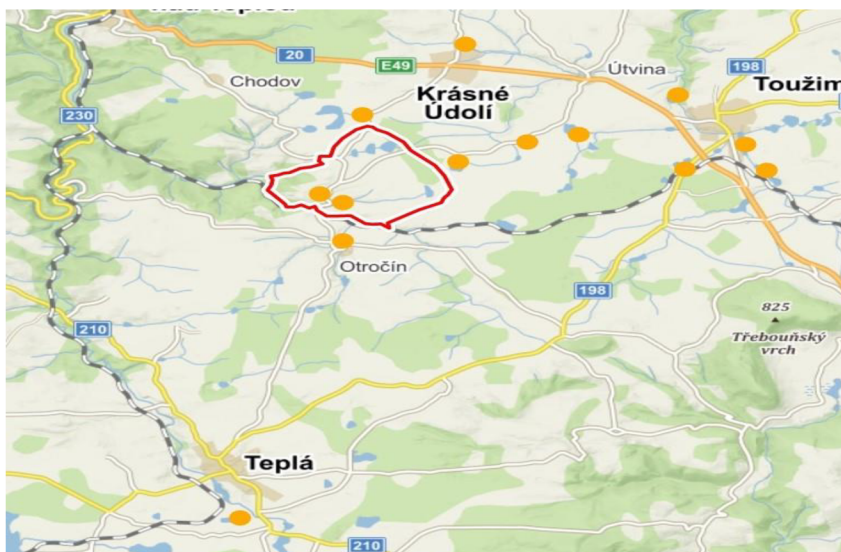
Zygnematophyceae, především rodu *Staurostrum*, je celosvětový fenomén (Dogget & Porter, 1995. Kagami & Urabe, 2002, Canter & Lund, 1953). Parazitaci řídí mnohdy stejné faktory jako samotné hostitelské organismy, teplota, zákal a navíc také množství hostitelů, nebo pH. Kupříkladu chytridiomyceta rodu *Rhizidium* preferuje teploty nad 15 a pH kolem 7,3 (Sen 1988). Svým působením se dotýkají potravních řetězců celého společenstva. Nevracejí látky pouze zpět do oběhu, ale jejich volně žijící stádia mohou sloužit jako potrava bohatá na steroly a polynenasycené mastné kyseliny (Kagami et al., 2007, Lafferty et al., 2006). Mohou výrazně snížit populaci jednoho i více druhů, nebo způsobit změnu v druhovém složení a současně oslabovat primární produkci, což může mít dopad na potravní síť. Zároveň mohou ve společenstvu zvýšit počet heterotrofních organismů na úkor autotrofních (Canter & Lund, 1969, Horner-Devine et al., 2003, Reynolds, 1984).

### 3. Metodika

#### 3.1. Výběr lokalit

Magisterská práce volně navazuje na bakalářskou diplomovou práci, která se zabývala sezonní dynamikou řas v různých typech rybníků. Původních deset lokalit bylo rozšířeno o tři další. Většina lokalit se nachází na pomezí CHKO Slavkovský les v nadmořské výšce okolo 660 m n. m. Značná část je v oblasti kolem Toužimi, jde malé město s první zmínkou v roce 1354 spadající do Karlovarského kraje, v okolí se mimo rybníků určených pro chov ryb i nachází i přírodní koupaliště. Také mnoho pramenů a studánek. V rázovité krajině se snoubí druhy nížin s téměř horskými. Meandrující řeky zde vytváří zajímavé biotopy osídlované ohroženými druhy zvířat i rostlin. Přesto je oblast téměř neprobádaná.

Každý rybník je nesporně jedinečným ekosystémem. Typologie byla rozdělena vzhledem k tomu, zda se nachází v lesním prostředí, či jsou obklopeny poli, nebo se jedná o návesní rybníky.



Obr. č. 1.: Mapa vybraných lokalit (podklad je z <https://mapy.cz/>).

##### 3.1.1. Bezejmenný rybník při cestě do Krásného Údolí (Leknín)

50.0607336N, 12.9000106E

Jde o poměrně malý rybník u silnice. Je napájený poblíž pramenícím potůčkem, který prochází přes dva větší rybníky. Břehy hojně porůstá *Sparganium erectum*.

Nápadnou dominantou je *Nymphaea alba* ve třech barevných variantách. Před několika lety zde byl uměle vysazen. Jeho přítomnost naznačuje, že se jedná o poměrně mělký rybník. Zdržuje se zde *Ardea cinerea*. Rybí obsádka, jak naznačují přítomné druhy perlooček je relativně malá.

Pro orientaci název dále jen Leknín.

Podloží je tvořeno čistě amfibolity (<https://mapy.geology.cz/geol/>, 2024).



**Obr. č. 2. :** Leknín  
(Vlastní foto, 2021)

### **3.1.2. Bezejmenný rybník v Otročině**

50.0319369N, 12.8953608E

Tento malý rybník se nachází ve vesnici Otročín. Je napájen dvěma prameny a několika stružkami, ústí do něj i několik potrubí pravděpodobně z kanalizace. Nevypouští se a jeho dno je zanešené velkou vrstvou bahna. Břehy jsou velmi strmé a největší hloubka je tři metry, a to ve středu rybníka (pers.obs.) Makrovegetace je zde téměř nulová, přímo ve vodě se žádná nenachází. Voda má většinou zelenavou a hnědou barvu. Zdržují se zde především larvy komárů vybavené hemoglobinem, u dna jistě dochází k mírné anoxii. Larvy vážek se zde nevyskytují vůbec. Na začátku léta však tento rybník ze tří čtvrtin zarostl okřehky a změnilo se výrazně pH. Nově jej hojně osídlil *Anax imperator*, kterému tento stav naprosto vyhovuje. Nově sem přilétl *Oretrum cancellatum*, *Calopteryx splendens* nebo *Coenagrion puella*. Chybí i jakékoliv ploštice. Ptáci se zde nikdy nezdržují dlouhodobě. Na první pohled je přerybněný.

Podloží je mozaikou ruly, nivního nezpevněného sedimentu z kenozoika a částečně amfibolity (<https://mapy.geology.cz/geol/>, 2024).

### **3.1.3. Dolnosedelský rybník**

50.0568886N, 12.9521125E

Jedná se o jeden z největších rybníků v okolí. Je přístupný jen z jedné strany a po téměř celém obvodu je obehnan hustým křovím, rákosinami a orobinci. Má pouze jeden přítok. A okolí je hojně využíváno jako pastvina pro dobytek. U vody se nachází dlouho nepoužívané silo. Je poměrně hluboký a břehy se svažují velmi pozvolně. Dno jez části kamenité a z té druhé písčito bahnitě a po poklesu hladiny je masově poseté *Anodonta cygnea*, *Viviparus contectus* a v malé míře *Unio tumidus*.

Podloží je částečně tvořeno pararulou a nezpevněným nivním sedimentem (<https://mapy.geology.cz/geo/>, 2024).

### **3.1.4. Drahnosedelský rybník**

50.0493014N, 12.9242858E

Tento rybník patří mezi větší ze sledovaných a také je jeden z hlubších. Je přímo využíván pro chov ryb. Má středový ostrůvek, kde hnízdí řada ptáků. Břehy má poměrně strmé.

Podloží je tvořeno amfibolitem a spadá do Mariánské lázeňského bazického komplexu (<https://mapy.geology.cz/geo/>, 2024).

### **3.1.5. Přírodní koupaliště v Toužimi**

50.0489325N, 12.9980431E

Leží na kraji města a je využíváno k rekreačním účelům. Jedna z hrází je vyztužená betonovými panely a drží se na ní husté slizké nárosty Bacillariophyceae a zelených vláknitých řas, které požírá menší populace *Viviparus viviparus*. Dno místy kamenité, místy bahnitě a nikde ne hlubší šesti metrů. Litorál je vyvinutý jen někde, místy hladinu stíní stromoví, mozaikovitě jsou porosty *Sparganium erectum* nebo *Carex fulva*, *Sphagnum erectum* či *Carex pseudocyperus*. *Viviparus contectus* je zde poměrně hojným druhem. Rybník celkově působí umělým dojmem, a nežli k chovu ryb slouží jako rekreační místo.



Tento rybník bude dále referován jako Koupaliště.

Podloží je tvořeno amfibolitem a spadá do Mariánské lázeňského bazického komplexu (<https://mapy.geology.cz/geo/>, 2024).

### **3.1.6. K1 Rybník u koleji vedle Mezlerova rybníka**

50.0517583N, 12.9816986E

Tento malý rybník leží kousek za Toužimí a je obklopený především listnatým lesem a má velmi rozvinutý litorál, v mělkých částech se objevují lakušníky a okřehky, také je zde množství vodních ptáků. Je stružkou propojen s Mezlerovým rybníkem. Voda zde má hnědočervenou barvu, pravděpodobně díky humnovým látkám, a vždy je zde relativně vysoká průhlednost. Nachází se zde velké druhy *Daphnia*, *Bosmina* a *Monia*, což naznačuje nižší rybí obsádku. Běžnou vážkou je zde *Anax imperátor* a *Ortetrum cancellatum*. Běžně zde poletuje *Enallagma cyathigerum* a *Coenagrion puella*. Každoročně jsou zde letní a podzimní vodní květy *Vacuolaria* a *Gonyostomum*.

Podloží je z největší části tvořeno nivním nezpevněným sedimentem a pararulou, spadá do tepelského krystalinika (<https://mapy.geology.cz/geo/>, 2024).

### **3.1.7 Bezejmenný rybník u Útvinského hřiště**

50.0694261N, 12.9512300E

Rybník ležící u frekventované silnice úvodně měl sloužit jako koupaliště. Část břehu je betonová a je zde vytvořen přepad. V okolí se nachází několik vrb. A téměř monokultura *Typha latifolia*. Dno je bahnité a z části kamenité. Je napájen Útvinským potokem a na opačné straně je vysoký přepad, který odvádí vodu, když je vysoká hladina. Díky tomu je povětšinou až do léta alespoň svrchní vrstva vody neustále v pohybu. Některé roky je zde vysoký počet *Buffo buffo*.

Dále bude rybník referován, jako Hřiště.

Podloží se skládá z nivního sedimentu (<https://mapy.geology.cz/geo/>, 2024).

### 3.1.8. Starý rybník

49°57'51.389"N, 12°52'46.254"E

Tento dlouhý rybník v Tepelské vrchovině je napájen více než šesti zdroji. Hlavním je řeka Teplá. Leží v těsné blízkosti kláštera premonstrátů založeného Hroznatou v 12. století, rybník zde byl už před založením. Vegetace litorálu je nesouvislá a mozaikovitého rázu. Místy je břeh stíněn stromy a keři. Hladina proto bývá zanesena pylem a silně kvasí. Dno je kamenité a písčité.

Podloží tvořeno ortorulou, písčito-hlinitým nezpevněným sedimentem, rulou a amfibolitem (<https://mapy.geology.cz/geol/>, 2024).

### 3.1.9. Brt'ský rybník (Brt'ák)

50.0407311 N, 12.8937300E

Tento nevelký rybník v osobním vlastnictví je napájen několika prameny. Největší hloubky dosahá u stavidla (4m). Slouží především jako násadový. Charakter prostřední umožňuje tření mnohým druhům ryb mezi nimi stojí za zmínku nemalá populace *Esox lucius*. Litorál je nerovnoměrně rozvinutý. V mělčích částech se vyskytuje hojný porost *Batrachium aquatile*, který tvoří útočiště mnohým organismům a je hojně porůstán rozsivkami. V písčito bahnitě části je možno nalézt *Alisma plantago-aquatica*. Prosluněná část zarůstá pozvolna *Utricularia australis*. Nepřístupná část břehu zarůstá *Typha angustifolia*. Rybník hostí mnoho druhů hmyzu, především se zde vyskytuje kvantum vážek a motýlic. Silné populace zde tvoří především *Libellula depressa*, *Somatochlora metalica* a *Ortetrum cancelatum*, *Enallagma cyathigerum* a *Lestes sponsa*. Nachází se zde velké množství *Nothonecta glauca*, a především *Corixa punctata*, která požírá řasy. Jednou z dalších přítomných ploštic je dravá *Nepa cinerea* nebo *Hydrometra stagnorum*. Z vodních brouků tuto lokalitu obývá *Cybister lateralimarginalis* a *Hydrophilus piceus*. Mezi vodními měkkýši je zde častý *Viviparus contectus* a *Lymnaea stagnalis*. Nejčastějším obojživelníkem je zde *Pelophylax lessonae*, který často obývá zarostlé vody s malou rybí obsádkou. Dále tu lze narazit na *Hyla arborea*, nebo *Bombina bombina*. Na březích byly nově nalezeny nory *Arvicola terrestris*.

K přihnojování zde nedochází a letos byla zrušena i pastva ovcí v těsné blízkosti rybníku. Hladina více kolísá jen v období extrémního sucha. Letos bohužel došlo k úplnému vypuštění díky protržení stavidla.

Podloží tvoří čistě amfibolit (<https://mapy.geology.cz/geo/>, 2024).

### **3.1.10. Bezejmenný rybník v Sedle (Sedlo návés)**

50.0551267N, 12.9412583E

Rybník má povětšinou kamenité dno. Část hráze je zpevněná betonem. V těchto místech je hloubka přes čtyři metry. Hráz je obecně velmi strmá a nezdržuje se zde mnoho vegetace. V blízkosti je mnoho listnatých stromů. V mechu kolem se nachází mnohá Tardigarda. Voda mívá povětšinou nazelenalou barvu. Dlouhodobě se zde zdržuje *Anas platyrhynchos*. Ve vodě je velké množství koreter a larev pakomárů.

Rybník bude dále označován jako Sedlo návés.

Podloží je čistá pararula datovaná do éry Paleozoika (<https://mapy.geology.cz/geo/>, 2024).

### **3.1.11. Šínka**

50.0585489N, 12.9938794E

Tento rybník je velmi dlouhý. Napájen je z několika zdrojů. Je zde přepad porostlý rozsivkovými nárosty. Břehy porostlé *Carex bohemica* se svažují pozvolně. Jeho dno je pokryto mocnou masou bahna. Často se z něj line zápach. Tento typ dna vyhovuje *Typha latifolia*, který se zde poslední dobou velice rozmáhá. Díky břehům lemovaným listnatými stromy bývá během jara hladina zanešená pylem. Roste zde též *Phalaris arundinacea*, *Carex* sp. a *Sparganium erectum*. Zastoupení rostlin se v různých částech dost odlišuje a je spíše mozaikovitě. Nejčastějším z šidélek je zde *Coenagrion puella* a *Enallagma cyathigerum*. V jedné části se nacházejí masově larvy jepic. Loví zde *Nepa cinerea* a zástupci rodu *Gyridae*. Rybník si nese prvenství v počtu vodních ptáků, mezi nejhojnější kromě *Anas platyrhynchos* patří *Tachybaptus ruficollis*. V zimě má zde své útočiště *Fulica atra*.

Největší část podloží tvořena amfibolitem, písčito-hlinitým až hlinito-písčitým sedimentem, svorem až svorovou rulou (<https://mapy.geology.cz/geol/>, 2024).

### **3.1.12. Malý rybník nad Brtí zvaný Marešův**

50°2'35.609"N, 12°53'9.197"E

Jedná se o malý mělký rybník, který nemá ve svém nejhlubším místě ani půl metru. Po dlouhou dobu existoval jen periodicky, tedy pokud je vyšší hladina spodní vody napájející zchátralou studnu poblíž. V nejbližším okolí je trvale podmáčená půda. Mimo *Lemna trisulca* a *Lemna minor* zde roste *Limosella aquatica* nebo *Batrachium aquatile*. Skoro celá hladina je zarostlá. Nachází se zde mnoho larev dvoukřídlého hmyzu. Ve velkém množství je zde *Nothoneca glauca* a *Croxina punctata*, přítomen je *Cybister lateralimarginalis* a *Gyrinus substriatus* a larvy vodomilů. Absence ryb umožňuje rozvoj vážek. Nalezena zde byla *Somatochlora appestris* (EN). *Libellula depressa*, *Libellula fulva* (CR), *Cordulia aenea*, *Sympetrum striolatum*, *Sympetrum meridionale* a *Sympetrum vulgatum*. Někdy se zde mihne *Erythromma lindenii*. Je zde i značná populace žab. Nejčastěji lze narazit na *Pelophylax ridibundus*, *Pelophylax lessonae* a přirozeně i jejich hybrida. *Bombina variegata* je zde spolu s poněkud azonální *Bombina bombina*, která je zde však častější než dříve zmíněný druh.

Dále bude rybník označen, jako Marešův rybník.

Podloží tvořeno čistě amfibolitem, spadajícího do Mariánsko-lázeňského bazického komplexu (<https://mapy.geology.cz/geol/>, 2024).

### **3.1.13. Podzámecký rybník**

50.0652389N, 12.9764333E

Břehy tohoto velkého rybníka jsou téměř po celém obvodu zastíněny vysokými stromy. Vedou do něj schody z betonových bloků hojně porostlé řasami a vláknitými zelenými řasami. Dno je bahnité. Je napájen řekou Střelou, která prochází Toužimí. Před několika lety zde došlo k odbahnění. Husté porosty zde vytváří *Phragmites australis* a *Phalaris arundinacea*. Místy je *Bidens cernua*, *Batrachium peltatum* ČI *Carex*

*pseudocyperus*. Břeh u přítoku zarůstá *Typha angustifolia* typická pro úživnější vody. U odtoků je naopak *Typha shuttleworthii*, dříve považována za vyhynulý druh pro ČR. Pod kameny se zdržuje *Erpobdella octoculata*. Velmi častá je zde *Nepa cinerea*. Má dlouhodobě vyšší vodivost a někdy se zde brzy z léta tvoří vodní květy sinic, nebo Bacillariophyceae během podzimu.

Podloží je dosti mozaikovitě skládá se z pararuly, nivního nezpevněného sedimentu a písčito-hlinitého až hlinito-písčitého sedimentu (<https://mapy.geology.cz/geo/>, 2024).

### 3.2. Odběry

Odběry probíhaly v třítydenním období od 17. 10. 2021. po dobu jednoho roku a tří měsíců. Na každé lokalitě byly odebrány alespoň tři vzorky z transektu. Následná determinace probíhala druhý den.

### 3.3. Determinace a chemická analýza

K určení druhů byl použit světelný mikroskop Olympus BX 51 s kamerou DP74, fotografie byly pořízeny s využitím programu CellSens (vše Olympus Corporation, Japan). Druhy byly určovány s použitím dostupné determinační literatury (Carty, 2014, Hindák et al., 1978, Kaštovský et al., 2018; Wehr et al., 2015, Bartoš, 1959; Korovchinsky, 2023; Benzie 2005.).

Pro zjištění množství fytoplanktonu a zooplanktonu byla určena relativní abundance na podložním sklíčku. Každému druhu byla zaznamenána relativní abundance 1 – ojediněle (pod 1 %), 2 – roztroušeně (1-3 %), 3 – řídkce (3-10 %), 5 – hojně (10-20 %), 7 – velmi hojně (20-40 %), 9 – hromadně (nad 40 %), 10 – velmi dominantně (nad 60%) (Kaštovský et al., 2008, upraveno).

Nomenklatura byla sjednocena dle databáze AlgaeBase (Guiry & Guiry, 2024).

Fixace vzorků byla provedena 36 % formaldehydem do finální koncentrace 2 % až po determinaci, aby bylo možné se k nim s odstupem času vrátit.

Chemická analýza vody proběhla nejpozději do dne a půl po odebrání pomocí multiparametrového fotometru pro laboratoře (HI83200, Hanna Instruments Czech s.r.o.). Byly měřeny koncentrace  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$  spolu s fosforem ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) křemíkem,

manganem a železem. Byla provedena i analýza množství chlorofylu. Viz Tab. č. 3. ve Výsledcích.

### 3.4. Použité programy

Pro tvorbu tabulek byl použit program MS Excel (Microsoft Corporation, 2018) a pro statistické zpracování dat byl použit program R (R Core Team, 2020) a Canoco (Brraak & Šmilauer, 2012).

