



## **Bakalářská práce**

# **Fytoplankton Harcovské přehrady se zaměřením na planktonní rozsivky**

*Studijní program:*

B0114A300075 Přírodopis se zaměřením na vzdělávání

*Studijní obory:*

Přírodopis se zaměřením na vzdělávání  
Zeměpis se zaměřením na vzdělávání

*Autor práce:*

**Jakub Mravec**

*Vedoucí práce:*

RNDr. Martina Štrojsová, Ph.D.  
Katedra biologie

Liberec 2023



## Zadání bakalářské práce

# Fytoplankton Harcovské přehrady se zaměřením na planktonní rozsivky

<i>Jméno a příjmení:</i>	<b>Jakub Mravec</b>
<i>Osobní číslo:</i>	P20000384
<i>Studijní program:</i>	B0114A300075 Přírodopis se zaměřením na vzdělávání
<i>Specializace:</i>	Přírodopis se zaměřením na vzdělávání Zeměpis se zaměřením na vzdělávání
<i>Zadávací katedra:</i>	Katedra chemie
<i>Akademický rok:</i>	2021/2022

## Zásady pro vypracování:

1. Seznámit se s hydrobiologickou tematikou. Zvláště se zaměřit na ekologii fytoplanktonu.
2. Naučit se metodiku pro odběr fytoplanktonu a měření základních fyzikálně chemických parametrů vody. Vytvořit trvalé preparáty pro determinaci rozsivek.
3. Provést mikroskopické pozorování živého i fixovaného vzorku fytoplanktonu. Osvojit si determinaci fytoplanktonu a jeho kvantitativní vyhodnocení pomocí počítačích komůrek.
4. Na základě získaných dat porovnat rozdíly v druhovém složení fytoplanktonu (vlastní data) a fytoentosu (získaná data) na dvou místech Harcovské přehrady z jarního, letního a podzimního odběru.

*Rozsah grafických prací:* dle potřeby dokumentace  
*Rozsah pracovní zprávy:* 40 až 60 normostran  
*Forma zpracování práce:* tištěná/elektronická  
*Jazyk práce:* Čeština

### **Seznam odborné literatury:**

1. KAŠTOVSKÝ, Jan a kolektiv. Atlas sinic a řas ČR 1. Praha: powerprint, 2018. 384 s. ISBN 978-80-7568-071-6.
2. KAŠTOVSKÝ, Jan a kolektiv. Atlas sinic a řas ČR 2. Praha: powerprint, 2018. 480 s. ISBN 978-80-7568-125-6.
3. KRÄMMER, Kurt and LANGE-BERTALOT, Horst. Bacillariophyceae Teil 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Spektrum Akademischer Verlag, 2008), ISBN 3827419875.
4. LEE, Robert Edward, 2018. Phycology. Fifth edition. New York, NY: Cambridge University Press. ISBN 978-1-107-55565-5.
5. LELLÁK, Jan a KUBÍČEK, František. Hydrobiologie. UK, Praha, 1991. 260 s. ISBN 80-7066-530-0.

*Vedoucí práce:* RNDr. Martina Štrojsová, Ph.D.  
Katedra biologie

*Datum zadání práce:* 10. června 2022  
*Předpokládaný termín odevzdání:* 26. dubna 2023

prof. RNDr. Jan Pícek, CSc.  
děkan

L.S.

prof. Ing. Josef Šedlbauer, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 10. června 2022

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

## Poděkování

Moc rád bych poděkoval RNDr. Martině Štrojsové, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce a hlavně za pomoc při odběrech, které mi byly velkým přínosem zkušeností. Také si velice vážím přívětivosti při konzultacích a pomoci při determinaci nalezených druhů organismů.

Zároveň bych rád poděkoval své rodině za to, že při mně vždy stála a podporovala mě v průběhu celého studia.

Závěrem bych rád poděkoval svým kolegům za podporu při tvoření mé bakalářské práce a v průběhu celého studia.

## Anotace

V této práci jsem se zaměřil na fytoplankton, jenž se nacházel v Harcovské přehradě před jejím vypuštěním. Práce obsahuje část teorie, která se zaměřuje na charakteristiku fytoplanktonu, jeho ekologii a taxonomii. Dále popis lokality odkud jsou vzorky odebrané a vlastnosti vody a charakter důležitých látek pro fytoplankton. Následuje část výzkumu zaměřeného na pozorování živého a zafixovaného fytoplanktonu a vyhodnocení rozdílu v druhovém zastoupení fytoplanktonu za jednotlivé období – jaro, léto, podzim. Práce je zakončena výsledky trvalých preparátů vytvořených pro determinaci rozsivek.