### 3.5. Použité statistické metody

Byla provedena kanonická korespondenční analýza (CCA), jejíž cílem bylo zjištění vlivu chemických a fyzikálních faktorů (Si  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , teploty, zalednění) a biologických faktorů (*Daphnia*, *Bosmina*, Copepoda, Ciliata a Rotifera, makrofyta), makrofyta a období byly použity jako kovariáta.

Shluková analýza Wardovou metodou - pro porovnání lokalit dle jejich chemických fyzikálních parametrů (pH,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ , konduktivita, teplota) byla udělána aglomerativní shluková analýza Wardovou metodou v programu R. Vzniklý dendrogram ukazoval podobnost lokalit na základě euklidovské vzdálenosti. Každé období bylo analyzováno zvlášť, kvůli značné nepřehlednosti grafu pro celou vegetační sezónu (Lepš & Šmilauer, 2016).

## 4. Výsledky

Během sledování rybníků bylo nalezeno přes 300 druhů řas a 90 druhů zooplanktonu a jejich variet (viz Tab. č. 2.)

Zatímco společenstva řas byla kromě zimního období velmi rozdílná některé druhy zooplanktonu se typicky vyskytovaly společně příkladem může být *Filinia longiseta*, *Kellicottia bostonensis*, *Kellicottia longispina* a *Polyarthra dolichoptera*. Některé druhy vířníků se vyskytly jen v jediném rybníku a ve velmi malém množství, jako *Brachionus budapastiensis*, který byl přítomen v Dolnosedelském rybníku pouze během léta. Zato *Brachionus angularis* byl přítomen během celého roku ve všech rybnících. Některé druhy

zooplanktonu měly diskontinuální přítomnost. *Keratella iregularis* se objevovala po roztátí ledu a poté až v červnu. Jarním druhem byla *Agronotholca foliacea*, objevovala se hned po roztátí ledu.

Naměřené hodnoty enviromentálních faktorů jsou uvedeny v Tab. č. 3.

**Tab. č. 2.: Počet druhů zooplanktonu a fytoplanktonu.**

<b>Fytoplankton</b>	<b>Počet druhů</b>
Chlorophyta	104
Trebuxiophyceae	22
Bacillariophyceae	13
Dinophyta	20
Euglenophyta	66
Chrysophyceae	7
Cyanobacteria	30
Xantophyceae	2
Zygnematophyceae	34
Raphidophyceae	2
<b>Zooplankton</b>	<b>Počet druhů a variet</b>
Copepoda	9
Cladocera	15
Rotifera	66
Ciliata	3

**Tab. č. 3.: Naměřené environmentální hodnoty.**

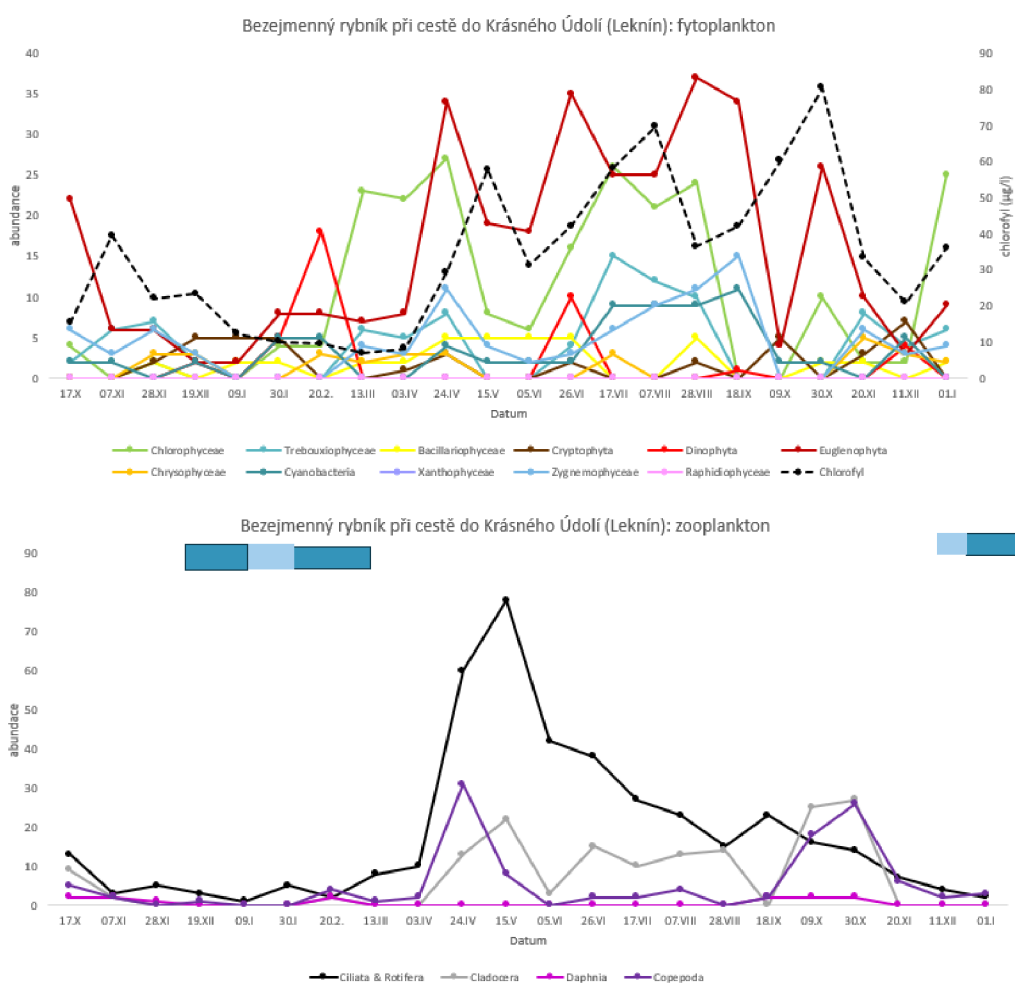
Lokalita	PO <sub>4</sub> (mg/l)	NH <sub>4</sub> (mg/l)	Si (mg/l)	Vodivost (µS)	pH	Chlorofyl (µg/l)	Průhlednost (cm)
Bezejmenný rybník při cestě do Krásného Údolí (Leknín)	3,022 (+/- 1,98)	3,03 (+/- 3,30)	2,99 (+/- 2,18)	161,86 (+/- 28,74)	9,06 (+/- 0,59)	29,68 (+/- 23,178)	42,04 (+/- 14,11)
Bezejmenný rybník v Otročině	2,08 (+/- 1,58)	4,13 (+/- 3,08)	2,041 (+/- 1,31)	304,55 (+/- 114,47)	9,47 (+/- 0,78)	79,65 (+/- 71,40)	55,90 (+/- 90,39)
Dolnosedelský rybník	4,02 (+/- 4,23)	2,09 (+/- 2,74)	4,56 (+/- 4,57)	266 (+/- 29,26)	9,30 (+/- 0,80)	32,89 (+/- 33,95)	45,22 (+/- 20,73)
Drahnosedelský rybník	1,14 (+/- 1,02)	1,61 (+/- 1,90)	3,74 (+/- 2,08)	220,00 (+/- 15,46)	9,02 (+/- 0,49)	31,11 (+/- 47,32)	36,82 (+/- 17,50)
Přírodní koupaliště v Toužimi	1,05 (+/- 0,89)	3,28 (+/- 3,76)	4,93 (+/- 2,93)	288,14 (+/- 63,52)	9,60 (+/- 0,29)	24,16 (+/- 42,19)	49,73 (+/- 28,80)
K1, rybník u kolejí vedle Mezlerova rybníku	0,65 (+/- 0,90)	3,34 (+/- 3,53)	6,62 (+/- 4,13)	210,32 (+/- 58,22)	8,83 (+/- 0,50)	24,90 (+/- 17,01)	62,72 (+/- 28,28)
Bezejmenný rybník u Útvinského hřiště	1,35 (+/- 1,11)	4,04 (+/- 4,00)	4,38 (+/- 2,99)	236,00 (+/- 61,12)	8,69 (+/- 1,97)	25,25 (+/- 27,17)	47,05 (+/- 23,02)
Starý rybník	2,29 (+/- 1,72)	2,28 (+/- 2,12)	4,55 (+/- 3,06)	163,14 (+/- 3,06)	8,79 (+/- 0,50)	19,83 (+/- 17,14)	59,54 (+/- 24,05)
Brťský rybník (Brťák)	7,05 (+/- 7,18)	3,27 (+/- 4,80)	3,34 (+/- 2,37)	259,91 (+/- 70,16)	9,40 (+/- 0,75)	15,84 (+/- 15,078)	53,64 (+/- 30,83)
Bezejmenný rybník v Sedle	6,10 (+/- 7,15)	2,17 (+/- 3,25)	3,20 (+/- 1,47)	342,64 (+/- 26,03)	9,03 (+/- 0,40)	17,14 (+/- 10,61)	45,45 (+/- 17,45)
Šinka	6,56 (+/- 10,00)	4,01 (+/- 4,00)	3,42 (+/- 3,62)	313,00 (+/- 56,81)	8,45 (+/- 0,37)	21,38 (+/- 15,29)	36,64 (+/- 21,07)



Malý rybník nad vesnicí Brť zvaný MarešůvMarešův	1,10 (+/- 1,60)	1,84 (+/- 2,02)	4,65 (+/- 1,96)	241,73 (+/- 62,95)	8,91 (+/- 0,41)	13,83 (+/- 13,15)	41,36 (+/- 17,53)
Podzámecký rybník	1,23 (+/- 1,00)	2,91 (+/- 4,00)	5,81 (+/- 4,00)	400,86 (+/- 65,14)	9,08 (+/- 0,55)	39,69 (+/- 46,85)	43,18 (+/- 22,39)

## 4.1. Sezónní dynamika na jednotlivých rybnících

### 4.1.1. Bezejmenný rybník při cestě do Krásného Údolí (Leknín)



Graf č.3: Sezónní dynamika Bezejmenný rybník při cestě do Krásného Údolí (Leknín), (tmavě modrá = led a sníh; světle modrá = led).

Během chladných období jsou řasy s bičíky většinou dominantní. Složení společenstev se výrazně liší během podzimu a zimy mezi roky. Pravděpodobně vlivem rozdílných teplot a doby pokrytí hladiny ledem.

Obecně v této studii platí, že v období, kdy je vysoký abiotický nebo predační stres je nejvíce zastoupena skupina řas s bičíky, nebo druhy koloniální. Během období čiré vody byly v Bezejmenném rybníku v Sedle (Sedlo náves) v přítomny pouze bičíkaté řasy, dokonce chyběly *Chlorella*-podobní pikoplanktonní zástupci.

Zastoupení funkčních skupin nám dává informace o prostředí v danou dobu. Určité skupiny jsou citlivé na různé environmentální faktory, ať už biotické či abiotické. Skupiny jsou schopné tolerovat faktory v různé míře, je zde velký rozdíl ve složení společenstva během roku (Reynolds et al., 2002). Zimní společenstvo na začátku studie a na jejím konci jsou si nepodobné. V porovnání začátků ledna jsou v prvním případě hojné druhy, které nesnesou míchání vodního sloupce (L0, K, X2), v druhém případě se vyskytují druhy, které jsou k míchání citlivé (P), nebo jim vadí nízká intenzita světla způsobená klesáním ve vodním sloupci (J). Koncentrace živin je v obou případech srovnatelná, hlavním faktorem je přítomnost ledu. V prvních zimních odběrových měsících byl led přítomný, během druhých už ne. Situace během druhých lednových odběrů se podobá situaci na začátku března, kdy už zalednění skončilo. Současně byly přítomny i stejné druhy zooplanktonu v srovnatelném množství.

Během roku počet druhů výrazně fluktuuje. Paradoxně v porovnání s ostatními rybníky je nejnižší diverzita ve složení během září a začátkem října, kdy ostatní mají nejvyšší počet druhů. Tato místní anomálie může být vysvětlena nasazením mladé osádky ryb do tohoto prostředí. Morfologické složení se sestává z velkých koloniálních řas, nebo z řas s bičíky, které mají možnost predátorům utíkat. Další možností je odfiltrování malých či nepohyblivých druhů malým zooplanktonem. V tomto období byly přítomny všechny složky, tedy Rotifera, perloočky, klanonožci a v malé míře i *Daphnia*.

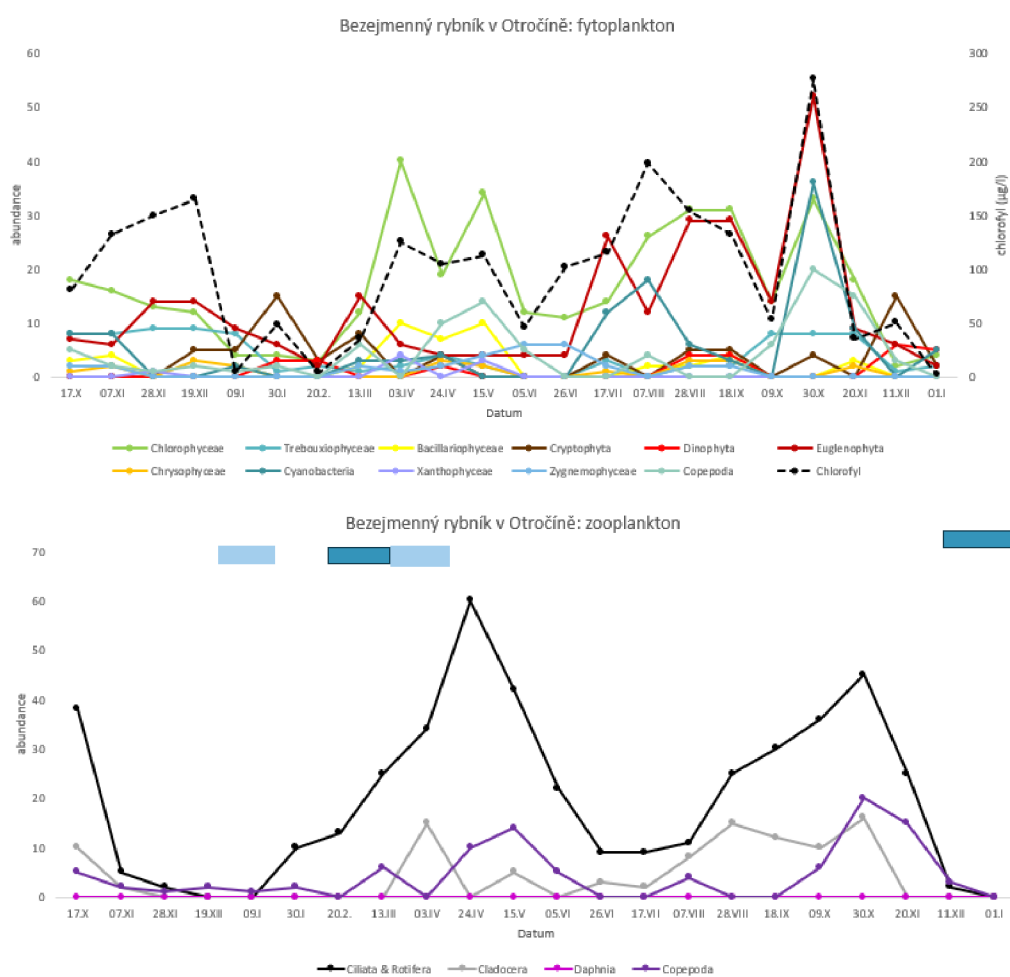
Pro tento rybník je typická přítomnost vířníků ve vysoké abundance po celou dobu sledování. Dochází zde k plynulému přechodu dominantních druhů. Copepoda jsou hojná především během jara a ve větší míře i na podzim. *Bosmina longinostri*s má vcelku silný predační tlak na řasy, dokonce je schopná pozřít vláknité sinice. Ty dokonce v planktonu během přelomu září a října, kdy byla přítomná ve velké hojnosti, naprosto chybí. Během jara došlo k prvnímu maximu Dinophyta. Byly pozorovány další dvě maxima a to v létě a v zimě, pokaždé se objevily jiné druhy. Společná je jim mixotrofie a schopnost tolerovat pro jiné řasy stresující podmínky, jako je vysoký predační tlak ze strany fytoplanktonu, nebo nižší koncentrace živin. Podobnou dynamiku vykazují Cryptophyta, které mají podobné vlastnosti. Jejich větší výskyt koresponduje s nižším množstvím živin a současně vyšším predačním tlakem, které obě jmenované skupiny velmi dobře tolerují. Během celého

roku jsou přítomna Euglenophyta, na jaře a v zimě jde především o *Trachelomonas* a *Strombomonas*, během jara a krátce na podzim se k nim přidávají epifytické formy *Colacium*. Druhy bez schránek se objevují především v létě. Predaci se brání především svou velikostí a přítomností pelikuly. Druhy s flexibilní pelikulou vymizení z planktonu jako první, rigidní druhy pravděpodobně čelí predaci lépe.

Cladocera a Cryptophyta mají podobné trendy. Když Cryptophyta mizí, sniží se i abundance perlooček.

Při porovnání s PEG modelem je patrné, že jednotlivé kroky jdou na přeskáčku a mnohé zcela chybí. Maximum zooplanktonu (20. krok modelu), by měl být situován do období podzimu. Maximum malého zooplanktonu, nálevníků a vířníků je však na začátku jara. Ostatní skupiny jsou také přítomné, ale jejich maximální výskyt byl situován na podzim.

#### 4.1.2. Bezejmenný rybník v Otročině



Obr.č.4: Sezónní dynamika Otročin (tmavě modrá = led a sníh; světle modrá = led).

Podíváme-li se na složení fytoplanktonu a zooplanktonu, nápadné jsou především vysoké abundance Cyanobacteria zde po většinu času vytváří i vegetační zákal. Především pokud jde o *Planktothrix agardii* nebo metafyton *Oscillatoria limnosa*. Vysoká je i abundance zelených řas, a to především těch, typických pro eutrofní prostředí. Koncentrace živin mnohdy převyšuje hranici hypertrofie. V zooplanktonu se hojně vyskytují druhy žijící v znečištěných vodách organickými i anorganickými látkami.

Oproti ostatním rybníkům jsou propady mezi abundancemi jednotlivých skupin velmi výrazné v krátké časové ose. Limitační pro fytoplankton je v případě tohoto rybníku spíše teplota, respektive období, kdy je rybník zaledněný, tedy období ledna. Přítomny byla převážně Cryptophyta, především drobná *Plagioselmis nannoplanctica* a na nich vyrostla hojná populace zooplanktonu. Druhové složení bylo poměrně nízké, jednotlivé druhy se však vyskytovaly masově a moc se neobměňovaly. Velmi velký pokles abundance fytoplanktonu i zooplanktonu nastal během června, kdy hladina zcela zarostla okřehkem trojbrázdým. Fytoplankton měl nedostatek světla, nemohl růst a množit se, což se přirozeně podepsalo i na zooplanktonu. Euglenophyta vyhojuje teplá voda bohatá na živiny, díky schopnosti skladovat živiny v podobě paramylonových zrn byly schopné lépe přežívat období zastínění. Mnohé druhy přešly v období zastínění na své bezbarvé varianty, některé z nich byly zase vystřídány zelenými formami, když problém nedostatku světla odezněl.

Dalším specifikem, alespoň během sledované sezóny, tohoto rybníka je téměř kontinuální výskyt velkého herbivorního zooplanktonu, a to jak Copepoda, tak Cladocera a zvláště rodu *Daphnia*. Vyskytovalo se zde několik druhů, které se postupně nahrazovaly, výskyt byl zaznamenán u *Daphnia pulicaria*, *D. magna* a *D. cf. micrura*. Tento velký zooplankton umí vyvinout velký tlak na fytoplankton, přesto však nedokázal způsobit období čiré vody.

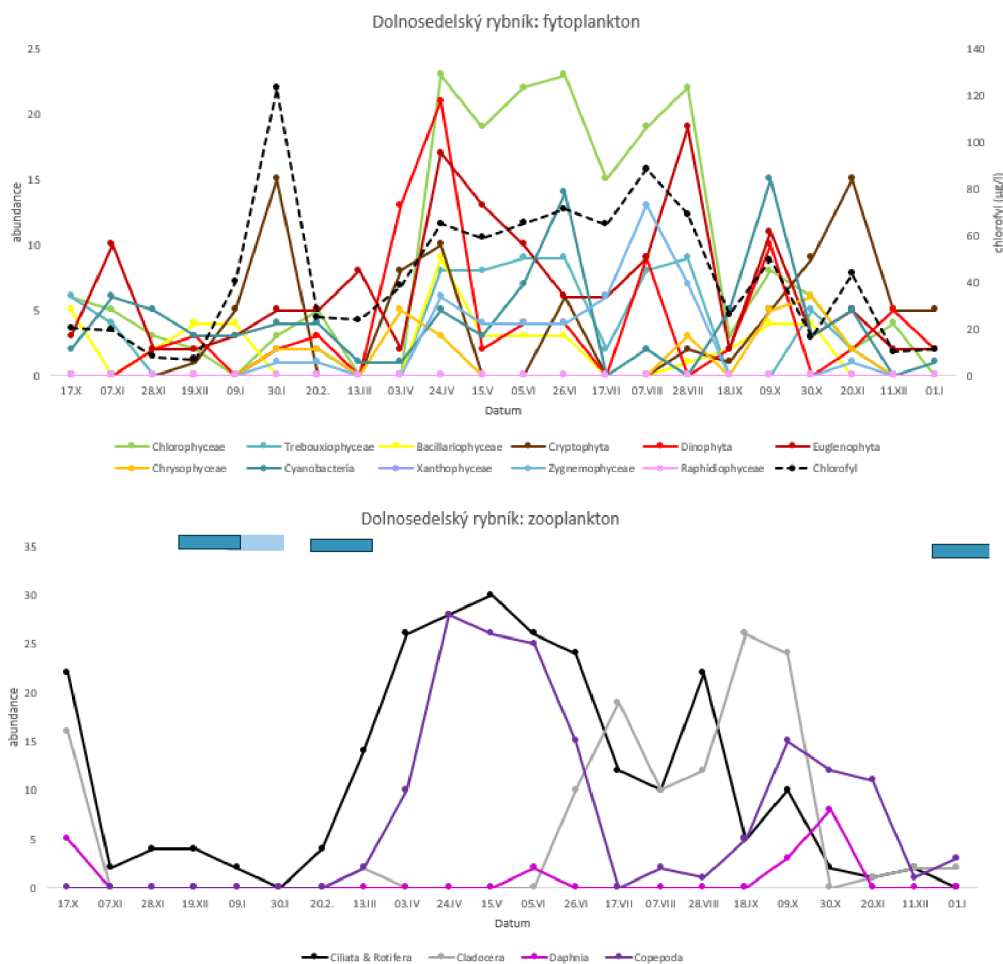
Ze zooplanktonu byly přítomné druhy typické i pro znečištěné vody. Byla zde nejhorší zjištěná saprobita. Byl zde i velký počet pikoplanktonních sinic a okem viditelných bakterií.

Období první a druhé sledované zimy jsou si nejpodobnější ze všech sledovaných rybníků, i když se podmínky lišily podobně. Možná proto, že doba zalednění je nejkratší ze všech, hloubka však byla srovnatelná.

Spíše než kompetice o fosfor takový ovlivňoval společenstvo z části zooplankton a více abiotické podmínky. Především teplota a dostatek světla.

V porovnání s předchozími sezónami, o kterých mám data z předchozích prací (Staříková, 2021) je jedinou změnou vyšší výskyt velkého zooplanktonu, patrně vlivem obměny rybí osádky.

### 4.1.3. Dolnosedelský rybník



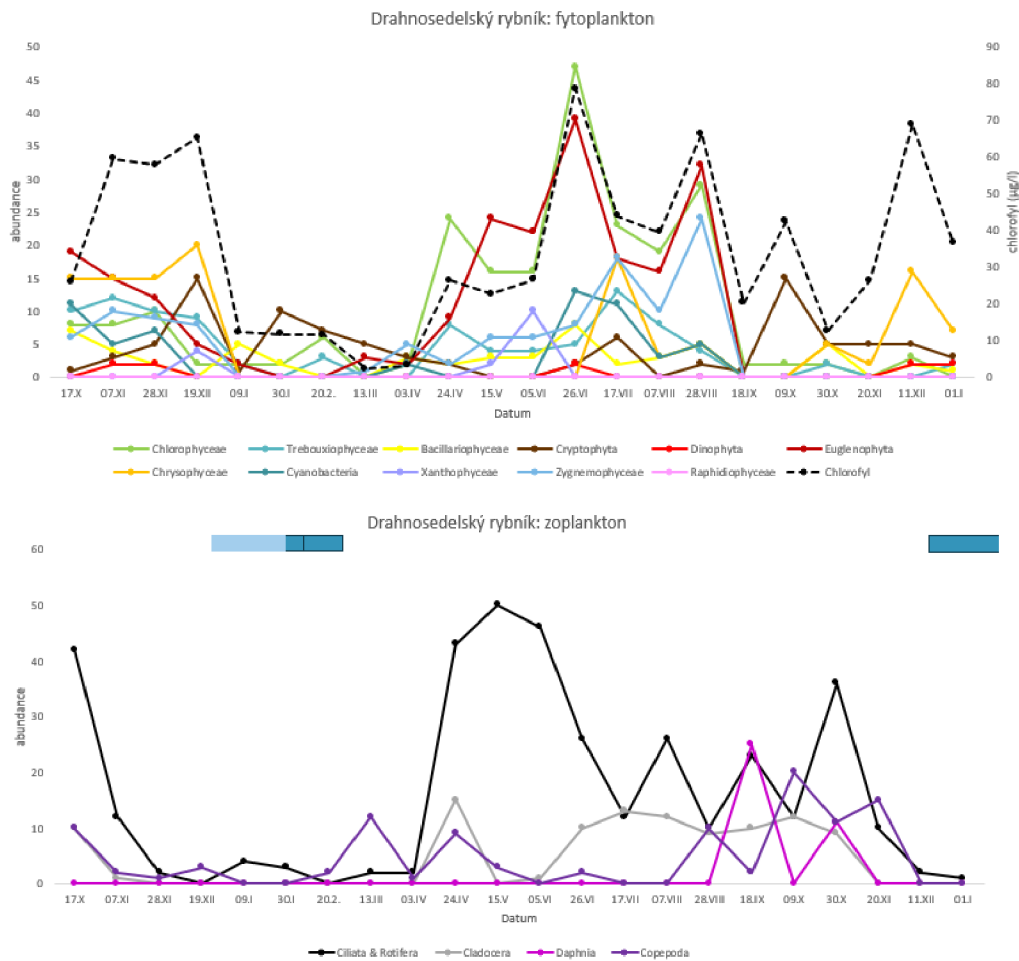
Obr.č.5: Sezónní dynamika Dolnosedelský rybník, (tmavě modrá = led a sníh; světle modrá = led).

Dolnosedelský rybník patří mezi sledovanými k jednomu z největších, ne však nejhlubších. Chybí zde zde 10 kroků PEG modelu. V průběhu roku zde dochází hned k několika maximům Cryptophyta a to i během léta. V období, kdy u většiny rybníků už dochází k období čiré vody, je zdejší společenstvo nejkomplexnější z hlediska funkčních skupin. Výrazná je i fluktuace funkčních skupin během léta, kdy dochází k míchání zimního, jarního a brzce letního fytoplanktonu. Nápadná je přítomnost malého i velkého zooplanktonu, včetně velkých druhů rodu *Daphnia*, během teplého období. Velmi

abundantní a současně druhově bohatou skupinou byli klanonožci. Nutné je zdůraznit přítomnost naupliových stádií i dravých dospělých jedinců během celého léta a podzimu. Když jejich abundance dosáhla podzimního vrcholu (19.9.), spolu s drobnými nálevníky způsobily tzv. pseudoclear water, tedy velmi rapidní pokles množství sinic a řas, nezpůsobený nedostatkem živin, teplotou ani disturbancí. V planktonu tradičně zůstaly převážně obrněnky, nebo koloniální či vláknité sinice. Za zmínku stojí, že přítomná *Bosmina longinostris* byla několikrát pozorována, jak pojídá právě vláknité sinice. „Nejedlé“ druhy řas byly během následujícího odběru dominantní. Bylo přítomno několik druhů rodu *Microcystis* a dále byla velmi hojná *Woronichia nageliana*, která v planktonu zůstávala ze sinic nejdelší dobu, a to až do posledních lednových odběrů.

Všechny složky zooplanktonu se udržely díky přítomnosti velkého i malého fytoplanktonu. Malé solitérní druhy byly vyloučeny z planktonu jen několikrát. V planktonu bylo po celou sledovanou dobu přítomno nemalé množství pikoplanktonních zástupců. Pro místní eutrofnější rybníky je typický relativně nízký počet druhů během jednoho odběru, značně se však obměňují.

#### 4.1.4. Drahnosedelský rybník



Obr.č.6: Sezónní dynamika Drahnosedelský rybník (tmavě modrá = led a sníh; světle modrá = led).

Podobně je na tom i Drahnosedelský rybník . Také jsou zde kontinuálně přítomni klanonožci a objevují se i velcí zástupci rodu *Daphnia*. Na jaře byl v planktonu hojný rod *Cyclops*, který měl tělo a především antény poseté nálevníky rodu *Vorticella*. V tomto období značně ubylo pikoplanktonních druhů. Na podzim dochází k . Rybník tento rok nebyl vypuštěný ani upuštěný.

Na eutrofní rybník je zde pozoruhodné množství Zygnematophyceae, ať už jde o rody *Eurastrum* či *Staurastrum*. Druhý rod zde tvořil vegetační zákal, a to především druhem *Staurastrum planctonicum*, nejde o ojedinělý případ, vegetační zákal *S. planctonicum* byly zaznamenány v mnoha dalších eutrofních nádržích (Znachor et al., 2016).

Během léta jsou zde dominantní zelené koloniální a velké kokální řasy. Další dominantní skupinou jsou Euglenophyta, jejich diverzita je především v rodu *Phacus*. Vyskytují se především větší druhy krásnooček s tuhou pelikulou nebo druhy se schránkami. Hojnější jsou během léta i Zygnematophyceae a to kombinace velkých *Staurastrum* a malých zástupců rodu *Euastrum* často s různými trny.

Poměrně zajímavý jev je celoroční přítomnost rodu *Cryptomonas*, vždy se v prostředí vyskytuje po dobu několika po sobě jdoucích odběrů, poté na krátkou dobu (3 týdny) vymizí a následně je opět rod *Cryptomonas* hojnější. Patrně slouží jako potrava pro zooplankton, a to především pro dravé klanonožci. Pokud ubývají Cryptophyta, roste množství klanonožců a naopak.

Chrysophyceae se do planktonu v porovnání s ostatními rybníky vrací dříve, a to už během července. Následně došlo ke krátkodobé stratifikaci, takže se objevovaly více druhy, které ji tolerují anebo se dobře ve sloupci pohybují.

Během druhých listopadových odběrů byly v planktonu přítomny jen *Uroglena* a Cryptophyta, především větší druhy. Obě tyto skupiny tolerují malé množství živin rozpuštěných v prostředí (Reynolds et al., 2002). Jejich koncentrace byla sice v porovnání s ostatními odběry velmi nízká, ale ne natolik, aby vysvětlovala přítomnost pouze těchto dvou rodů.

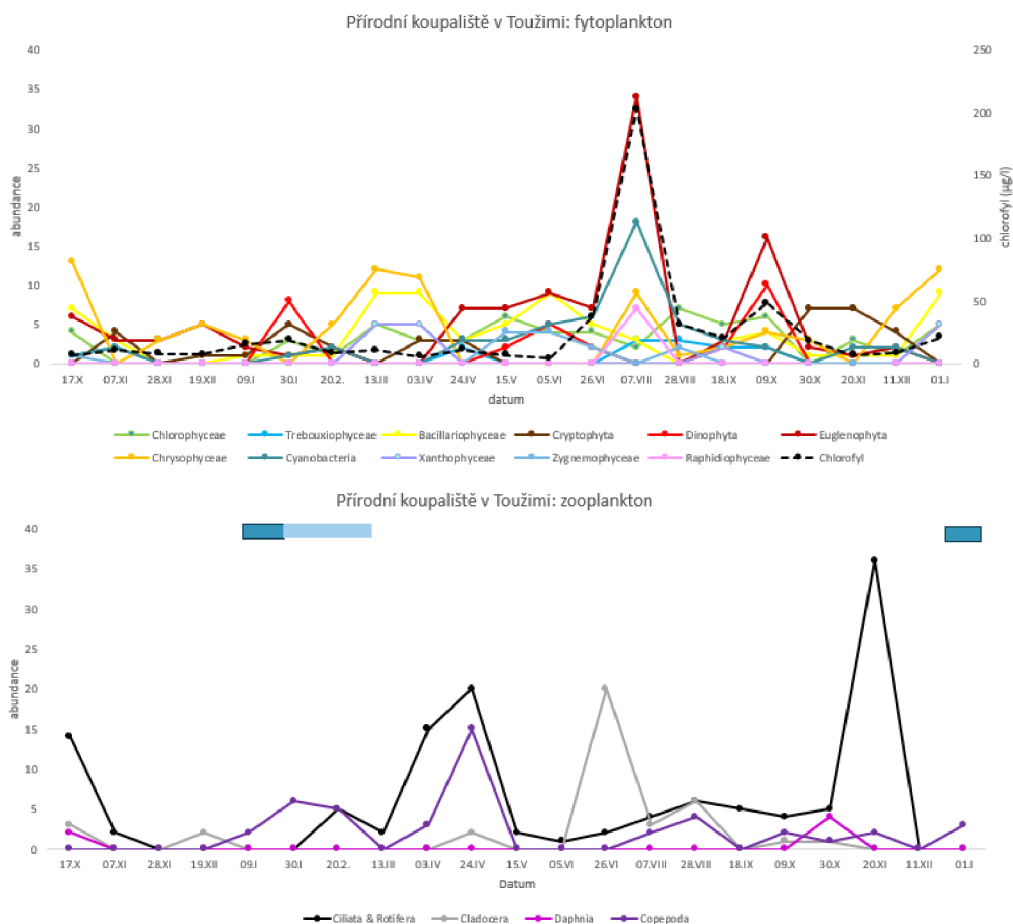
Druhovému složení během první zimy a druhé zimy jsou si výrazně nepodobná, během první bylo výraznější zastoupení *Cryptomonas*, během druhé dominovaly Chrysophyceae.

Cyklický trend je tedy ubývání řas s teplotou. Na konci podzimu začínají být dominantní osmotrofové, nebo fagotrofové. V porovnání s ostatními rybníky je tu menší počet větších zelených řas typu *Scenedesmus* a hodně pikoplanktonních. Všechny řasy, které k tomu mají předpoklady, měly obranné výrůstky.

I přes vyšší eutrofii je zde hodně fagotrofních a osmotrofních zástupců, a to i mnoho apochlorických Dinophyta, jejich abundance zůstává relativně vysoká během celého roku.



#### 4.1.5. Přírodní koupaliště v Toužimi



Obr.č.7: Sezónní dynamika Přírodního koupaliště v Toužimi, (tmavě modrá = led a sníh; světle modrá = led).

Přírodní koupaliště v Toužimi patří mezi větší ze studovaných rybníků, je však poměrně mělký. Během roku je dominován Chrysophyta a to především rodem *Mallomonas*. Během jara a podzimu jsou zde hojné obrněnky, především rod *Peridinium* a několik bezbarvých jedinců. Cryptophyta se vyskytují během celého roku. Nejpestřejší druhové složení však bylo během podzimu. Od jarních zástupců se lišilo složení společenstva Cryptophyta menší abundancí *Plagioselmis nanoplanctica*, která zůstala hojná na rozdíl od dalších druhů během zim a to i pod tlustou vrstvou ledu, eliminovalo ji až dlouhodobé zasněžení hladiny.

Euglenophyta měla maximum svého výskytu během léta, šlo především o zástupce rodu *Phacus*. Byly zde především velké druhy jako je *Phacus helicoides*. Mezi zástupci

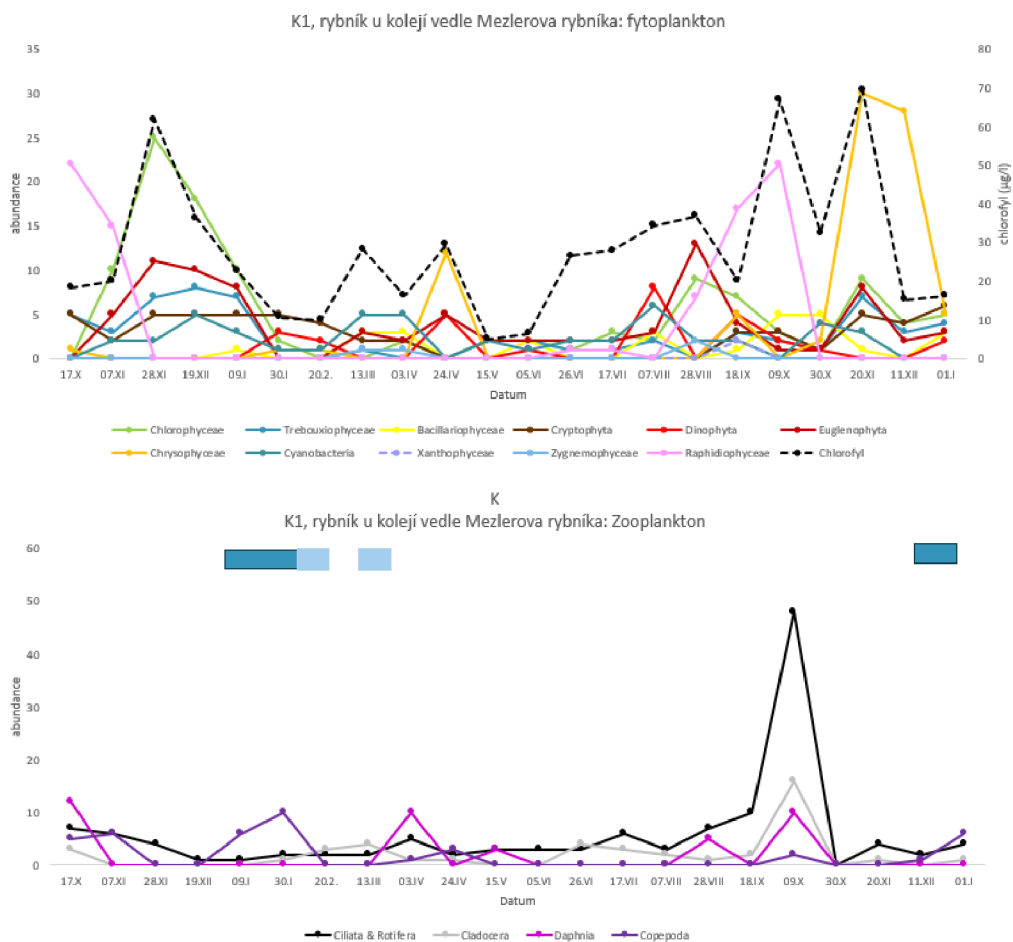
rodu *Lepocinclis* byl nejhojnější *L. acus*, a to ve dvou varietách, ke konci podzimu byla hojnější apochlorická forma tohoto organismu.

Rozsivky byly zastoupeny několika rody. Velmi hojná byla *Aulacoseira granulata*, a to ve dvou velikostních skupinách – jedinci nad 20  $\mu\text{m}$  byly hojnější v přítomnosti *Bosmina longinostris*, menší varianty okolo 7  $\mu\text{m}$  dominovaly v její nepřítomnosti. Stejně jako u dalších rybníků byly v chladnějším období častější *Asterionella formosa*, která následně vymizela a vrátila se do planktonu až na sklonku podzimu.

Vyskytovaly se zde i zástupci Raphidophyceae – ty se objevily jen ve třech ze studovaných rybníků, maximum jejich abundance bylo však posunuto do letního období.