## Klíčová Slova

Fytoplankton, rozsivky, řasy, sinice, přehradní nádrž, druhové zastoupení

## Annotation

In this paper I focused on the phytoplankton present in the Harcov dam before its release. The thesis contains a part of theory that focuses on phytoplankton characteristics, ecology and taxonomy. Furthermore, a description of the location from which the samples were taken and the water characteristics and nature of the important substances for phytoplankton. This is followed by a section on research, observations of live and fixed phytoplankton and a comparison of the difference in phytoplankton species abundance for each season - spring, summer, autumn. The work is concluded with the results of permanent slides created for the determination of diatoms.

## Keywords

Phytoplankton, diatoms, algae, cyanobacteria, dam, reservoir, species composition

## Obsah

Úvod.....	11
Fytoplankton.....	13
Sinice.....	13
Zelené řasy.....	13
Rozsivky.....	14
Toxicita.....	15
Vliv klimatických změn.....	16
Sezónní dynamika.....	17
Hollingova funkce.....	17
Jaro.....	18
Léto.....	19
Podzim.....	19
Zima.....	19
Sezónní cyklus stratifikace.....	20
Voda.....	20
Potenciál vodíku.....	21
Živiny.....	21
Odpadní vody.....	22
Vodní nádrž.....	22
Metodika.....	23
Charakteristika místa.....	23
Metodika odběru.....	24
Metodika zpracování vzorku.....	25
Výsledky.....	27
Jaro.....	27
Zastoupení fytoplanktonu - hráz.....	28
Zastoupení fytoplanktonu - přítok.....	29
Vizualizace fytoplanktonu.....	31
Léto.....	34
Zastoupení fytoplanktonu - hráz.....	35
Zastoupení fytoplanktonu - přítok.....	37
Vizualizace fytoplanktonu.....	39
Podzim.....	45
Zastoupení fytoplanktonu - hráz.....	46
Zastoupení fytoplanktonu - přítok.....	47
Vizualizace fytoplanktonu.....	48
Sezónní dynamika.....	51
Fytoplankton.....	51
Fyzikální veličiny.....	52
Diskuse.....	54
Závěr.....	59



Seznam použitých zdrojů.....	60
Seznam použitých internetových zdrojů.....	63

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Hollingova funkce.....	18
Obrázek 2: Cyklus stratifikace.....	20
Obrázek 3: Grafické znázornění faktorů zvyšující obsahu živin ve vodách.....	22
Obrázek 4: Mapa s vyznačenou polohou nádrže.....	23
Obrázek 5: Fotka z odběru (26.5.2022).....	25
Obrázek 6: Fotka z odběru (23.9.2022).....	25
Obrázek 7: Fotka z odběru (28.7.2022).....	25
Obrázek 8: Fotka z odběru (28.7.2022).....	25
Obrázek 9: <i>Sphaerocystis schroeteri</i> .....	31
Obrázek 10: <i>Elakatothrix genevensis</i> .....	31
Obrázek 11: <i>Pseudopediastrum boryanum</i> .....	31
Obrázek 12: <i>Pseudopediastrum boryanum</i> .....	31
Obrázek 13: <i>Pinnularia obscura</i> .....	31
Obrázek 14: <i>Staurastrum furciferum</i> .....	31
Obrázek 15: <i>Woronichinia naegeliana</i> .....	32
Obrázek 16: <i>Staurastrum</i> sp.....	32
Obrázek 17: <i>Peridinium</i> sp.....	32
Obrázek 18: <i>Chlorangiella polychlora</i> přichycená na schránce perloočky <i>Bosmina</i> sp.....	32
Obrázek 19: <i>Staurastrum manfeldtii</i> var. <i>manfeldtii</i> .....	32
Obrázek 20: <i>Planktosphaeria gelatinosa</i> .....	33
Obrázek 21: <i>Planktosphaeria gelatinosa</i> .....	33
Obrázek 22: <i>Planktosphaeria gelatinosa</i> .....	33
Obrázek 23: <i>Aulacoseira ambigua</i> .....	33
Obrázek 24: <i>Microcystis flos-aquae</i> .....	39
Obrázek 25: <i>Staurastrum pingue</i> .....	39
Obrázek 26: <i>Staurastrum subavacula</i> (dole) a <i>Staurastrum pingue</i> (nahore).....	40
Obrázek 27: <i>Woronichinia naegeliana</i> .....	40
Obrázek 28: <i>Asterionella formosa</i> .....	40
Obrázek 29: <i>Asterionella formosa</i> .....	41
Obrázek 30: <i>Codonella</i> sp.....	41
Obrázek 31: <i>Ceratium hirundinella</i> .....	41
Obrázek 32: <i>Pseudopediastrum boryanum</i> .....	41
Obrázek 33: <i>Planktosphaeria gelatinosa</i> .....	42
Obrázek 34: <i>Mallomonas</i> sp.....	42
Obrázek 35: <i>Pinnularia neomajor</i> .....	43
Obrázek 36: <i>Closterium gracile</i> .....	43
Obrázek 37: <i>Closterium gracile</i> .....	44
Obrázek 38: <i>Botryococcus neglectus</i> .....	44
Obrázek 39: <i>Tabellaria flocculosa</i> .....	44