Z nálevníků a vířníků se zde objevovaly rody *Keratella*, *Branchionus*, *Polyarthra* a druhy *Kellicottia bostonensis* a *K. longispina*. Poslední dvě jmenované se vyskytovaly masově a přispěly k období čiré vody. V jejich přítomnosti došlo k mírnému posunu přeživších druhů k větším velikostem a to pouze u řas bez bičíků. Kokálních sinice přítomnost těchto vířníků příliš neovlivnila, jak ve smyslu velikosti kolonií, nebo jedinců samotných. Zooplankton také neovlivnil jejich abundanci.

#### 4.1.6. K1, rybník u kolejí vedle Mezlerova rybníku



Obr.č.8: Sezónní dynamika K1, Bezejmenný rybník u kolejí vedle Mezlerova rybníku, (tmavě modrá = led a sníh; světle modrá = led).

Pro tento rybník je typická nízká průhlednost po celou dobu roku, voda je humínovými látkami zbarvena do hnědočervena. Snad díky tomu se zde vyskytují během roku převážně mixotrofní druhy nebo druhy s malými nároky na světlo. Každoročně zde dochází k rozvoji Raphidophyceae, a to během října – jejich výskyt se během let, kdy je tento rybník sledovaný, nijak neposouvá.

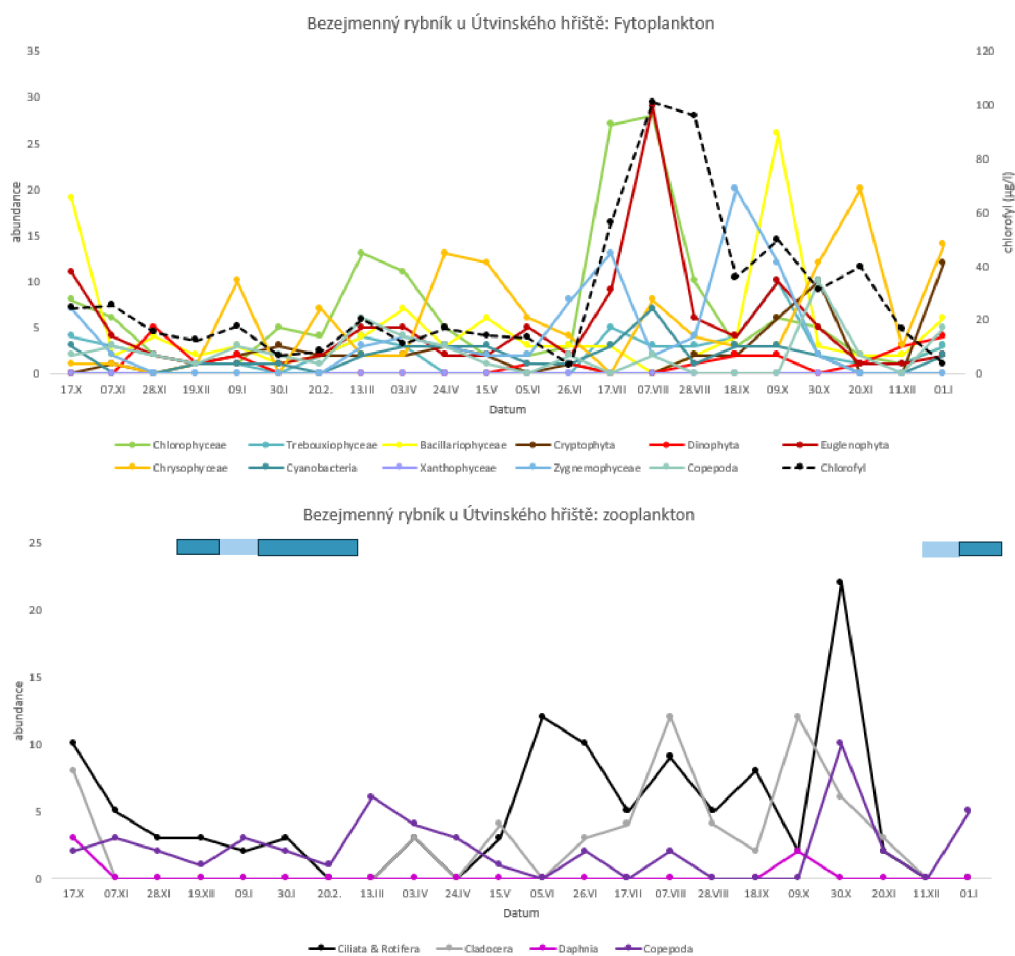
Po celý rok je v planktonu přítomna rozsivka *Aulacoseira granulata*, někdy se vyskytují hojněji velké rozsivky nad 100 µm a to především *Ulnaria ulna* nebo *Ulnaria acus*.

Oproti jiným rybníkům jsou častější zelené řasy ze třídy Trebouxiophyceae, především koloniální řasy se slizovými obaly, často jsou v nich vidět zachycené bakterie.

Jsou zde poměrně hojné obrněnky, nejvíce zastoupený je rod *Peridinium*. Většinou je přítomno více druhů najednou, mění se jen jejich abundance, vždy je však jeden z druhů výrazně dominantní. Nejnižší diverzity dosahují řasy během letního období, po dlouhou dobu nedochází k výrazným obměnám druhů. Vše se mění ke konci léta, kdy se objevuje více různých druhů zooplanktonu. Spektrum zooplanktonu mělo vliv na taxonomické, funkční i velikostní složení fytoplanktonu a to s malým časovým zpožděním.

Během sezóny se měnilo zastoupení hlavních skupin – zimní období ovládali klanonožci, začátkem jara byly poměrně početné všechny skupiny a pokryly velké velikostní spektrum své potravy. Zcela zásadní se zdál být nástup velkých druhů *Daphnia*, které výrazně přispěly k nástupu období čiré vody. Důležité je zmínit, že na chvíli, tedy období šesti týdnů, bylo v prostředí velké množství detritu, pro nastartování obnovy fytoplanktonu tedy bylo zásadní odstranění tohoto detritu z planktonu. Už dost špatné světelné podmínky byly výrazně zhoršené a detritovorní Copepoda a Ciliata ve zlepšení světelných podmínek hrála výraznou roli. Každoročně zde dochází k masovému výskytu *Kellicottia longispina* a *K. bostonensis* a to v takovém množství, že dochází na krátkou dobu k období pseudoclear water. Doprovodnými druhy bývají *Filinia longispina*, a zástupci rodu *Polyarthra*, především *P. dolichoptera*.

#### 4.1.7. Bezejmenný rybník u Útvinského hřiště.



Obr.č.8: Sezónní dynamika Bezejmenný rybník u Útvinského hřiště (tmavě modrá = led a sníh; světle modrá = led).

Tento rybník svou rozlohou patří mezi větší sledované rybníky, je to však jeden z nejmělich. Mezi dominantními skupinami se střídají Bacillariophyceae a Chrysophyceae. Často je doprovází obrněnky a během podzimu, kdy je fytoplankton druhově nejdíverznější, přibývají Euglenophyta – jde především o rody *Phacus* nebo *Trachelomonas*.

Jarní fytoplankton je tvořen především mixotrofními skupinami. Přítomné druhy se nevyskytují ve velkých abundancích až na *Plagioselmis nanoplanktica*. Ze zooplanktonu jsou hojně zastoupeny druhy rodů *Keratella*, *Coleps* a *Asplanchna*, doprovází je hojně i různé druhy klanonožců.

Od konce února narůstá množství sinic v planktonu, přítomné jsou druhy rodu *Oscillatoria* v podobě pseudoplanktonu, hojně se vyskytuje *Planktothrix agardii*, ale

nikdy však ne v takovém množství, aby se vytvořila vegetační zákal. Maximum výskytu sinic je na přelomu července a srpna.

Chrysophyceae jsou v planktonu hojně během celého roku, dochází však ke střídání dominantních druhů. Začátkem roku je dominantní *Synura*, střídá ji na krátkou dobu *Mallomonas* a od dubna do června je přítomný především *Dinobryon*. Úplné maximum výskytu Chrysophyceae bylo na konci října.

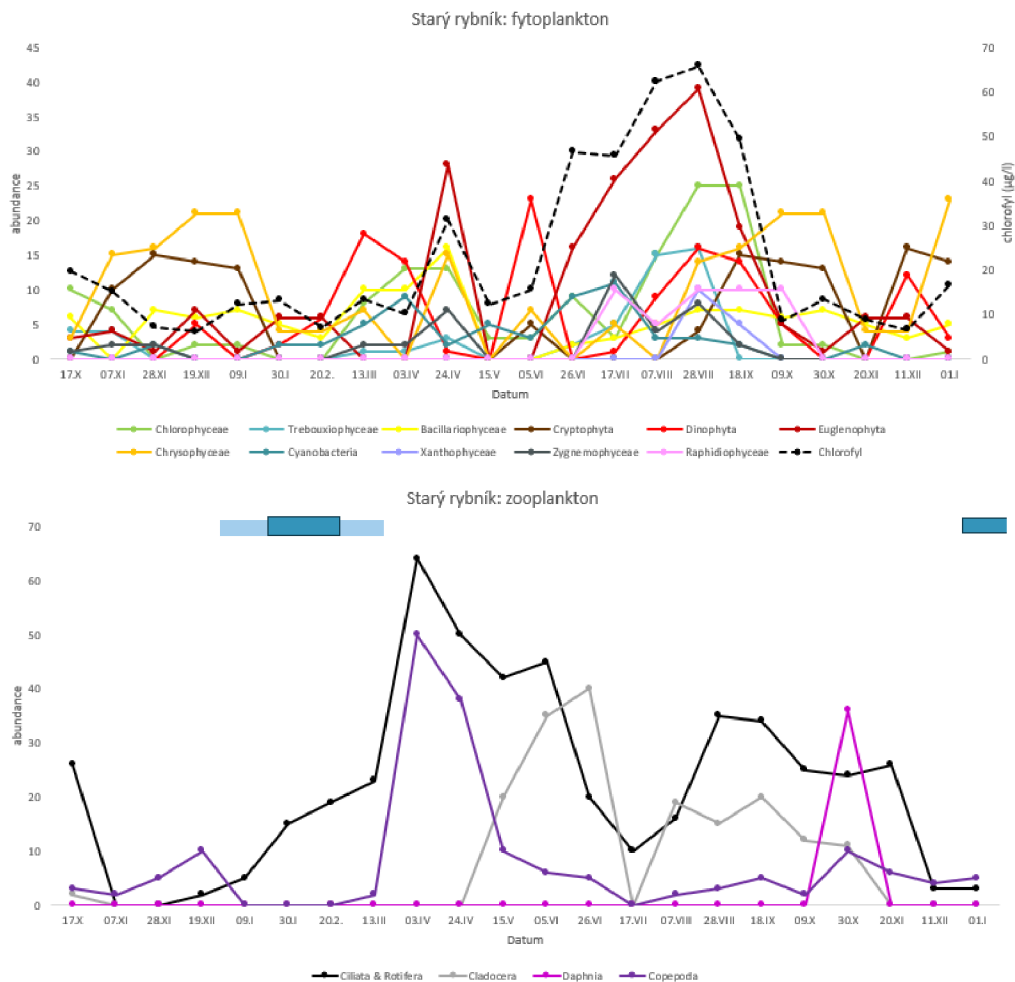
Vcelku zajímavý byl vyšší výskyt Zygnematophyceae ve srovnání s jinými rybníky, vyskytovaly se rody *Staurastrum*, *Cosmarium* i *Euastrum*. U posledních dvou zmíněných především velmi malé druhy, vždy ve velmi malém množství. Někdy do tohoto rybníku ekologicky nespádaly, patrně sem byly nějakým způsobem zaneseny (Kaštovský et al., 2018). Maximum výskytu je posunuté na konec září.

Rozsivky se vyskytují v menších abundancích než Chrysophyceae, ale jde především o velké nebo vláknité druhy, takže jejich biomasa nakonec bývá vyšší. Na začátku jara bývá v planktonu přítomna i *Cyclotella radiosa*, nebo *Stephanodiscus*. *Asterionella formosa*, byla v planktonu jen po krátkou dobu, v rámci jedinců byla napadena oomycetami, ta patrně nebyla na vině jejich vyloučení z planktonu.

Velmi důležitou složkou, především v podobě potravy pro zooplankton jsou Cryptophyta. Ty jsou přítomny během celého roku v nezanedbatelném množství. Docházelo k plynulé obměně přítomných druhů, také se měnila jejich velikost během roku. Vždy však byl přítomný jeden drobný druh, a to *Plagioselmis nannoplanctica*.

Porovnáme-li funkční skupiny v tomto rybníce s ostatními, je jejich složení pestřejší. Jen jejich dynamika trochu stagnuje během března a dubna a poté během dubna a května. V ostatních rybnících dochází k stagnaci v dynamice spíše během léta. Tady je však v létě pestřejší a vcelku významně se liší mezi jednotlivými odběry. Ve velkém množství se uplatňují funkční skupiny, které jsou mixotrofní, nebo jim nevadí malé množství živin. Je zde hodně okem viditelných kolonií bakterií a to i vláknitých. Možná se mixotrofní skupiny vyskytují v takovém množství právě kvůli kompetici s těmito bakteriemi, mnohé studie naznačují, že jsou bakterie mnohem schopnější v rychlém příjmu fosforu než řasy (Currie & Kalff, 1984; Kalff 2002).

#### 4.1.8. Starý rybník



Obr.č.9: Sezónní dynamika Starý rybník (tmavě modrá = led a sníh; světle modrá = led).

Starý rybník je svou rozlohou největší a místy je hlubší než tři metry. Obvykle je v planktonu přítomno relativně málo druhů, většinou kolem dvaceti. Nejvíce se jich objevuje v srpnu, kdy bylo přítomno 66 druhů, většina náležela mezi Euglenophyta, kokální zelené řasy a obrněnky.

Chrysophyceae jsou přítomny po celý rok, během zimy jde převážně o rod *Synura*, na jaře se přidal *Dinobryon divergens* a později se během roku v dominanci střídaly *Synura*, *Mallomonas* nebo kokální Chrysophyceae. Málokdy se vyskytovaly všechny rody nebo typy najednou, vždy jeden ubýval a druhý vzrůstal.

Také Cryptophyta jsou přítomny kontinuálně, a to především *Plagioselmis nannoplanctica*, která dosahovala poměrně vysoké abundance i během dlouhodobého

zalednění. Později, hlavně v přítomnosti malého zooplanktonu, se objevovala *Cryptomonas erosa* o průměrné velikosti 46 µm, byla tedy mimo jejich potravní rozsah. Nejhojnější byly Cryptophyta během obou sledovaných podzimů.

Obrněnky měly během sledovaného období pět maxim. Většinou se jednalo o *Parvodinium umbonatum* (dříve *Peridinium umbonatum*), nebo *Peridinium bipes*. Byly však přítomny i apochlorické druhy, avšak ne v takovém množství, jako jejich fotosyntetické formy. Apochlorie se objevila i u některých krásnooček během zapadání hladiny na delší dobu pylem nebo pod zasněženým ledem.

Sinice se začaly objevovat už začátkem ledna. To šlo převážně o *Snowella*, *Woronichinia* nebo *Limnococcus*. Dále se často do planktonu dostávaly v podobě pseudoplanktonu zástupci rodu *Oscillatoria*. Během léta byly častější vláknité sinice rodu *Aphanizomenon*, v červenci byl hlavním zástupcem *Microcystis* a to několik druhů najednou, ne však v takovém množství, aby způsobil vodní květ. S ochlazováním zůstala v planktonu pouze *Woronichinia naegeliana*. Během druhého sledovaného podzimu a zimy se situace opakovala, byly přítomné stejné druhy, ve srovnatelném množství.

Zelené řasy byly velmi často zastoupeny koloniálními druhy, rodem *Chlamydomonas* nebo pikoplanktonními kokálními jedinci. V případě řas se slizovými obaly byly tyto obaly často trochu nažloutlé a ve slizových obalech byly zachycené bakterie. Během roku se zde vystřídali Copepoda, Ciliata, Rotifera i Cladocera, především velké druhy rodu *Daphnia*.

Nejhojnějšími byly rody *Branchionus* a *Keratella*. Na podzim však došlo ke stejné situaci jako v K1: nastal masivní rozvoj *Kellicottia bostonensis*, doprovázený rozvojem *Filinia longiseta*, *Polyarthra dolichoptera* a *Polyarthra minor*. K posunu ve velikosti fytoplanktonu nedošlo, patrně díky přítomnosti velkého zooplanktonu, nejčastější formou řasy byly ty s bičíky nebo velké vláknité. Další podobnost s K1 je v přítomnosti Raphidophyceae, ty se v žádném jiném rybníce nevyskytovaly.

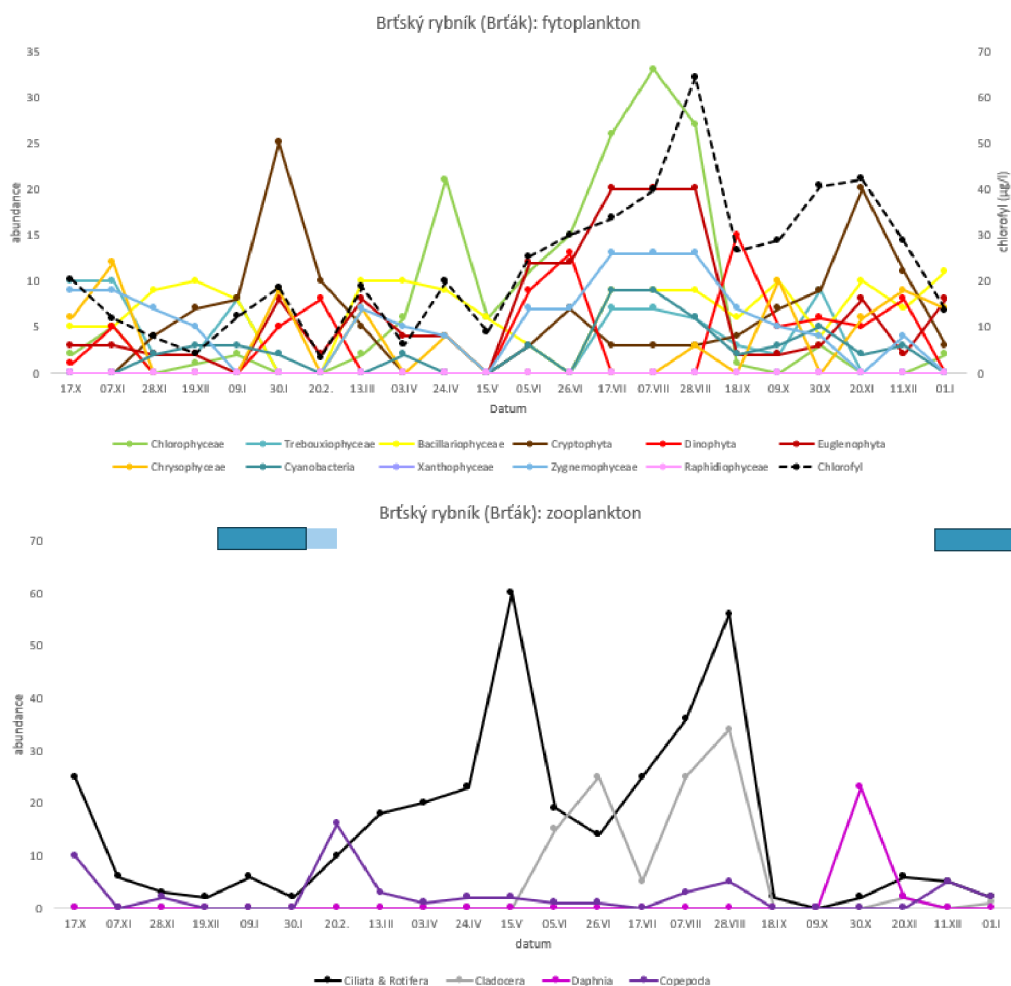
Dle funkčních skupin se hodně uplatňují řasy i sinice, které jsou nenáročné na množství živin, tedy tolerují jejich deficit. Při některých odběrech naprosto chybí řasy typické pro eutrofní rybníky, mezi které tento rybník spadá. Nejdíverzifikovanější složení mělo společenstvo v srpnu a září.

Během podzimu je také patrný rozdíl mezi jednotlivými odběrovými místy na tomto rybníku. Vypadá to, že dále od břehu byly přítomny velké druhy rodu *Daphnia*. *Bosmina longirostris* se držela spíše poblíž submerzní vegetace. Dále od břehu byly častější velké



kokální zelené řasy nebo vláknité sinice. Blíže břehům vzrůstal počet koloniálních zelených řas a kokálních sinic.

#### 4.1.9. Brťský rybník (Brťák)



Obr.č.10: Sezónní dynamika Brťský rybník, (tmavě modrá = led a sníh; světle modrá = led).

Rybník ve vesnici Brť není sice velký, zato je místy poměrně hluboký a má velmi dobře rozvinutý litorál.

Stejně jako v případě ostatních rybníků je zimní plankton složen převážně ze Chrysophyceae, Bacillariophyceae, Cryptophyta a Dinophyta. Vcelku zajímavá je přítomnost rodu *Staurastrum* v zimních měsících. Obecně se rod *Staurastrum* a *Cosmarium*

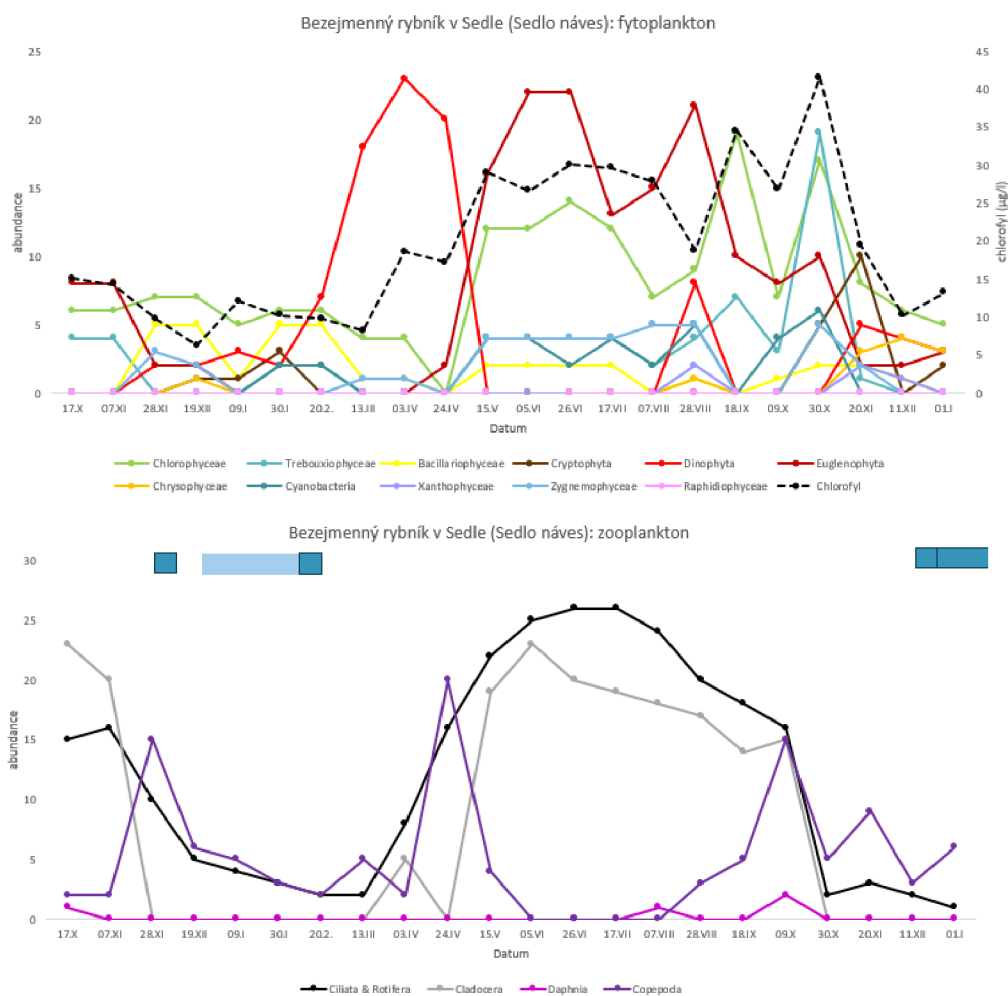
v planktonu vyskytuje během roku poměrně často. Pro mezoeutrofní rybníky to není moc časté (Kaštovský et al., 2018).

Jarní fytoplankton je tvořen navíc zelenými řasami, jde o druhy se slizovými obaly, druhy s bičíky nebo malé kokální řasy. Díky nárůstu malého zooplanktonu jsou početné malé kokální řasy vyfiltrovány a v planktonu zůstávají velké rozsivky, Euglenophyta, Chrysophyceae a Zygnematophyceae s obranými výrůstky. Jsou patrně nevhodnou potravou pro zooplankton a proto se jeho tlak o něco sníží. V případě tohoto rybníku nedochází k období čiré vody jako takovému. Spíše jde o období „detritové vody“ – jedná se o období, kdy je v planktonu přítomno mnoho schránek od odumřelého zooplanktonu, a současně jsou přítomny řasy a sinice v menším počtu, než je očekávané. Nutno podotknout, že jde spíše o osmotrofní jedince nebo řasy mimo velikostní potravní rozsah zooplanktonu.

Koncem léta došlo k výraznému snížení vodní hladiny v důsledku havárie stavidla. Rybník se následně plnil velmi pomalu, a proto se odběry konaly jen v místech, kde zůstala nějaká voda. V planktonu se objevily vláknité zelené řasy a vláknité Zygnematophyceae, především *Mougeotia* spp. steril., která místy tvořila výrazné nárosty na povrchu. V planktonu převládaly opět mixotrofní řasy. Pro srovnání s jinými sezónami se eliminovalo podzimní maximum krásnooček, které by byly touto dobou jednou z dominant společně se sinicemi rodů *Woronichinia* a *Planktothrix*. Vypuštění rybníku tedy výrazně zkrátilo období výskytu několika skupin řas a sinic. Také oproti jiným sledovaným rokům nedošlo k tak masivnímu rozvoji *Volvox aureus*, jeho vegetační zákal byl dříve viditelný pouhým okem. Zkrácení sezóny také zamezilo rozvoji *Ceratium hirundinella*, které tvořovalo vegetační zákaly na konci léta. Další změnou oproti jiným sezónám byl větší výskyt *Asterionella formosa*, byla v planktonu ve větší abundanci a také po delší dobu.

Z pohledu funkčních skupin je Brťský rybník poměrně nezajímavý. Dochází k prudkým změnám mezi jednotlivými odběry. Většinou jsou si dva nebo tři velmi podobné. Nejčastější morfortyp v planktonu byly řasy s bičíky.

#### 4.1.10. Bezejmenný rybník v Sedle (Sedlo náves)



Obr.č.11: Sezónní dynamika Sedlo náves (tmavě modrá = led a sníh; světle modrá = led).

Bezejmenný rybník v Sedle je typickým návesním rybníkem – je přerybněný, má vysoké koncentrace fosforu a spadá do kategorie hypertrofie. Je zde množství sírných bakterií a druhů indikující znečištění, a to především v bentosu, tvořeného vysokými nánosy bahna.

Zelené řasy jsou zde během celého roku a to malé kokální, velké kokální, vláknité i bičíkaté druhy. Řasy se slizovými obaly mají ve svém slizovém obalu zachycené bakterie mnohem méně často v porovnání s jinými sledovanými rybníky. Vzhledem k znečištění rybníka je to trochu neobvyklé.

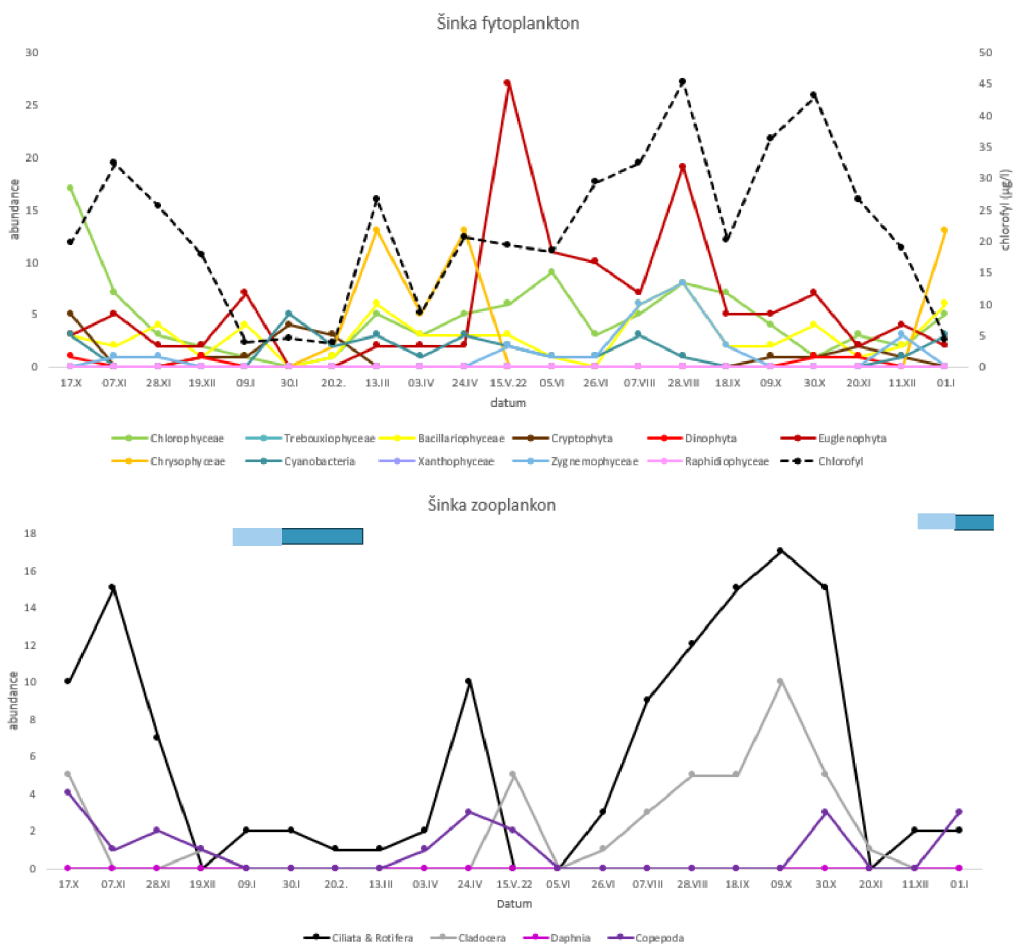
Euglenophyta jsou zde přítomna po celý rok. V zimních obdobích jde především o rod *Trachelomonas*, který zde má poměrně vysokou diverzitu. Později se přidá rod *Euglena*, *Euglenaria*. Konec léta a podzim převládají rody *Phacus* a *Lepocinclis*. Oproti ostatním

rybníkům je maximum krásnooček posunutá už do letního období a nemalé množství je přítomné i během prvního zimního sledovaného období. Jednalo se o druhy s lorikami a objevovala se i *Strombomonas acuminata* a *Strombomonas urceolata*. Tyto dva druhy v okolí nejsou moc časté, a pokud jsou přítomny, vyskytují se především na podzim, a to vždy v rámci jednotek jedinců.

Poněkud zvláštní je maximum zelených řas ze třídy Trebouxiophyceae během podzimu, jednalo se především o koloniální druhy se slizovými obaly.

Během jara zde byl vegetační zákal Dinophyta, přesněji šlo o *Parvodinium umbonatum* (dříve *Peridinium umbonatum*) a to v období, kdy u některých z rybníků docházelo k období čiré vody. Pokud by se tak nestalo, možná by k fenoménu období čiré vody došlo i zde. Z planktonu vlivem přítomnosti malého i velkého zooplanktonu rapidně ubývaly malé i středně velké řasy. Během léta bylo přítomno mnoho nálevníků a vířníků. Přestože zde bylo mnoho druhů o různých velikostech filtračních aparátů nepodařilo se jim snížit množství řas nebo sinic. S příchodem podzimu se začaly více vyskytovat mixotrofní druhy z řad Chrysophyceae, a především Cryptophyta rodů *Cryptomonas* a *Rhodomonas*. Současně došlo mezi rozsivkami k posunu ve velikosti druhů. Byly přítomny především menší druhy v případě *Cyclotella* a *Aulacoseira*. Jen rod *Ulnaria* se trochu vymykal. V jejich případě se vyskytovaly druhy větší, ale na druhou stranu jich byl menší počet než během předchozích odběrů.

#### 4.1.11. Šinka



Obr.č.12: Sezónní dynamika Šinka, (tmavě modrá = led a sníh; světle modrá = led).

Pro tento rybník je typický malý počet druhů. Maximální počet druhů přítomných během jednoho odběru zde bylo pouhých 21. Během zimních měsíců docházelo i k tomu, že zooplankton byl během odběru druhově bohatší než fytoplankton.

Už poté, co roztál sníh překrývající zaledněnou hladinu, se začaly objevovat Chrysophyceae. Jejich maximum je posunuto až na začátek jara, není zde podzimní maximum jako v případě dalších rybníků. Naopak je zde ve zmíněném období více Cryptophyta. Dinophyta je zde také poměrně malá biomasa, nedochází k vegetačnímu zákalu, objevují se spíše sporadicky, a to pouze během zimy a podzimu. Jde o velké druhy, jako je *Parvodinium umbonatum* (dříve *Peridinium umbonatum*), *Glenodiniopsis steinii* (dříve *Peridinium cinctum*) nebo *Apocalathium aciculiferum* (dříve *Peridinium aciculiferum*). Největší zástupce Dinophyta tu během studovaného období však nenacházíme.

Z Cyanobacteria je zde nejčastější *Woronichinia naegeliana*, přítomna byla už během ledna. Během jara se přidává *Plankthotrix*, *Oscillatoria* v podobě pseudoplanktonu nebo *Snowella*. V letním planktonu se objevuje *Aphanocapsa* nebo několik druhů rodu *Dolichospermum* či *Aphanizomenon flos-aque*, vždy však v nepatrném množství.

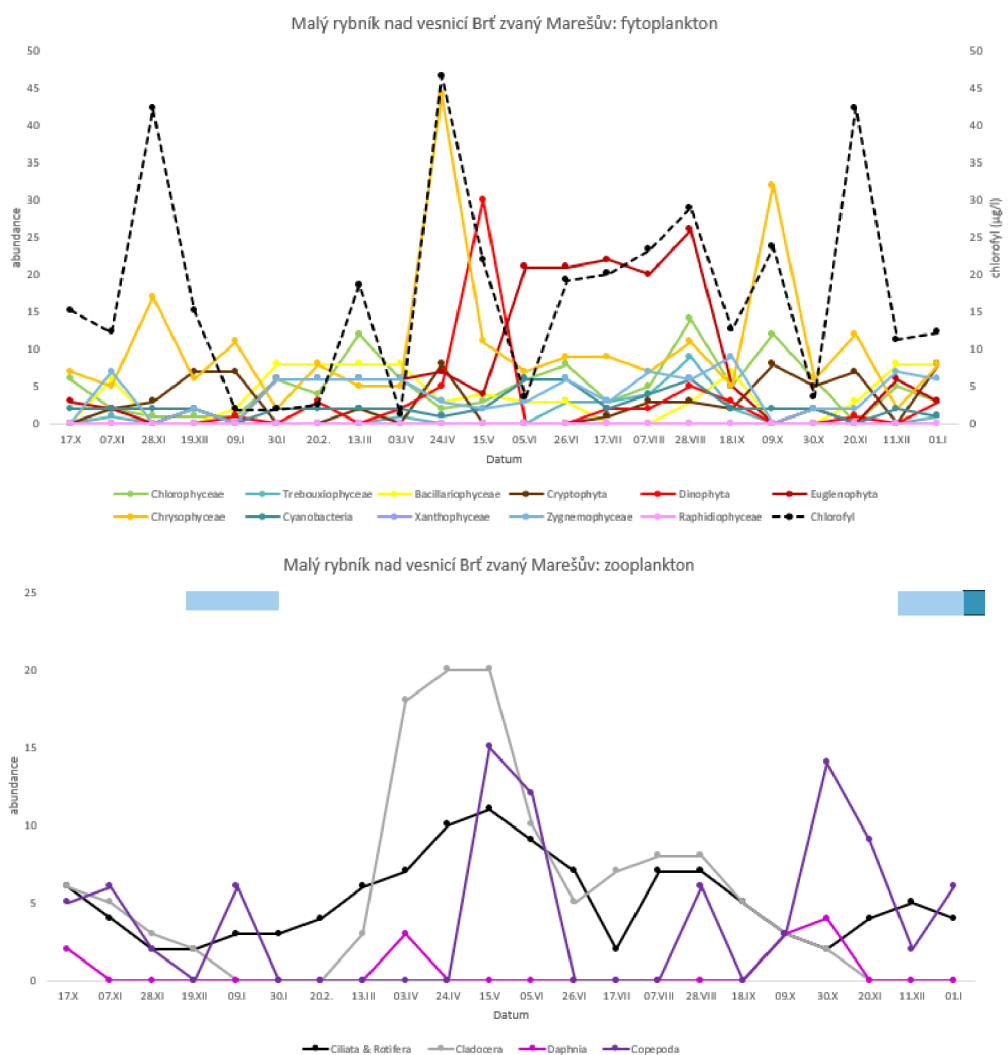
Zatímco v ostatních rybnících je *Asterionella formosa* přítomna pouze velmi brzy z jara nebo naopak na sklonku podzimu, zde je přítomna po celý rok. Maximum výskytu Bacillariophyceae je také atypicky posunuté a to do letního období. V létě je také maximum výskytu Zygnematophyceae, jsou zde drobné druhy rodu *Cosmarium* a na druhou stranu druhy vláknité - Zygnematophyceae.

K období čiré vody zde nedochází, a to ze dvou důvodů: jarní zooplankton se skládá z malých druhů a v čase, kdy klesne množství velikostně dostupné potravy, se začnou masově vyskytovat Euglenophyta, především druhy s lorikami, nebo velká *Lepocinclis* a *Euglena*, často tvoří více než polovinu biomasy fytoplanktonu.

Z pohledu funkčních skupin se od sebe během roku po sobě jdoucí odběry příliš neliší. Dalo by se vyčlenit několik období: někdy je dominantní skupina E, doprovodné jsou w1, J, T, P a C v dalším období, je dominantní či kodominantní skupina w1 a w2, doprovodné jsou L0, P a C, nebo F. Od těchto dvou období se liší víceméně jen přechodné období, tj. začátek podzimu během prvních podzimních odběrů, nebo první lednový odběr během druhé sledované zimy. Nepodobají se kvůli prudkým změnám: upuštění vody nebo rychlému roztátí sněhu a ledu. Patrně kvůli manipulaci a prudkým změnám si jsou odběry ve srovnatelný čas v roce tak nepodobné.

Hlavní složkou zooplanktonu jsou Ciliata a Rotifera. Jsou přítomny i druhy rodu *Bosmina*, ale menší zooplankton je svou početností výrazně převyšuje. Vcelku častým druhem je pro naše prostředí nepůvodní *Kellicottia bostonensis*, vyskytuje se zde ve dvou výrazných maximech, vždy se poté v prostředí výrazně zmenšil počet detritových částic. S velkým množstvím detritu má tento rybník vcelku problém, výrazně zhoršuje světelné podmínky. Zvláštní je, že vždy když se vyskytne rod *Kellicottia*, vyskytne se spolu s ní i rod *Filinia* a *Polyarthra* ve větším množství. Možná mají společně načasované množení, nebo dochází k něčemu, co je favorizuje.

#### 4.1.12. Malý rybník nad Brť zvaný Marešův



Obr.č.13 Sezónní dynamika Malý rybník za vesnicí Brť zvaný Marešův, (tmavě modrá = led a sníh; světle modrá = led).