Obrázek 40: <i>Cyclotella bodanica</i> .....	44
Obrázek 41: <i>Staurastrum pingue</i> .....	48
Obrázek 42: <i>Staurastrum subavicula</i> .....	48
Obrázek 43: <i>Closterium aciculare</i> .....	49
Obrázek 44: <i>Fragilaria crotonensis</i> .....	49
Obrázek 45: <i>Dinobryon bavaricum</i> (nahore) a <i>Staurastrum pingue</i> (dole).....	49
Obrázek 46: <i>Aulacoseira ambigua</i> .....	50
Obrázek 47: <i>Tryblionella apiculata</i> .....	50

## Seznam grafů

Graf 1: Složení vzorku ze 26.5.2022 (u hráze, procentuální zastoupení).....	28
Graf 2: Složení vzorku ze 26.5.2022 (u hráze, početní zastoupení, počítací komůrka).....	29
Graf 3: Složení vzorku ze 26.5.2022 (u hráze, početní zastoupení, vypálený vzorek).....	29
Graf 4: Složení vzorku ze 26.5.2022 (u přítoku, procentuální zastoupení).....	29
Graf 5: Složení vzorku ze 26.5.2022 (u přítoku, početní zastoupení, počítací komůrka)....	30
Graf 6: Složení vzorku ze 26.5.2022 (u přítoku, početní zastoupení, vypálený vzorek)....	30
Graf 7: Složení vzorku ze 28.7.2022 (u hráze, procentuální zastoupení).....	35
Graf 8: Složení vzorku ze 28.7.2022 (u hráze, druhové zastoupení, počítací komůrka)....	36
Graf 9: Složení vzorku ze 28.7.2022 (u hráze, druhové zastoupení, vypálený vzorek).....	36
Graf 10: Složení vzorku ze 28.7.2022 (u přítoku, procentuální zastoupení).....	37
Graf 11: Složení vzorku ze 28.7.2022 (u přítoku, druhové zastoupení, počítací komůrka).37	
Graf 12: Složení vzorku ze 28.7.2022 (u přítoku, druhové zastoupení, vypálený vzorek)..	38
Graf 13: Složení vzorku ze 23.9.2022 (u hráze, procentuální zastoupení).....	46
Graf 14: Složení vzorku ze 23.9.2022 (u hráze, druhové zastoupení, počítací komůrka)...	46
Graf 15: Složení vzorku ze 23.9.2022 (u hráze, druhové zastoupení, vypálený vzorek)....	47
Graf 16: Složení vzorku ze 23.9.2022 (u přítoku, procentuální zastoupení).....	47
Graf 17: Složení vzorku ze 23.9.2022 (u přítoku, druhové zastoupení, počítací komůrka).47	
Graf 18: Složení vzorku ze 23.9.2022 (u přítoku, druhové zastoupení, vypálený vzorek)..	48
Graf 19: Analýza procentuálního zastoupení (u hráze, jaro, léto, podzim).....	51
Graf 20: Analýza procentuálního zastoupení (u přítoku, jaro, léto, podzim).....	52
Graf 21: Analýza pH vody (jaro, léto, podzim).....	53
Graf 22: Analýza průhlednosti vody (jaro, léto, podzim), (*na podzimu bylo u Tyče P vidět až na DNO, aby se zabránilo k znehodnocení ostatních hodnot, hodnota nebyla přidána). 53	
Graf 23: Analýza kyslíku ve vodě (jaro, léto, podzim).....	53
Graf 24: Analýza teploty vody (jaro, léto, podzim).....	53
Graf 25: Analýza vodivosti vody (jaro, léto, podzim).....	54