Malý rybník za vesnicí Brť napájený spodními vodami je téměř po celý rok dominován zlativkami, jsou zde přítomné během celého roku ve velkém množství. Stejně tak je tu víceméně kontinuálně i velká masa Bacillariophyceae, především *Aulacoseira granulata*, a to v několika velikostních kategoriích (i nad 40 µm). Do planktonu, díky velmi malé hloubce a téměř neustálé polymixii pronikají penátní rozsivky. Jejich složení řadí tento rybník na pokraj mezotrofie a lehké eutrofie. Přesto kvůli vegetačním zákalům stoupají hodnoty chlorofylu často nad 100 mg.l<sup>-1</sup>, tedy hodnoty očekávané u velmi silné hypertrofie.

Vyskytuje se zde mnoho druhů Dinophyta, *Parvodinium umbonatum* (dříve *Peridinium ubonatum*) dokonce vytvořilo vegetační zákal na počátku dubna. Dále jsou v planktonu hojné i nahé druhy i druhy apochlorické.

Další skupinou přítomnou po celý rok jsou Cryptophyta. Malé druhy, jako je *Rhodomonas minuta*, jsou přítomné během jarních a zimních měsíců, postupně směrem k podzimu se vyskytují druhy větší, např. *Cryptomonas reflexa* o velikosti nad 46 µm. Během zimy byla dominantní druhem *Plagioselmis nanoplanktika*, která dosahovala velké abundance i pod zasněženou hladinou.

Euglenophyta byla zastoupena všemi svými rody. Vcelku častý byl i rod *Strombomonas*, v rámci rodu *Phacus* se vyskytoval *Phacus monilatus* var. *suecicus*, považovaný za druh neznečištěných vod. Přítomna byla už před roztátím ledu a to především druhy *Strombomonas* a *Trachelomonas*, převážně *Trachelomonas planctonica*. Na jaře byla nejčastější *Trachelomonas volvocina* a na podzim *Trachelomonas hispida*. Právě rod *Trachelomonas* zůstal v planktonu nejdéle.

Cyanobacteria byly zastoupeny dvěma morfologickými skupinami, a to vláknitými a kokálními v podobě *Limnococcus* a *Aphanocapsa*. Vláknitými byly *Planktothrix rubescens*, *Dolichospermum* či *Oscillatoria*. S přicházejícím podzimem se hlavním zástupcem stala *Woronichinia naegeliana*, která zůstala přítomna až do prvního zalednění.

Další skupinou tvořící nezanedbatelnou biomasu v tomto rybníce jsou Zygnematophyceae. Pozoruhodná byla diverzita rodu *Cosmarium* – vyskytovaly se zde velké i malé druhy, s obrannými výrůstky i bez nich. Rod *Staurastrum* zde byl zastoupen druhy mezotrofních vod, ale i těmi, o kterých je známo, že pronikají do eutrofních vod. Ve svém výskytu měly maximum v každém ročním období, vždy pak jejich počet trochu klesl. Druhotně přítomné byly i vláknité druhy *Zygnema* i *Spyrogyra*.

Ciliata i Rotifera byla přítomna v relativně malém množství v porovnání s klanonožci a perloočkami. Rody *Cyclops* a *Thermocyclops* byly zastoupeny hned několika druhy, které se střídaly během roku. Některé druhy se vyskytovaly pouze v zimním období. Velmi hojným druhem byl *Bosmina*, ten se stal na dlouhou dobu dominantní složkou. Na podzim se začala vyskytovat *Daphnia magna*, *Daphnia pulex*. V jejich přítomnosti kleslo množství požitelného fytoplanktonu, především malých kokálních zelených řas. Hojným druhem byl i *Chydorus* a zástupci lasturnatek. Velkému zooplanktonu se zde daří díky absenci ryb.

Z hlediska funkčních skupin je rybník nejkompaktnější spíše ke konci léta. Složení napříč sledovanými sezónami je si dost nepodobné. Je to patrnější než u hlubších rybníků. Více se zde projevují změny v teplotě a především v délce období zalednění.

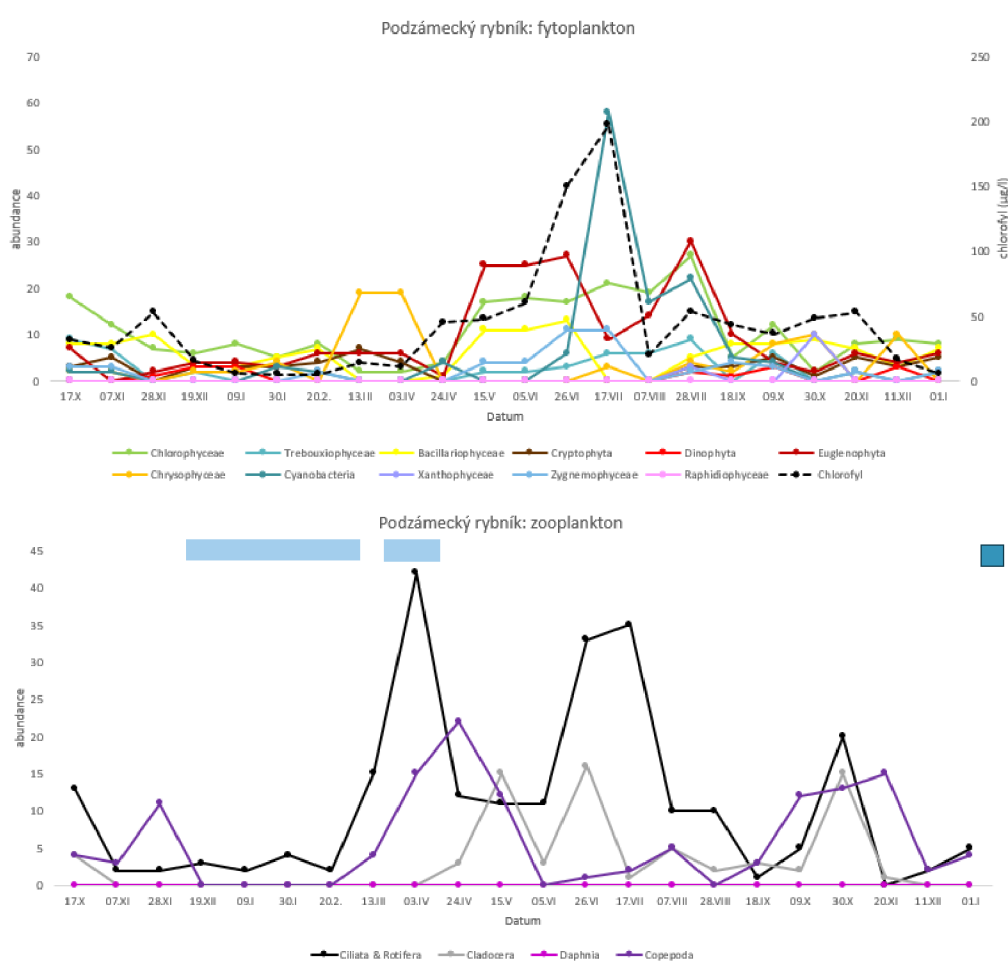
Složení je v porovnání s jinými rybníky komplexnější během celého roku. Zooplankton zde není tak potlačován predací. Spíše je tu kompetice mezi zooplanktonem.



Značná musí být i kompetice vnitrodruhová, soudě dle vysoké abundance jednotlivých druhů.

I přes vysoký tlak zooplanktonu zde nedochází ke klíčovému bodu PEG modelu, tedy období čiré vody. Druhy se vyhnou konzumaci svou velikostí, obranými prostředky nebo díky schránkám či odolným pelikulám. Častá je tvorba kolonií v případě malých, jinak snadno napadnutelných, druhů.

#### 4.1.13. Podzámecký rybník



Obr.č.14 Sezónní dynamika Podzámecký rybník, (tmavě modrá = led a sníh; světle modrá = led).

První sledované zimní období bylo dominováno především rozsivkami, jednalo se především o *Aulacoseira granulata*. V menším množství byly přítomny Cryptophyta, malé a středně velké druhy. Oproti druhému zimnímu období bylo přítomno poměrně málo

Chrysophyceae, ty začaly být častější až po roztátí ledu a vytvořily své maximum na jaře. V tomto období se začaly hojněji vyskytovat Euglenophyta, trochu ubylo zástupců rodu *Trachelomonas*, které byly jako jediné přítomné v zimě a přidala se *Euglenaria clavata* nebo malé druhy rodu *Lepocinclis*. Zelené řasy jsou celé léto kodominantou kekrásnoočkům. Jednotlivé druhy nemají vysoké abundance, ale vyskytuje se jich poměrně hodně. Největší druhová diverzita byla zaznamenána v srpnu, i tak šlo o pouhých 53 druhů. Ke konci léta došlo k rozvoji vodního květu sinic, jednalo se o rody *Microcystis*, *Dolichospermum* a *Aphanizomenon*, které vytvořily viditelný vodní květ nahnáný větrem na jednu stranu rybníka. Do planktonu se dostávala i bentická *Anabaena*, patrně vlivem míchání vodního sloupce. Na opačné straně byly tyto sinice přítomny také velmi hojně, ale zákal nebyl okem patrný. Během tohoto období jsou ostatní řasy na ústupu, nebo s malým odstupem času jejich počet vlivem zhoršených světelných podmínek klesá, pomaleji na závětrné straně, klesá i počet nálevníků a vířníků. Prvotně ovlivněná Euglenophyta se začínají objevovat ve svých apochlorických varietách. Déle přežívají druhy, které měly vytvořená velká paramylonová zrna. Vodní květ ustupuje až během října, v planktonu jsou přítomny velké Bacillariophyceae a Xantophyta, která jsou následně rychle napadána chytridiomycetami, nebo oomycetami. V žádném jiném rybníku se Xantophyceae v takovém množství neuplatňovala a pokud se objevila, bylo to spíše v rámci jedinců. S podzimem se vrací Chrysophyceae, téměř výlučně jen rod *Mallomonas*, *Synura* se objevuje až v zimě. V říjnu se opět vrací Cryptophyta.

V lednovém období zooplankton zastupuje především *Asplanchna*. Na začátku února se pomalu objevuje *Keratella*, *Brachionus* se objevuje až v dubnu a následuje rychlý sled dominantních druhů v rámci tohoto rodu. Načasování je téměř stejné, jako v Lesním rybníku. V dubnu také dojde k zmenšení počtu nálevníků a vířníků. Začínají se však více objevovat klanonožci, zejména rod *Cyclops*. *Bosmina*, která ve většině rybníků zůstávala od svého prvního výskytu kontinuálně, se v případě tohoto rybníku objevovala a zase mizela.

Funkční diverzita fytoplanktonu je během jara velmi chudá, komplexita se zvyšuje až v červnu, kdy jsou zastoupeny všechny velikostní kategorie zooplanktonu. Největší funkční diverzita je před nástupem vodního květu v srpnu, potom se postupně se začíná snižovat. Nejnížší je před roztátím ledu, přesněji sněhu, a v období, kdy by mělo nastávat období čiré vody, tedy během května. Zvláštností je, že se více uplatňují skupiny málo zastoupené v jiných rybnících nebo také, že se oproti ostatním rybníkům vyskytují

v atypický čas. Příkladem je skupina C, která pokud je přítomna, vyskytuje se v chladných měsících. Zde je však během léta.

Zajímavá je diverzita sinic, která výrazně převyšuje ostatní rybníky. Mimo sinice, které tvořily vodní květ, tvořeny rody *Aphanocapsa*, *Aphanothece*, *Plankthotrix* a nepůvodní *Cylindrospermopsis raciborskii*.

Během roku došlo dvakrát k tomu, že v planktonu byly přítomny pouze řasy s bičíky, a to v březnu a během druhého sledovaného listopadu. Oproti jiným rybníkům zde byly častěji zastoupeny malé solitérní druhy, patrně tlak nálevníků a vířníků nebyl tak velký a jejich počty i více fluktovaly. Patrně měly řasy čas znovu narůst ve své početnosti. Vlákňité druhy se v planktonu držely od dubna, kdy se v podobě pseudoplanktonu objevovala *Oscillatoria*. Zimní období ostatně jako v ostatních rybnících patřila řasám s bičíky, nebo těm koloniálním.

#### 4.2. PEG tabulka splněných kroků

Tab. č. 4.: Tabulka splněných kroků PEG Modelu

	Malý rybník nad vesnicí Brť zvaný Marešiv	Starý rybník	Dolnosedel-ský rybník	Bezjejmenný rybník v Oročíně	Brťský rybník (Brťák)	Bezjejmenný rybník při cestě do Krásného Údolí	Les	Bezjejmenný rybník v Sedle (Sedlo Náves)	Podzámecký rybník	Šinka	Bezjejmenný rybník u útvinského hřiště	Kl. rybník u koleji vedle Mezlerova rybníka	Přírodní koupaliště v Touzimi
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													

19	yellow	blue	blue	blue	blue	blue	yellow	blue	yellow	blue	yellow	green	blue
20	green	green	green	blue	light green	blue	blue	blue	green	green	light green	light green	blue
21	blue	blue	green	blue	blue	blue	green	light green	blue	blue	blue	blue	blue
22	light green	light green	green	green	blue	green	green	light green	blue	green	green	green	blue
23	yellow	green	yellow	green	yellow	yellow	yellow	yellow	yellow	yellow	yellow	yellow	yellow
24	yellow	yellow	yellow	yellow	green	green	yellow	yellow	yellow	yellow	yellow	green	yellow

Zelená = splněno; světle zelená = splněno z části; žlutá = opakuje se. modrá = nenastalo.

U žádného z 13 zkoumaných rybníků nedošlo k sezonnímu průběhu zahrnujícímu všechny kroky PEG modelu. Mnohdy se kroky opakovaly, nešly postupně za sebou, nebo některé zcela chyběly. Takové výsledky byly očekávané díky malé hloubce a především polymixii.

Větší, respektive hlubší, rybníky splňují více bodů modelu – Starý rybník 20/24 bodů, Přírodní koupaliště v Toužimi 19/24 bodů, Les 16/24 bodů a Dolnosedelský 14/24 bodů. Nejmělkčí ze sledovaných, bezejmený rybník nad vesnicí Brť zvaný Marešův rybník, splňuje jen velmi málo bodů, snad kvůli své malé hloubce a absenci ryb se podobá spíše tůním. Ačkoliv v Marešově rybníku není vyvíjen takový predační tlak na zooplankton, nedokáže zooplankton výrazně ovlivnit, množství fytoplanktonu. Patrně zde výrazně funguje mikrobiální smyčka.

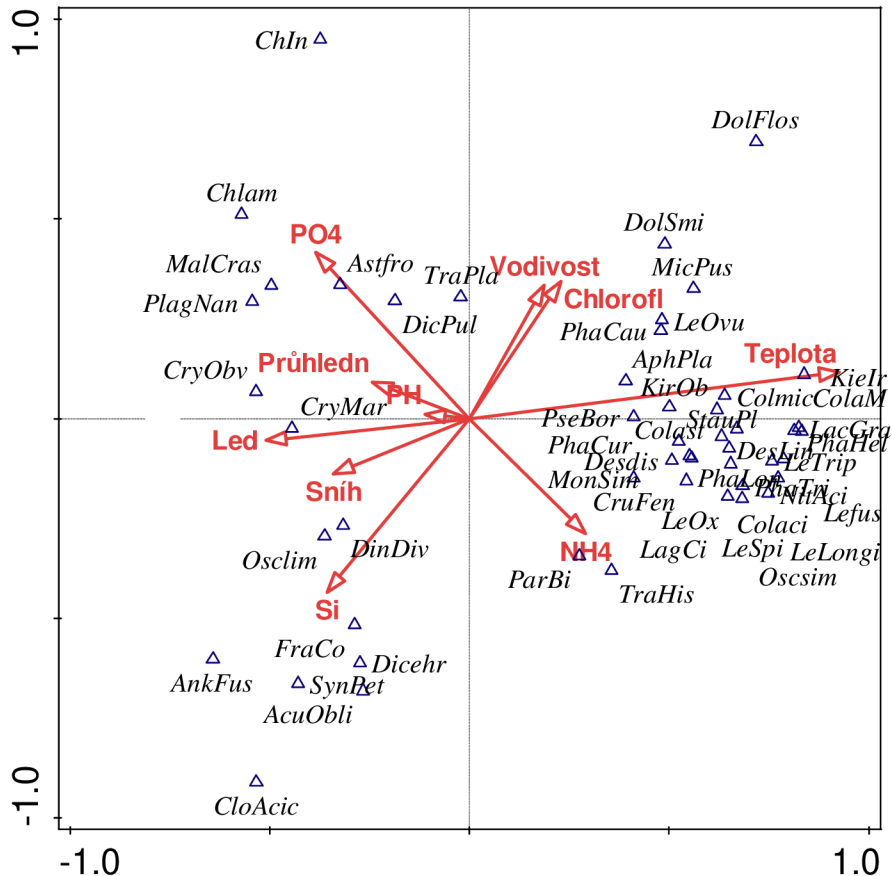
Sedmý bod modelu – predační tlak ryb na zooplankton je vysoký a sniží jeho početnost, ve společenstvu dojde k posunu směrem k malým druhům (Sommer et al., 1986) – byl zaznamenán pouze v jediném rybníku. U většiny rybníků dojde k opačnému posunu, tedy vyskytují se spíše větší druhy. Pravděpodobně je to důsledkem přítomnosti zejména malých druhů zooplanktonu. V případě, kdy se sníží počet velkého zooplanktonu (Copepoda, Cladocera), nedojde v rámci velikosti řas k žádné, nebo zanedbatelné změně. Možná je nasnadě i relativně nižší koncentrace rozpuštěných látek současně se snížením početnosti zooplanktonu. Vyskytují se především druhy řas a sinic, které mají velký povrch vzhledem k svému objemu a ty obecně efektivněji přijímají látky z okolního prostředí (Pouličková 2011; Reynolds, 2006).

Jedním z dalších pozorovaných odklonů od PEG modelu je přesunutí maxima druhů fytoplanktonu i zooplanktonu do konce letního období, nebo ve většině případů až na podzim. K tomu však dochází jen u některých rybníků (např. Les nebo Brťák). Většinou je vyšší druhovost v druhé polovině roku, tvořila ji především krásnoočka a zelené řasy. Výjimkou je Dolnosedelský rybník, kdy byla diverzita nejvyšší v dubnu, nutno zdůraznit,

že zde nedošlo k období čiré vody vlivem vysokých abundancí Cryptophyta, Chrysophyceae a Euglenophyta. V planktonu tou dobou byly drobné druhy Ciliata, Rotifera a velmi málo Copepoda. Soudě dle obsahu trávicí soustavy, byl jejich potravou detrit, lépe řečeno bakterie na jeho povrchu.

Často chybí bod 21, kdy vlivem zhoršujících podmínek má nastávat zimní minimum. Výrazně se sníží abundance i druhová diverzita několika skupin, a to především zelených řas. Jiné skupiny však i pod ledem tvoří vegetační zákaly, nejčastěji jde o rod *Synura*, tento jev byl pozorován hned několikrát. Také obrněnky vytvářejí zimní vodní květy. Poměrně časté jsou i menší druhy rodu *Trachelomonas*, ostatním zástupcům krásnooček se pod ledem tolik nedařilo, byly přítomny maximálně v rámci jedinců a často se zásobami paramylonu, které jim dovozovaly přežít nepříznivé podmínky. Většinou však vlivem zasněžení hladiny ztrácely fotosyntetické pigmenty. Během následujících odběrů jich bylo mnohem méně, nebo zcela vymizely.

Během roku by měly různé faktory různou silou ovlivňovat planktonní společenství. Podle výsledků je zásadní především teplota (viz obr.č.15). Množství fosforu se sice mění, ale dle statistiky není tak určující, dusík se zdál určující spíše pro sinice, pokud ho bylo v prostředí málo stávaly se sinice dominantnějšími. Nejvíce sinic schopných vázat vzdušný dusík se objevovalo během léta v Podzámeckém rybníku.



Graf č.1: působení chemických a fyzikálních faktorů na společenstvo (CCA; pseudo-F = 2,00;  $p = 0,002$ ; DF = 13; vysvětlená variabilita = 4,4%).

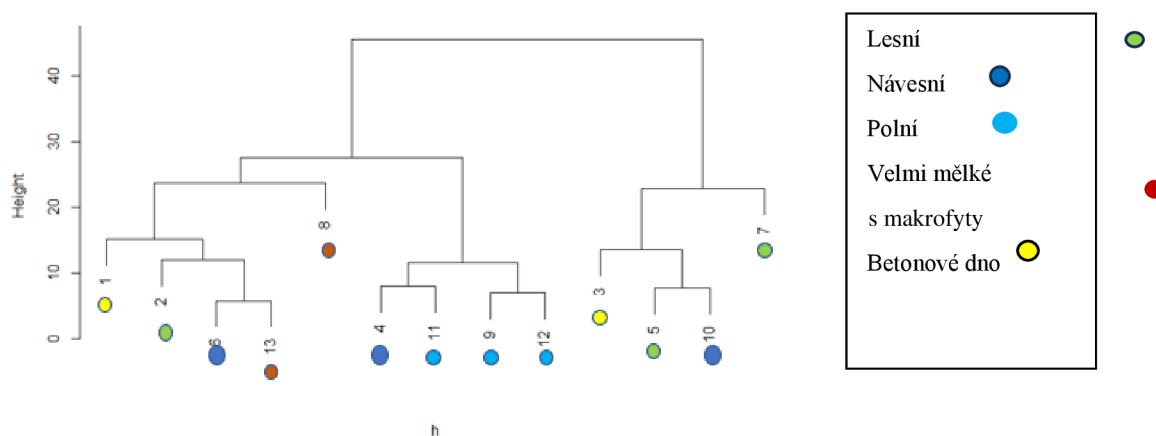
Množství živin hraje roli ve fungování společenstev. U našich rybníků se však kvůli vysoké úživnosti vliv změn koncentrací moc výrazně neprojevuje, zajímavá je také poměrně vysoká funkční diverzita některých rybníků na konci zimy. Další věcí je taxonomická diverzita, která je často nižší než diverzita funkční.

Složení společenstva zooplanktonu i fytoplanktonu se během roku výrazně liší. Nejdiverznější bývá během podzimu, kde se začínají míchat druhy běžné v teplém období s těmi zimními, typicky jde o Chrysophyceae a Cryptophyta.

Letní společenstvo nejodlišnější. Je to dáno zvýšeným podílem Cyanobacteria, *Lepocinclis* a několika druhy z řad Chlorophyceae, která se mimo letní období nevyskytovaly.

Jednou z podotázek této diplomové práce bylo porovnání sezónní dynamiky mezi rybníky stejného typu, viz graf č.15. Bylo vytvořeno několik kategorií, mezi které bylo 13

rybníků rozděleno. Podobnost mezi rybníky je velmi malá, a to z hlediska funkční i taxonomické diverzity. Z hlediska taxonomie si jsou rybníky více podobné.



Graf č.2: Shluková analýza Wardovou metodou, taxonomie

## 5. Diskuse

PEG model (publikovaný v roce 1986) popisuje ve 24 po sobě jdoucích krocích změny ve společenstvech fytoplanktonu a zooplanktonu. Soustředí se na vliv fyzikálních faktorů a biotických interakcí mezi zooplanktonem, rybami a fytoplanktonem a sleduje, jak se mění složení společenstva během roku.

V případě sledovaných rybníků však u žádného nedojde k průběhu podle všech 24 bodů, tak jak je model definován, a mnohdy jsou kroky na přeskáčku oproti modelu. Autoři PEG modelu s odchylkami od modelové situace počítají (Sommer et al., 1986).

### 5.1. Hloubka, hloubka a zase hloubka

Výsledky této studie ukazují, že v případě sledovaných rybníků více bodů nastává v hlubších rybnících. Problém je v tom, že nemáme dostatek dat na porovnání, většina obdobných studií se provádí na jezerech. Nejčastěji jsou studovaná mělká jezera do maximální hloubky 6 m, světlo v nich může dopadat až ke dnu, často bývají polymiktická, jako v případě našich rybníků. Výzkumem na jezerech se zabývají (například Meerhof & Jeppsen, 2009; Jeppsen 1998; Coops et al., 2003; Sheffer and van Nes, 2007). Je uváděno, že takové ekosystémy nejvíce ovlivňuje místní klima, především změny v teplotě. To platí i pro sledované rybníky – teplota byla hlavním enviromentálním faktorem pro výskyt

specifických skupin. Žádný ze sledovaných rybníků však nebyl srovnatelně hluboký, hloubka nejen rybníků ve studii, ale i zkoumaných jezer se však poměrně značně liší.

Hloubka rybníka také hraje roli v míchání vodního sloupce – mělké rybníky jsou polymixtické. Několikanásobné míchání vodního sloupce vrací zpět živiny a řasy, které spadly ke dnu, může to mít i vliv na dominantní skupinu v planktonu. Sinice na rozdíl od Bacillariophyceae umí korigovat svou polohu hned několika způsoby. Rozsivky takovou schopnost nemají a mohou se jen bránit změnou ve své velikosti, respektive ploše. Polymixie tak může navrátit rozsivky zpět do vyšších vrstev planktonu a prodloužit období, kdy jsou dominantními (Portalier et al., 2016; Berger et al., 2007, Reynolds 2006; Kalff 2002).

Dle 12. kroku PEG modelu vyčerpání křemíku vede k vystřídání velkých Bacillariophyceae velkými druhy Dinophyta nebo Cyanobacteria (Sommer et al., 1986). V našich rybnících k tomu nedocházelo z několika příčin – množství fosforu se v kritickém období moc neměnilo, nedocházelo tak k výraznému poklesu koncentrace křemíku ve vodě a rozsivky vlivem polymixie neklesaly na dno.

Některé druhy řas, preferují nehluboké zarostlé vodní útvary, především v případě Dinophyta, které byly nejvíce přítomné ve velmi mělkém Marešově rybníku, který má vodní vegetaci i ve svém středu (Kaštovský et al, 2018).

Přestože se potravním sítím věnuje hodně pozornosti, máme poměrně málo dat mimo kontrolované prostředí. Ještě méně dat pochází z hypertrofních prostředí, kam většina rybníků pomalu spěje (Sommaruga & Robarts 1997; Šimek et al., 2000; Boenigk & Arndt 2002).

## 5.2. Zooplankton a potravní řetězce

Pro rybníky jsou typické vysoké populační hustoty Ciliata a Rotifera (Sanders et al., 1989; Šimek et al., 2000; Marecek et al., Šimek et al., 2019). Ti byli hlavní složkou zooplanktonu i ve sledovaných rybnících. Často se však stalo, že i přes svou vysokou abundanci nedokázaly ovlivnit množství fytoplanktonu. Nastávala i období, kdy abundance nálevníků a vírníků výrazně převyšovala množství řas, které jsou schopny požívat pro jejich velikost. Studie poukazují na důležitost rodů *Halteria*, *Strombidium* nebo *Rimostrombidium*.

Rod *Halteria* byl přítomný v rybnících zejména během jara, ve stejném období ubývalo výrazně množství pikoplanktonu, který tvořil podstatnou část jarního společenstva,



společně s *Cryptomonas*, rozsivkami a zlativkami. Rod *Halteria* byl poté hojnější v prostředí s mnoha detritovými částicemi, zejména během období čiré vody a těsně po něm. Mimo zmíněné období byl dominantním zástupcem nálevníků rod *Coleps*, v jeho přítomnosti se však množství pikoplanktonu mezi jednotlivými odběry moc nelišilo.

Podle 7. bodu PEG modelu má vlivem predáčního tlaku ryb na zooplankton docházet k přibývání malých druhů řas. Toto nastává až po období čiré vody, v tomto období jsou však přítomné malé druhy nálevníků, kteří filtrují právě malé druhy fytoplanktonu. Tím dojde k posunu spíše ke středně velkým druhům řas nebo malé řasy začínají být více koloniální. Proto bod 7 nebyl často v případě sledovaných rybníků pozorovaný. Nemáme sice přesná data o rybách, ale některé rybníky jsou už od pohledu přerybněné. Ani v případě takových rybníků však k posunu k malým druhům nedocházelo. Omnivorní Ciliata tvoří významnou složku meso-eutrofních a hypertrofních vod a doloženo je to z mnoha rybníků (Šimek et al., 2019).

Řasy mají měnit svou velikost nejen na základě množství živin ve vodě, ale také jako reakci právě na zooplankton. Obecně v sledovaných rybnících reagovaly řasy spíše než změnou celkové velikosti buněk tvorbou obranných výrůstků. Samotná změna velikosti buňky by byla nevýhodná díky širokému velikostnímu spektru predátorů a případné zvýšené kompetici řas a velmi abundantních okem viditelných bakterií o živiny, především o fosfor (Porter, 1973).

### 5.3. Období čiré vody

Jedním ze zásadních kroků PEG modelu je období čiré vody. Popisuje tak období, kdy výrazně klesne biomasa řas po jejich jarním nárůstu. Je vysvětlován dvěma způsoby – vyčerpáním živin nebo vlivem predace ze strany zooplanktonu (Reynolds 2006; Lampert et al., 1986; Townsed et al., 1994; Leucke et al., 1990). Ve sledovaných rybnících tato fáze často chyběla, vysvětlení může být několik: (1) nekleslo množství živin v prostředí, někde dokonce nepatrně vzrostlo, jinde množství živin kleslo nepatrně; (2) zooplankton nevyvinul takový tlak, aby snížil množství řas v prostředí, přítomné řasy měly vysokou reprodukční rychlost a vhodné prostředí; (3) absence fáze čiré vody může být i turbidním prostředí rybníků. Několik studií naznačuje, že právě ve velmi turbidních vodních tělesech k období čiré vody nedochází patrně kvůli dotaci živin a organismů ze spodních vrstev vodního sloupce (Berger 1978; Hoser & Meijer 1986). Ukazuje se, že ani přítomnost několika období čiré vody není tak ojedinělá, většinou je však situováno do letního období (Lair &

Aydai 1989; Lampert & Rothaupt 1991). U sledovaných rybníků k nim však docházelo na podzim. Fytoplankton i zooplankton byl během léta méně rozvinutý, své maximum zažíval spíše v podzimním období, během kterého docházelo k opakování období čiré vody. Jako jeden z klíčových druhů pro období čiré vody je uváděna přítomnost velkých perlooček rodu *Daphnia*. Některé zdroje však naznačují, že tento rod nedokáže efektivně růst v eutrofních vodách, kde se nachází vláknité sinice a jiné řasy (Gliwicz & Lamert 1990; Jeppesen et al., 1997). V případě sledovaných rybníků byla přítomnost *Daphnia* spíše raritní.

Načasování období čiré vody záleží i na množství planktonovorných ryb, především to platí na jaře. Studie dokazují, že jarní období čiré vody nastává dříve, pokud je přítomno málo rybích predátorů zooplanktonu (Rudstam et al., 1993).

V letech 2005-2010 probíhala biomanipulace na rybnících v Bruselu. Stejně, jako ty naše jsou poměrně mělké a podléhají eutrofizaci. Zlepšení kvality vody trvalo asi rok a pak záleželo na tom, zda jsou v rybnících přítomna makrofyta. Více fytoplanktonu se objevilo tam, kde se odebraly ryby a upustily hladiny bylo u těch s vegetací. už nedokážou rostliny bojovat s řasami. Rekolonizace rybníky zase pomáhá fytoplanktonu. Proto je důležitá přítomnost štiky, ty jsou ale zase náročné na prostředí díky rostlinám, ukládají tam jikry a je to pro ně školka. Štiky tedy zase stabilizují období čiré vody (De Backer et al., 2011).

Období čiré vody podstatně snižuje funkční i taxonomickou diverzitu, často je mezi těmito diverzity neshoda – funkční diverzita většinou bývá větší. Zajímavé je, že funkční diverzita je obvykle vyšší na konci zimy a v brzkém začátku jara podobně, jako ve studii, která se taxonomickými a funkčními skupiny zabývala (Weithoff et al., 2014). Naše výsledky jsou podobné. Snižuje se a opět výrazně narůstá během podzimu, během léta většinou stagnuje. Současně je funkční diverzita vyšší v přítomnosti více složek zooplanktonu a v období, kdy dochází ke změně podmínek, pokud tyto změny nejsou příliš prudké (Weithoff et al., 2014).

#### **5.4. Makrofyta**

Submerzní vegetace negativně ovlivňuje primární produkci řas, jedná se o kompetici o zdroje a životní prostor (Gross et al., 2007). Vodní rostliny jsou jedním ze způsobů boje proti eutrofizaci jezer. Kromě dříve uvedených faktů navíc poskytují úkryt zooplanktonu, a tím nepřímo bojují s řasami (Muylaert et al., 2007). Rostliny jsou schopné zvítězit v kompetici, pokud je vodní ekosystém málo zatížen živinami. Kompetičně vyloučí

zejména velké druhy fytoplanktonu, protože mají nízký poměr povrchu k objemu, a proto je jejich příjem živin méně účinný (Bulton 2003; Kosten et al., 2011; Reynolds 2006). Ukazuje se, že jezera a rybníky s málo vyvinutou vodní vegetací mají tendence být zakalená vysokou biomasou fytoplanktonu se značným podílem sinic. Patrný rozdíl mezi vodním ekosystémem bez rostlin a s nimi je především v období, kdy je vodní vegetace nejvíce rozvinutá (Gross et al., 2007; Muylaert et al., 2007). I u sledovaných rybníků je rozdíl mezi rybníky, s rozvinutější vegetací a těmi bez ní, velmi patrný. Rostliny jsou ohroženy vzrůstajícími teplotami v důsledku oteplování, s růstem teploty bude zapotřebí nižších koncentrací živin v prostředí, aby mohly konkurovat fytoplanktonu. Problém nastává především ve velmi mělkých jezerech a rybnících, které mají tendenci k přirozené eutrofii (Kopáček et al., 2021). Spolu s mizením rostlin nastane změna ve složení ryb, což opět ovlivní potravní sítě celého ekosystému (Penning et al., 2009).

Zakalení vody má vliv na perloočky (rod *Daphnia*), ukazuje se, že se jim lépe daří v zakalenějších jezerech než v průzračných. Zakalení nejspíše kompenzuje vyšší predanční tlak ryb. *Daphnia* dorůstá menších velikostí, a tím se stává hůře ulovitelnou pro vizuálně se řídící predátory. V průzračných jezerech může přítomnost *Daphnia* především na jaře a je-li jich hodně působit období čiré vody, tím rostlinám snížit kompetiční tlak ze strany fytoplanktonu. (Confer J.L. et al., 1978; Muylaert et al., 2007). V zakalených jezerech často vyvíjí vysoký predanční tlak *Bosmina*, ta však spásá menší fytoplankton. V průzračných jezerech je tedy tlak zooplanktonu na fytoplankton výrazně vyšší (Muylaert et al., 2007). Ve sledovaných rybnících byla dominantním predátorem také *Bosmina*, *Daphnia* se ukazovaly masově v rybníce K1, kde je voda celoročně zbarvená. Také docházelo k tomu, že *Bosmina* jakožto dominanta nebyla schopná ovlivnit abundanci fytoplanktonu.

Zooplankton vykazuje sezónní dynamiku, která je spjata s mnoha faktory, jako je teplota, nebo dostatek vhodné potravy či přítomnost predátorů. V každém rybníku dochází k sezónním fluktuacím v rámci skupin a k obměnám skupin dominantních. Často bývá abundance zooplanktonu nejvyšší na jaře, po vylíhnutí z klidových stádií. Do vody se dostávají živiny i allochtoním způsobem, nejčastěji po roztátí ledu a sněhu. Především brzy na jaře málo rybích predátorů – je běžné, že po jaře množství zooplanktonu klesne a vrací se znovu v létě (Sultana et al., 2023). To, jaká skupina zooplanktonu bude dominantní v určité době, lze těžko odhadovat. Situace se mezi vodními plochami výrazně liší, to platí zejména pro eutrofii rybníky. Studie se moc neshodují v tom, kdy byla abundance kupříkladu vírníků nejvyšší. U některých prací spadá na jaro, jindy na podzim (Gadhikar et al., 2016) i mezi studovanými rybníky byl značný rozdíl v rozložení dominantní složky

zooplanktonu a to i pro rybníky stejného typu. Problémem pro poznání dynamiky zooplanktonu, potažmo i fytoplanktonu je velmi výrazný nedostatek dat. Několik odběrů za rok stěží popíše dynamiku zooplanktonu a fytoplanktonu. Velmi málo prací se též věnuje zimnímu období, které u našich rybníků je poměrně zajímavé. Obecně je uváděno, že zimní společenstva jsou chudá, naopak může docházet k zimním vodním květům, a to i pod ledem. Množství chlorofylu pak může přesahovat i letní hodnoty, kdy se obecně má za to, že je fytoplanktonu nejvíce. Zimní vodní květy jsou schopny tvořit rozsivky, Chrysophyceae, Cryptophyta a obrněnky. Není výjimkou ani vysoká abundance sinice *Planktothrix agardii* během zimních měsíců. Ve sledovaných rybnících se vyskytovala především na sklonku podzimu nebo z jara. V roce 2022 byl zaznamenán vodní květ této sinice na počátku zimy. Během prvního ani druhého zimního období v této studii však nebyl patrný ani vegetační zákal (Pouličková 2011; Kiss & Genkal 1993; Regenfors & Legrand, 2001; Toporowska et al., 2010). V zimě se vyskytují vcelku hojněji i různé druhy Cyclopoida a Clanonida, na která se během zbytku roku nenarazí.

Vzhledem k globálnímu oteplování se může měnit doba líhnutí z klidových stádií nebo generační doba zooplanktonu, což se následně promítne do celého planktonního společenstva (Korpelainen, 1986; Laxhuber & Hartmann, 1988; Lei & Armitage 1980). Může dojít k výrazným posunům v dynamice a vypadávání více bodů PEG modelu. Například období čiré vody může nastat dřív nebo naopak později, pokud se stihnou řasy dostatečně přemnožit. V méně eutrofních rybnících může více docházet k podzimnímu období čiré vody, někde nemusí být patrné vůbec (Lair & Ayday 1989; Lampert & Rothaupt 1991; Sommer & Lewandowska., 2010).

## 6. Závěr

Třináct rybníků bylo sledováno po dobu jednoho roku a tří měsíců. Jejich sezónní dynamika se poměrně liší a nejsou si podobné ani rybníky stejného typu. Patrně vlivem rozdílné manipulace a složení zooplanktonu.

PEG model v sledovaných rybnících platný nebyl, kvůli jejich malé hloubce. Jsou výrazně polymikrické a během roku v nich docházelo navíc k vypouštění nebo v případě Leknínu dosazení ryb.

Nejdůležitějším faktorem ovlivňující planktonní společenstvo byla teplota. Při nižší teplotě se vede především Cryptophyta a Chrysophyceae, která tvoří svá maxima právě

v chladnějších měsících, a to i pod zasněženým ledem. Množství živin nebylo určujícím faktorem.

Nejvyšší diverzita bývá na podzim kdy podstatnou část tvoří Euglenophyta, spolu s ní i funkční diverzita. Několik rybníků mělo nejvyšší diverzitu na konci léta, převážně díky Cyanobacteria.

## **7. Přílohy**

Seznam zooplanktonu a fytoplanktonu je uveden v **Příloze č. 1.**

Soubor pro statistické analýzy je **Přílohou č. 2.**

## 8. Literatura

Alewell, C., Armbruster, M., Bittersohl, J., Evans, C. D., Meesenburg, H., Moritz, K., and Prechtel, A. 2001. Are there signs of acidification reversal in freshwaters of the low mountain ranges in Germany?, *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 5: 367–378.

Barsanti, L.; Gualtieri P. 2014. *Algae: Anatomy, Biochemistry, And Biotechnology*. Boca Raton, FL: CRC Press. Boca Raton. ISBN 9781439867334.