## Seznam tabulek:

Tabulka 1: zápis dat z odběru 26.5.2022.....	27
Tabulka 2: zápis dat z odběru 28.7.2022.....	34
Tabulka 3: zápis dat z odběru 23.9.2022.....	45

## Úvod

Fytoplankton je velice důležitý pro vodní společenstvo pro jeho primární produkci. Do této skupiny patří například sinice a řasy. Má práce se soustředí na fytoplankton. Teoretická část se zabývá charakterizací skupiny, ekologií této skupiny a také zmíním předpovědi do budoucna z nových, i starších vědeckých studií, které se zabývaly vlivem klimatických změn na tuto skupinu. Je možné že se některé předpovědi změnilo od doby, kdy se začaly provádět mnohem důkladnější studie o změně klimatu a jak víme, klima má velký vliv na tuto skupinu (**Henson et al. 2021**).

Fytoplankton je pro nás velice důležitý. Například pro vodní hospodářství, které je pro nás ekonomicky významné. Můžeme zmínit například jeho funkci v potravním řetězci. V rybníku je fytoplankton zkonsumován zooplanktonem a ten je zkonsumován rybami, které se dále prodávají na trhu. Avšak můžeme zmínit že i environmentálně. Vlivem fytoplanktonu na ovzduší, který pomáhá snižovat oxid uhličitý v atmosféře a také vytvářet kyslík pro naši planetu (**Gibaud et al. 2019**). Dále se musíme mít na pozoru, protože voda je pro nás životně důležitá a některé druhy fytoplanktonu mohou ovlivnit stav vody natolik, že pro nás může být až toxická a zdraví nebezpečná (**Zhang et al. 2023**).

Mým cílem bakalářské práce je naučit se metodu odběru fytoplanktonu v přehradní nádrži, přesněji odběr fytoplanktonu Harcovské přehrady za období jara, léta a podzimu. Následně tyto vzorky analyzovat a určit přítomné druhy. V neposlední řadě tyto jedince kvantifikovat za pomoci počítačích komůrek a zjistit, zda se dominantní zastoupení druhů shoduje se sezónní dynamikou dle PEG modelu (**Sommer et al. 2012**). Mým druhým cílem této práce je úspěšně vytvořit trvalé preparáty pro determinaci rozsivek a následně determinovat přítomné druhy rozsivek a opět porovnat druhové dominanty napříč ročními obdobími.

Rozhodnutí vybrání tohoto tématu vyústilo z části z mé zvědavosti a možnosti naučit se zajímavou metodu odebrání vzorku pomocí planktonní sítě a tvoření trvalého preparátu. Dále byla přívětivá možnost prohloubit si poznatky o vodním ekosystému, zejména naučené nové poznatky o fytoplanktonu, jenž je důležitým kamenem vodního ekosystému.

## Fytoplankton

Fytoplankton je skupina organismů, která má schopnost fotosyntézy, můžeme ho nalézt volně se vznášejícího ve vodě. Do skupiny patří jak řasy, tak sinice. Nachází se v podstatě všude, jak v tekoucích vodách, tak ve stojatých vodách, v moři, v nádržích, v jezerech, také druhotně na rostlinách, v půdě a v neposlední řadě můžeme zmínit že je lze nalézt i ve sněhu (**Svoboda, 2019**). Díky tak širokému rozšíření mluvíme o tzv. kosmopolitní skupině organismů. Můžeme zmínit že ne všechny druhy organismů spadající do fytoplanktonu, žijící ve vodě, se pouze vznášejí ve vodě. Některé organismy díky evoluci získaly bičíky, kterými se zvládnou pohybovat, tzv. bičíkovci. Protože fytoplankton jako skupina je tak rozšířená a rozmanitá, naskýtá se příležitost zkoumat vlivy změny klimatu na tento organismus, jež způsobuje změny druhové diverzity napříč celou planetou (**Henson et al. 2021**).

## Sinice

Oproti zeleným řasám, sinice zastupují skupinu fotosyntetizujících prokaryot. Skupina je velice kvantitativně zastoupená. Odhaduje se, že sinice zabírají něco kolem biliard tuny vlhké biomasy (**Whitton 2012**). Sinice se dále liší od řas taktéž využitím fotosyntetickým pigmentem, využívají pouze chlorofyl a, chlorofyl b nevyužívají. Sinice dále obsahují tzv. fykobiliny, jež jsou další fotosyntetizující pigmenty, které pracují jakožto dodavatel světelné energie pro chlorofyl. Sinice vlastní tzv. fykocyanin, jenž má modrou barvu a proto, pokud jej má sinice hodně, vypadá modrozeleně až modře. Díky tomu se sinicím také říká “blue-green algae”.