Bird D. F., & Kalff J.. 1986. Bacterial grazing by planktonic algae. *Science* 231: 493-495.

Benzie J. A.H. *Cladocera: The Genus Daphnia (Including Daphniopsis*. Margraf Publishers GmbH, Weikersheim. ISBN 978-890-578-215-16.

Berger, C. 1975. Occurrence of *Oscillatoriaceae agardhii* Gom. in some shallow eutrophic lakes. - *Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.* 19: 2689-2697.

Bartoš E. 1959. Fauna ČSR SV. 15, Vířníci-Rotatoria. Československá akademie věd. Praha.

Berger SA, Diehl S, Stibor H, Trommer G, Ruhlenstroth M, Wild 2007. Water temperature and mixing depth affect timing and magnitude of events during spring succession of the plankton. *Oecologia* 150:643–654.

Boenigk, J., and H. Arndt. 2002. Bacterivory by heterotrophic flagellates: Community structure and feeding strategies. *Antonie Van Leeuwenhoek* 81: 465–480.

Bouvy, M., Pagano, M., & Troussellier, M. 2001. Effects of a cyanobacterial bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*) on bacteria and zooplankton communities in Ingazeira reservoir (northeast Brazil). *Aquatic Microbial Ecology*, 25: 215–227.

Bulton A. 2003. *Freshwater Ecology -An Scientific Introduction*. John Wiley and Sons L.t.d. Hoboken, New Jersey. ISBN: 063205266.

Canter H.M., Lund J. W. G. 1953. Studies on plankton parasites II. The parasitism of diatoms with special reference to lakes in the English Lake District. *Trans Br Mycol Soc* 36: 13–37.

Confer J.L., Howick G.L., Corzette M.H., Kramer S.L. Fitzgibbon S., Landseberg R. Visual Predation by Planktivores. *Oikos* 31: 27-37.

H. Coops, M. Beklioglu, T.L. Crisman. 2003 The role of water-level fluctuations in shallow lake ecosystems – workshop conclusions. *Hydrobiologia*, 506–509.

Cordova, S. E., Giffin, J. and Kirk, K. L. 2001. Food limitation of planktonic rotifers: field experiments in two mountain ponds. *Freshw. Biol.*, 46, 1519–1527.

Currie D.J. Kalff J. 1984. Can bacteria outcompete phytoplankton for phosphorus? A chemostat test. *Microbial ecology* 10: 205-216

Dai, J., Gao, G., Wu, S., Wu, X., Zhou, J., Xue, W., et al. 2016. Bacterial alkaline phosphatases and affiliated encoding genes in natural waters: a review. *J. Lake Sci.* 28, 1153–1166.

Dai, J., Gao, G., Wu, S., Wu, X., Tang, X., Shao, K., et al. 2018. Comparing alkaline phosphatase PhoX-encoding genes in two contrasting habitats of the large eutrophic Lake Taihu. *China Geomicrobiol.* 35, 528–536.

De Backer S. Teissier S. Peretyatko A. Triest L. 2011. Ecologische opvolging van biomanipulatie in enkele vijvers in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. BIM/IBGE ed. Unknown 57p.

DeMott, R. W. 1982. Feeding selectivities and relative ingestion rates of *Daphnia* and *Bosmina*. *Limnol. Oceanogr.*, 27, 518–527.

- DeMott, W. R. 1985. Relations between filter meshsize, feeding mode, and capture efficiency for cladocerans feeding on ultrafine particles. *Ergeb. Limnol.* 21: 125--1 347.
- Deneke R, Nixdorf N. 1999. On the occurrence of clear-water phases in relation to shallowness and trophic state: a comparative study. *Hydrobiol.* 409: 251–62.
- Doggett MS, Porter D. 1995. Further evidence for host-specific variants in *Zygorhizidium planktonicum*. *Mycologia* 87:161–171.
- Dyhrman & Palenik 1999. Phosphate Stress in cultures and Field Populations of the Dinoflagellate *Protocentrum minimum* Detected by a Single-Cell Alkaline Phosphatase Assay. *General Microbial Ecology* 65: 3205-3212.
- Gadhikar Y.A.; Sawale S.P. 2016 Seasonal abundance and diversity of rotifers of Shahanoor dam, Amracati district, India. *Unov J Environ Res Technol* 3:185-195.
- Gasol J.M. Cantizano J. Massana R., Gurerro R. Pedros-Alion C. 1993., Physiological ecology of a metalimnic *Cryptomonas* population: relationships to light, sulfide and nutrients. *Journal of Plankton Research* 15: 255-275.
- Ger, K.A., Leitao, E., & Panosso, R. 2016. Potential mechanisms for the tropical copepod *Notodiaptomus* to tolerate *Microcystis* toxicity. *Journal of Plankton Research*, 38: 843–854.
- Gliwicz, Z. M. 1990. Why do cladocerans fail to control algal blooms? - *Hydrobiologia* 200/201: 83-98. - and Lampert, W. 1990. Food thresholds in *Daphnia* species in the absence and presence of blue-green filaments. - *Ecology* 71: 691-702.
- González J M, Sherr E B, Sherr B F. 1990. Size-selective grazing on bacteria by natural assemblages of estuarine flagellates and ciliates. *Appl Environ Microbiol.* 56:583–589.



E.M. Gross, S. Hilt, P. Lombardo, G. Mulderij.2007. Searching for allelopathic effects of submerged macrophytes on phytoplankton-state of the art and open questions. *Hydrobiologia* 583: 77-88.

Güde H. 1986. Loss processes influencing growth of bacterial populations in Lake Constance. *J. Plankton Res.* 8: 795-8.

Horner-Devine MC, Leibold MA, Smith VH, Bohannan BJ.2003. Bacterial diversity patterns along a gradient of primary productivity. *Ecol Lett* 6:613–622

Hosper, S. H. and Meijer, M.-L. 1986. Control of phosphorus loading and flushing as restoration methods for Lake Veluwe, the Netherlands. - *Hydrobiol. Bull.* 20: 183-194.

Jacquet P-J. 2018. Dark deactivation of chloroplast enzymes finally comes to light. *PANS* 38: 9334-9335.

Jeppesen E, Jensen JP, Søndergaard M, Fenger-Grøn M, Bramm ME, et al. 2004. Impact of fish predation on cladoceran body weight distribution and zooplankton grazing in lakes during winter. *Freshw. Biol.*: 49:432–47

Jeppesen, E., Jensen, J. P., Søndergaard, M., Lauridsen, T. L., Pedersen, L. J. and Jensen, L. 1997. Top-down control in freshwater lakes with special emphasis on the role of fish, submerged macrophytes and water depth. – *Hydrobiol.* 342: 151-164.

Jorgensen E.G. 1952. Effects of different silicon concentrations on the growth of diatoms. *Physiol. Plant.* 5: 161-170.

Jeppesen E. 1998. *The Ecology of Shallow Lakes – Trophic Interactions in the Pelagial.* University of Copenhagen, Silkeborg. ISBN: 8777724143

Jürgens K, & Güde H. 1994. The potential importance of grazing-resistant bacteria in planktonic systems. *Mar Ecol Prog Ser.*;112:169–188.

kagami M, de Bruin A, Ibelings BW, Van Donk E. 2007. Parasitic chytrids: their effects on phytoplankton communities and food-web dynamics. *Hydrobiol.*578: 113–129.

Kagami M, Urabe J. 2002. Mortality of the planktonic desmid, *Staurastrum dorsidentiferum*, due to interplay of fungal parasitism and low light conditions. *Verh Int Ver Theor Angew Limnol* 28:1001–1005.

Kaštovský J., Hauet T., Geriš R., Chattová B., Juráň J., Lepšová-Skácelová O., Pitelková P., Puzstai M., Škaloud P., Šťastný J., Čapková K., Bohunická M., Mühlsteinová R. 2018. Atlas sinic a řas ČR 1. Powerprint, Praha. ISBN: 9788075680716.

Kalff J. 2001. Limology. Prentice Hall. New Jersey ISBN: 978 0130337757.

Kaštovský J, Řeháková K, Bastl M, Vymazal J, King RS.2008. Experimental Assessment of Phosphorus Effects on Algal Assemblages in Dosing Mesocosms. In: Richardson C. (ed.): The Everglades Experiments, Springer, Berlin. ISBN: 9780387689234.

Kim, H.G. 1993. "Population cell volume and carbon content in monospecific dinoflagellate blooms". *Toxic phytoplankton blooms in the sea. Develop. Mar. Biol.* 3: 769–773.

Kiss K.T., Genkal S.I. 1993 – Winter blooms of centric diatoms in the River Danube and in its side-arms near Budapest (Hungary) – *Hydrobiol.*, 269/270: 317–32.

Korovschinski N.2023. Identification guide to Plankton and Benthos of Inland Waters. Cladocera:Ctenopoda, Families Sidae, Holopedide & Pseudopopenilidae. Magraf. Publishers GmbH. Weikersheim. ISBN:978392361756.

Koperlainen H. 1986. The effects of temperature and photoperiod on life history parameters of *Daphnia magna* (Crustacea: cladocera). *Freshwater Biol.*, 16, 615–620.

- Kosten S., Jeppesen E., Huszar L.M., Mazzeto N., Van Nes E.H., Peeters E. T.H. M., Scheffer M. 2011. Ambiguous climate impacts on competition between submerged macrophytes and phytoplankton in shallow lakes. *Freshwater Biology* 56: 1540-1553
- Lafferty K. D, Dobson AP, Kuris AM . 2006. Parasites dominate food web links. *Proc Natl Acad Sci USA* 103:11211–11216
- Lair, N. and Ayadi, H. 1989. The seasonal succession of planktonic events in Lake Aydat, France: a comparison with the PEG model. - *Arch. Hydrobiol.* 115: 589-602
- Lampert, W. and Rothhaupt, K. O. 1991. Alternating dynamics of rotifers and *Daphnia magna* in a shallow lake. - *Arch. Hydrobiol.* 120: 447-456.
- Fleckner, W., Rai, H. and Taylor, B. E. 1986. Phytoplankton control by grazing zooplankton: a study on the spring clear-water phase. - *Limnol. Oceanogr.* 31: 478- 490.
- Laxhuber, R. and Hartmann, U. 1988. The influence of temperature on developmental stages of the cold-stenothermal rotifer *Notholca caudata* Carlin. *Verh. Int. Verein. Theor. Limnol.*, 23:2016–2018.
- Lei, C.H. and Armitage, K.B. 1980. Growth, development and body size of field and laboratory populations of *Daphnia ambigua*. *Oikos*, 35, 31–48.
- Leitoa E., Panosso R., Molica R., Ger K.A. 2020. Top-down regulation of filamentous cyanobacteria varies among raptorial versus current feeding copepod across multiple prey generations. *Freshw. Biol* 66: 142-156.
- Lewin J.C. 1957. Silicon metabolism in diatoms. Growth and frustule formation in *Navicula pelliculosa*. *Can. J. Microbiol* 3: 427-433.

Luecke, C., Vanni, M. J., Magnuson, J. J. and Kitchell, J. F. 1990. Seasonal regulation of *Daphnia* populations by planktivorous fish implications for the spring clear-water phase. - *Limnol. Oceanogr.* 35: 1718-1733.

Macek, M., K. Šimek, J. Pernthaler, V. Vyhnálek, and R. Psenner. 1996. Growth rates of dominant planktonic ciliates in two freshwater bodies of different trophic degree. *J. Plankton Res.* 18: 463–481.

M. Meerhoff, E. Jeppesen. Shallow lakes and ponds. G.E. Likens (Ed.), *Encyclopedia of Inland Waters*, Elsevier, Oxford (2009), pp. 645-655.

Muniz I.P.1990. Freshwater acidification: its effects on species and communities of freshwater microbes, plants and animals. *Proc.R. Soc. Edin.*97: 227-254.

Mullin J.B. & Riley J.P. 1955. The colorimetric determination of silicate with special reference to sea and natural waters. *Analytica chemica Acta* 12: 162-176.

Muylaert K, Declerck S., vanderstukken M, J. van Wichelen, L. De Meester, W. vyerman. 2007. Interacties tussen waterplanten en fytoplankton: prespectiven voor het beheer van vijvers en meren. *Water* 30: 6-12.

Ninio S., Lupu A., Virner-Mozzini Y. Zohary T. Sukernik A. 2020. Multiannual variations in *Microcystis* bloom episodes- Temperate drives schift in species composition. *Harmful Algae* 92: 1017-1027.

Padisák J. Baebosa F.A.R. Koschel R. Krienitz L, 2003. Deep layer cyanoprokaryota maxima in temperate tropical lakes. *Archiv für hydrobiologie beiheft advances in limnology* 58: 175-199.

E.Penning, S. Kosten, H.J. Hospers, B. van der Wal. 2009. Warmer klimaat vergroot eutrofiëringsproblem. H2O : tijdschrift voor watervoorziening en afvalwaterbehandeling 42:23-27.

Portalier SMJ, Cherif M, Zhang L, Fussmann GF, Loreau M. 2016. Size-related effects of physical factors on phytoplankton communities. *Ecol Model* 323:41–50

Porter K.G. 1973. Selective grazing and Differential Digestion of Algae by Zooplankton. *Nature* 244: 179-180.

Porter, K. G., Y. Feig, S. Vettter E.F. 1983. zoans: A “missing” tronhic link in marine pelagic Morphology, flow regimes, and filtering rates of Daphnia, Ceriodaphnia, and Bosmina fed natural bacteria. *Oecologia* 58: 156-163.

Pouličková A. Základy ekologie sinic a řas. Univerzita Paladského v Olomouci.9788024427515.

Rengefors K., Legrand C. 2001 – Toxicity in *Peridinium aciculiferum* – an adaptive strategy to outcompete other winter phytoplankton? – *Limnol. Oceanogr.* 46: 1990–1997

Reynolds, C. S. 2006. The ecology of freshwater phytoplankton. - Cambridge Univ. Press, Cambridge. ISBN: 0521605199

Reynolds C.S., Huszar V., Kruk C., Naselli-Flores L., Mělo S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *J.Plankton Res.*24 : 417-428.

Rohrlack T, Dittman E, Henning M, Borner T, Kohl JG. 1999. Role of microcystins in poisoning and food ingestion inhibition of *Daphnia galeata* caused by the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. *Appl. Environ.Microbiol.* 65:737–39

Rulík M.; Baudišová D., Růžička J.; K.Šimek K. 2013. Mikrobiální ekologie vod. Olomouc. ISBN: 9788024434773.

Rudstam, L. G., Lathrop, R. C. and Carpenter, S. R. 1993. The rise and fall of a dominant planktivore: direct and indirect effects on zooplankton. - Ecology 74: 303-319.

Sanders R.W.1991. Trophic strategies among heterotrophic flagellates in Peterson DJ. Larsen (eds) The biology of free-living heterotrophic flagellates. Clarendon Press, Oxford p. 21-38.

Sanders, R. W., K. G. Porter, S. J. Bennet, and A. E. DeBiase. 1989. Seasonal patterns of bacterivory by flagellates, ciliates, rotifers, and cladocerans in freshwater planktonic community. Limnol. Oceanogr. 34: 673–687.

Scheffer M., van Nes E.H.2007. Shallow lakes theory revisited: various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size. Hydrobiologia, 584:455-466,

Simek K. 1986. Bacterial activity in a reservoir determined by autoradiography and its relationships to phyto- and zooplankton. Int. Rev. Gesamten. Hydrobiol. 71: 593-612.

Smayda, Theodore J. 1997. What a bloom? A commentary. *L&O*. 42: 1132–1136.

Sommer U, Lewandowska A. 2011. Climate change and the phytoplankton spring bloom: warming and overwintering zooplankton have similar effects on phytoplankton. Glob. Chang. Biol. 17:154–62.

Sommer U. 1982. Vertical niche separation between two closely related planctonic flagellate species (*Rabdomonas lens* and *Rabdomonas minuta* v. *planctonica*) *J. Plankton. Res.* 4: 137-142.

Sommaruga, R., and R. D. Robarts. 1997. The significance of autotrophic and heterotrophic picoplankton in hypertrophic ecosystems. FEMS Microb. Ecol. 24: 187–200.

Sommer U. Lewandowska A. 2010. Climate change and the phytoplankton spring bloom: warming and overwintering of zooplankton have similar effects on phytoplankton. *Blob.Change Biol.* 17: 154-162.

Sommer U. Gliwicz Z.M.; Lampert W.; Duncan A. 1986. The PEG model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters. *Arch. Hydrobiol* 106: 433-471.

Sommer U., Adrian R, De Senerpont Domis L., Elser J.J. Gaedke U.; Ibelings B., Jeppesen E., Iñárriz M., Molinero J.C. Mooik W.M. Van Donk E., Winder M. 2012. Beyond the Plankton Ecology Group Model: Mechanisms Driving Plankton Succession. 2012. *Annu. Rev.Ecol.Evol* 43: 429-448.

Straškrabová V. Callieri C.& Fott J. 1999. (Guest Editors) Pelagic food web in mountain lakes. Mountain Lakes Research Program *J. Limnol.*, 58(2): 127-130.

Staříková E. Sezónní dynamika bičíkatých řas v různých typech rybníků. Č. Budějovice, 2021. bakalářská práce (Bc.). JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUĎEJOVICÍCH. Přírodovědecká fakulta.

Sultana S., Khan S. Hena S.M., Ahmed M.S, Sultana M.S., Akhi M.S.N., Mahmud Y., Hossain M.M. 2023. Seasonal dynamic of zooplankton in eutrophic fish pond of Bangladesh in relation to environmental factors. *JAMB.* 12:129-136.

Šimek, K., K. Jürgens, J. Nedoma, M. Comerma, and J. Armengol. 2000. Ecological role and bacterial grazing of *Halteria* spp.: Small oligotrichs as dominant pelagic ciliate bacterivores. *Aquat. Microb. Ecol.* 22: 43–56.

Šimek K., Grujčić V., Nedoma J. Jezberová J., Šorf M., Matoušů A., Pechar L., Posch T., Bruni E.P., Vrba J. 2019. Microbial food webs in hypertrophic fishponds: Omnivorous ciliata taxa are major protistan bacterivores. *L & O* 64: 2295-2309.

Temte, J., Allen-Rentmeester, Y., Luecke, C. and Vanni, M. 1988. Effects of fish summerkill on zooplankton and phytoplankton populations in Lake Mendota. - Annual International Symposium on Lake and Watershed Management 8: 8.

Toporowska M., Pawlik-Skowronska B., Krupa D., Kornijow R. 2010. Winter versus summer blooming of phytoplankton in shallow lake: Effect of hypertrophic condition. *Pol.J.Ecol* 58: 3-12.

Townsend, D. W., Cammen, L. M., Holligan, P. M., Campbell, D. E. and Pettigrew, N. R. 1994. Causes and consequences of variability in the timing of spring phytoplankton blooms. - *Deep-Sea Res. Part A Oceanogr. Res. Pap.* 41: 747-765.

Wiethoff G., Tocha M.R., Gaedke. 2014. Comparising seasonal dynamic of functional and taxonomic diversity reveals the driving forces underlying phytoplankton community structure. *Freshwater Biology* 60: 758-767.

Znachor P., Hejzlar J., Vrba J., Nedoma J. 2016. Brief history of long-term ecological research into aquatic ecosystems and their catchments in the Czech Republic. Part I: Manmade reservoirs. Edition: First Publisher: Institute of Hydrobiology, Biology Centre CAS, v.v.i. Editor: Petr Znachor. ISBN: 978-80-86668-38-3.

Walsby A.E. & Klemer A.R. 1974. The role of gas vacuoles in the microstratification of a population of *Oscillatoria aghardi* var *isothrix* in Deming Lake, Minnesota. *Archiv für Hydrobiologie* 74: 375-792.

Zheng L, Ren M, Xie E, et al. Roles of Phosphorus Sources in Microbial Community Assembly for the Removal of Organic Matters and Ammonia in Activated Sludge. *Front Microbiol.* 2019;10:1023. Published 2019 May 16. doi:10.3389/fmicb.2019.01023.

<https://mapy.geology.cz/geo/>

<https://mapy.cz>