Struktura buňky sinice je velice podobná stavbou některých prokaryotických buněk. Buněčná stěna se skládá ze dvou nebo tří vrstev, přičemž vnitřní vrstva leží mezi vnější vrstvou a plazmatickou membránou. Sinice se řadí pod gramnegativní bakterie, protože při obarvení dle Grama se zbarví růžově, můžeme také zmínit dle (**Waditee-Sirisattha a Kageyama 2022**) že buněčná stěna se podobá stěně, jako má gram negativní bakterie, tím že ve složení chybí teichoová kyselina, oproti grampozitivních bakterií, které jej ve stěně mají, avšak struktura peptidoglykanové vrstvy se pro změnu podobá spíše gram pozitivním bakteriím, díky struktuře peptidoglykanových řetězců.

## Zelené řasy

Představují skupinu kyslíkatých fotosyntetizujících eukaryot. Tato skupina je velice různorodá, jak v počtu druhů, morfologii, biochemii tak ekologii. Spolu se suchozemskými

roślinami, které se řadí jako tzv. embryofytní, tedy vyšší rostliny tvoří skupinu zelených rostlin, odborně známe jako *Chloroplastida*.

Zelené řasy se vyznačují tím, že jejich chloroplasty jsou uzavřeny dvojitou membránou a obsahují na sobě uspořádané tylakoidy. Dále mnoho druhů řas má pyrenoidy, které jsou zabudovány do chloroplastu, přičemž prostupují tylakoidy a jsou obklopeny škrobem. To je kulovitá struktura v chloroplastu obsahující enzym RuBisCO a spojená s tvorbou rezervních polysacharidů. Dalším znakem je jejich fotosyntetický pigment. Zelená řasa obsahuje chlorofyl A a B, dále obsahuje doplňkové pigmenty, karoteny a xantofyly. Velice důležitou zásobní látkou pro zelené řasy je škrob, jenž se nachází kolem pyrenoidů nebo ve stroma chloroplastu.

Složení zelené řasy je podobný jako u ostatních eukaryot, které fotosyntetizují. Buňka je uzavřena plazmatickou membránou. Obsahuje cytoskelet, dále se zde nachází jádro, mitochondrie, plastidy a další orgány. Většina zelených řas má buněčnou stěnu nebo jiný typ buněčného obalu. Zelené řasy můžeme rozdělit do základních hlavních skupin dle struktury bičíkového aparátu, dle procesu mitózy a buněčného dělení, jež bylo důkladně prozkoumáno u mnoha druhů (**Leliaert 2019**).

## Rozsivky

V neposlední řadě zmíníme rozsivky, jednobuněčný fotosyntetizující organismus. První zajímavostí této skupiny, je jejich složitá křemičitá schránka, jsou to jediné organismy, jejichž buněčné stěny jsou tvořeny průhledným opálovým křemíkem. Rozsivky jsou ekologicky důležité pro velké množství organismů, podle **Gibaud et al. (2019)** se rozsivky odhadem podílejí pětinou až čtvrtinou veškeré fotosyntézy na naší planetě. Jejich schopnost fixovat uhlík nebo jeho přeměnou na cukry rozsivky přispívají k snížení oxidu uhličitého v atmosféře, jako suchozemské rostliny. Dále jsou potravou mnoha organismů a jsou zapojeny do koloběhu křemíku.

Rozsivky jsou schopné syntetizovat průhlednou buněčnou stěnu tvořenou z oxidu křemičitého, proto jsou také přezdívány “algae in glass houses”. Buněčná stěna, jež se nazývá *frustule* je tvořena ze dvou částí. Tyto části vypadají jako Petriho miska, kdy jedna část překrývá druhou. Takováto buněčná stěna; je díky materiálu nepropustná. Proto si rozsivky vyvinuly perforace, jež jim dovoluje získávat živiny z okolí a u některých druhů i schopnost pohyblivosti (**Sims et al. 2006**). Dle (**Gibaud et al. 2019**) hrubé odhady říkají že rozsivky tvoří 50 000 až 200 000 druhů, což z nich činí mezi druhově nejbohatší linie eukaryot.

## Toxicita

Velice známý problém je vodní květ, jenž způsobuje přemnožení mikroorganismů, hlavně sinic v určité lokalitě. Sinice v tomto procesu dominují nad zelenými řasami díky schopnosti sinic přežít i v prostorách, kde není tolik viditelného záření a nejsou tolik závislé na dusíku ve vodě, jelikož si mohou plynný dusík fixovat z ovzduší. Ten získají pomocí plynových vakuol, jež jim umožní vystoupat na hladinu a bude-li zapotřebí, opět se vrátit na dno pro dostatek živin. Tuto schopnost sinice mají díky speciální buňce, tzv. heterocyt. Hlavním činitelem toxicity jsou cyanotoxiny, jež pocházejí právě z dominujících sinicích a z rozsivek (**Zhang et al. 2023**). Škodlivost závisí na tom, jaký cyanotoxin se právě v lokalitě nachází dle druhu sinice, avšak nejznámější jsou poškození cílené na játra a na nervový systém, popřípadě se může projevit silná alergická reakce. Domnívá se, že tyto toxiny sinice mají pro regulaci železa, pro udržení sodíkové hemostáze, pro podporu tylakoidů a v neposlední řadě pro podporu fotosyntézy, jež musí chránit před fotooxidací. Tuto ochranu sinice mají mít díky aminokyselině  **$\beta$ -Methylamino-L-alanin** nazývaní se tzv. **BMAA**, jež působí jako neurotoxin a druhým toxinem, microcystinem, zkráceně **MCs** (**Zhang et al. 2023**).

Vodní květ je způsoben díky zisku velkému obsahu dusíku a fosforu v dané lokalitě, ovšem záleží na více faktorech, jako je teplota, pH, obsah kyslíku a veškeré podmínky pro růst sinic a řas (**Paerl et al. 2001**). Tento proces se nazývá eutrofizace, jež může být přirozená či nepřirozená. Nepřirozená eutrofizace se projevuje díky hnojivům či herbicidům, jež využíváme v hospodářství (**Catherine et al. 2013**). Tato hnojiva jsou obohacena o dusík a fosfor, kdy je dešťová voda jednoduše zanesena přímo do určité nádrže, rybníku či jezera, kde zcela změni přirozenou diverzitu díky zvýšení těchto látek. Popřípadě se může jednat o lokalitu, kde se nachází průmyslová odpadní voda, ve které se tyto látky nachází ve větší koncentraci.

Jsou různé možnosti, jak vodnímu květu předejít, například do nádrží, rybníků či jezer vypustit ryby, jež se živí fytoplanktonem, avšak **Bahareh Nowruzi et al. (2021)** zmiňuje že je možná akumulace cyanotoxinu v rybách, které nejsou poté vhodné ke konzumaci a mohly by ohrozit zdraví spotřebitelů. Dále je možnost v malých nádržích využití algicidů, například plynný chlór, jež se využívá v bazénech, popřípadě můžeme zmínit síran měďnatý. Tato možnost se nenaskytá pro velké nádrže, kde může být materiálu vyžadováno příliš mnoho, a přes využití hrozí negativní účinky pro ostatní řasy a sinice, jež jsou součástí a zásadně nepostradatelní pro biodiverzitu v dané lokalitě.

## Vliv klimatických změn

Díky klimatické změně se odhadují negativní účinky na vodní společenstvo zapříčiněné reakcí fytoplanktonu na změnu teploty v regionech, kde se průměrná teplota zvýší. Jak bylo zmíněno v minulé kapitole, fytoplankton je citlivý na teplotu, teplota ovlivňuje jeho rychlost růstu a velikost, díky tomu že fytoplankton je ektotermní organismus a spoléhá se na teplotu okolí (**Fernández-González a Maraňón 2021**). Změna průměrné teploty v oblasti může zcela změnit diverzitu druhů v lokálním vodním systému, či ho negativně omezit a způsobit ztrátu diverzity nebo naopak zlepšit natolik s hrozbou vzniku vodního květu (**Huo et al. 2019**). Přímý účinek tepla, respektive slunečního záření, se projeví v létě ohřátím povrchové vrstvy vody nádrže, jež se nazývá epilimnion. Ta je nejteplejší vrstvou ve vodním sloupci. Tato vrstva vody je méně hustá a oddělená metalimniem od studenější a hustší vrstvy, jež se nazývá hypolimnion. Díky oteplení v regionu se teplotní stratifikace prodlouží. Teplotní stratifikace je proces, kdy se právě tyto dvě rozdílné vrstvy rozdělí v létě a v zimě díky velké odlišnosti v teplotě vody a hustotě. To může zapříčinit nedostatek živin v povrchové vrstvě a nedostatek kyslíku ve spodní vrstvě, z důvodu omezení jejich jarního a podzimního míšení a tedy oddálení cirkulaci živin. Dle výzkumu (**Liao et al. 2020**) snížení živin bude mít za následek snížení počtu větších druhů rozsivek, naopak zvýšení počtu menších druhů rozsivek, protože vyžadují méně živin.

Fytoplankton je velice důležitou součástí vodního společenstva, to platí pro všechny vodní ekosystémy, nikoliv jen v nádržích, v rybnících, v řekách, ale i např. v mořích a oceánech (**Virta a Teittinen 2022**). Je důležitým kamenem vodního potravního řetězce pro živočichy, jenž tvoří značnou část jídla pro lidskou populaci. Dle výzkumu modely předpovídají že se populace fytoplanktonu velice sníží na územích tropických a subtropických oceánů díky redukci biomasy z důvodu nižšího přísunu živin pro fytoplankton (**Henson et al. 2021**). Naopak, zvýšení populace fytoplanktonu se předpovídá na území vysokých zeměpisných šířek, díky tání ledovců, delšího vegetačního období a zvýšené rychlosti růstu při vyšších teplotách. Reakce na změnu klimatu vodních společenstev může být náhlá a nelineární, proto je velice důležité monitorovat možné důsledky klimatické změny na fytoplankton jenž je pro nás životně důležitý. Fytoplankton neovlivňuje pouze teplota např. bentické rozsivky jsou citlivé na salinitu oceánu a díky menší salinitě vzniká mnohem větší druhová diverzita (**Virta a Teittinen 2022**). Dle **Cheng et al. (2020)** stav salinity oceánů se snižuje. Není možné s jistotou zjistit, zda je to díky tání ledovců nebo díky velkému oběhu vody, avšak i tak změna klimatu opět nepřímo zapříčiňuje změnu biodiverzity fytoplanktonu.

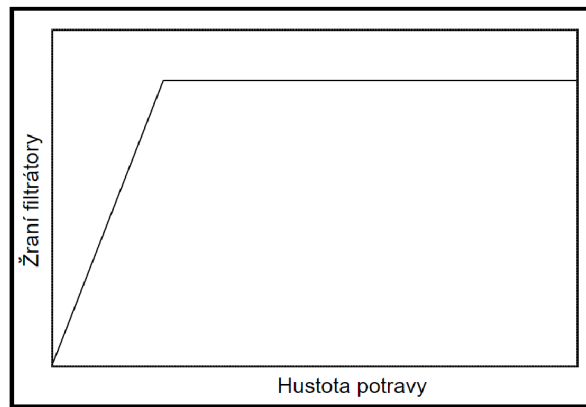
## Sezónní dynamika

Sezónní dynamika je proces, jenž mění druhové zastoupení i početnost přítomných druhů ve vodním ekosystému. Tento proces zapříčiňuje spousta faktorů, chemické a fyzikální změny, změny v množství a druhovém složení predátorů fytoplanktonu, změny v množství mezidruhové a vnitrodruhové konkurence, díky čtyřem proměnlivým obdobím za rok (**Sommer et al. 2012**). Hlavní faktory působící na fytoplankton jsou, viditelné záření, teplota a přítomnost živin ve vodě. Tyto hlavní faktory se mění v závislosti, v jakém období se vodní ekosystém nachází. Dále tyto podmínky tvoří nepřímé procesy, jenž ovlivňují hlavní faktory pro život fytoplanktonu. Můžeme opět zmínit teplotní stratifikaci, jež byla zmíněna v kapitole klimatických změn. Tento proces je tvořen čistě změnou ročního období, jež má vliv na teplotu země a dále tedy na vodní ekosystém. Můžeme zmínit dlouhé a brzké noci v zimním období omezující viditelné záření, jež negativně ovlivňuje fytoplankton. V neposlední řadě můžeme zmínit změnu chování ostatního společenstva, které je postihnuto předešlými procesy taktéž, jenž zcela změní podmínky pro fytoplankton. Například nárůst rybí predace, jež sníží predaci fytoplanktonu, avšak zvýší již zmíněnou mezidruhovou a vnitrodruhovou konkurenci.

## Hollingova funkce

Projev sezónní dynamiky za pomoci faktoru potravy a dostupnost živin pro prvotní producenty si můžeme ukázat na Hollingově funkci prvního typu. Odpověď na hustotu fytoplanktonu a jeho konzumaci zooplanktonem ve vodě, jako jsou například perloočka, jež se živí řasami. Funkce prvního typu nám říká, že za předpokladu zvýšení řas se exponenciálně zvýší příjem potravy filtrátorů až do bodu, kdy se řasy nedokáží tak rychle obnovit a nastává stagnace, viz ustálení na obrázku [1]. Stagnace pokračuje do doby, kdy tlak konzumace převládne nad obnovou, že hustota fytoplanktonu začne klesat na minimum. Takový to stav se nazývá “fáze čiré vody” (**Sommer et al. 2012**).





Obrázek 1: Hollingova funkce

## Jaro

Na konci zimy přibývá dostatečné množství viditelného záření, a tedy taky tepla, tak že podpoří vzrůst fytoplanktonu. Teplo také způsobí roztátí ledu a ohřátí vody tak, že začne cirkulace ve stratifikovaném vodním sloupci, což způsobí i cirkulaci živin, které se usadily na dně vody. Na jaře, zvýšená teplota a dostatečný obsah kyslíku zapůsobí jako určitý signál, jenž zooplankton probudí z hibernace. Mnoho druhů zooplanktonu tvoří vajíčka, která mohou vyschnout, zmrznout nebo je mohou pozřít rybí predátoři, avšak je nestráví a vylíhnou se, jakmile nastanou příznivé podmínky (**Breed a Moore 2010**). Dostatek malých řas, které rychle narostou tzv. “R” strategové, jako jsou například rozsivky a skryténky, umožní rychlý nárůst býložravého zooplanktonu. Nastává proces exponenciálního nárůstu spásání fytoplanktonu, jenž byl zmíněn v minulé kapitole, až do doby, kdy nastane tzv. fáze čiré vody, to zajišťuje další cirkulaci živin, jež se akumuluje ve vodním sloupci díky spásání fytoplanktonu a jeho nízkému počtu. Fáze čiré vody znamená, že většina fytoplanktonu, jenž je pro býložravý zooplankton jedlá, byla pozřena a zbývají pouze druhy, jenž nejsou pro býložravý zooplankton jedlé. Nemožnost pozřít některé druhy fytoplanktonu závisí na vlastnostech a obranných mechanismech samotného fytoplanktonu. Například velikost buňky zajišťuje určitou míru ochrany, protože větší buňky fytoplanktonu prokazují menší odumření z důvodu predace (**Smetacek, Assmy & Henjes, 2004**). Dále bychom mohli zmínit tvar buňky (**Hessen & Van Donk, 1993**), stádium životního cyklu (**Kolb a Strom 2013**), strukturu buněčné stěny (**Harvey et al. 2015**). Díky nízké početnosti fytoplanktonu ve vodě se stává voda průhlednější, proto se tento stav nazývá tzv. “čirá voda”. Nízký obsah fytoplanktonu limituje další růst býložravého zooplanktonu, načež se také projevuje rybí predace, jež snižuje množství zooplanktonu (**Sommer et al. 2012**).

## Léto

Snížení spásání fytoplanktonu z důvodu snížení počtu býložravého zooplanktonu díky druhové konkurenci, rybí predaci a převažujících druhů specialistů chráněných před zooplanktonem způsobí velkou diverzitu v druhovém složení ve vodě. V létě převládají menší druhy fytoplanktonu. Větší druhy fytoplanktonu jsou zastoupeni hlavně specialisty, které mohou být spásány pouze ostatními specialisty nebo parazity. Nastává situace, kdy se ve vodním společenstvu projevují spíše “K” strategové, kteří díky kvalitě jedince dorůstají pomaleji a ve vodě je málo herbivorního zooplanktonu. Dochází k vyčerpání fosforu kvůli řasám, kteří mají fosfor ve své biomase a zamezují tím cirkulaci. Řasy jsou zastoupeni druhy, jenž nemohou být spásány, jako například skrytěnky a některé nejdle koloniální řasy. Nastává tzv. “bottom – up control”, kdy zooplankton je regulován predací, avšak řasy nemohou exponenciálně růst díky limitaci živin ve vodě, především fosforu. To vygraduje v úbytek řas, jež jsou zastoupeny především rozsivkami jakožto nyní převládající skupinou, do doby, než je omezí nedostatečné množství křemíku ve vodě. V tomto období dominují spíše obrněnky a sinice. Obrněnky dominují opět do limitujícího stavu potřebných látek, tentokrát dusíku, při němž se do popředí dostávají N fixátoři, jenž jsou například nadále přetrvávající sinice (**Sommer et al. 2012**).

## Podzim

Teplota se ochlazuje na 4-3,98 °C, kdy je voda nejhustší a proto se horizontálně míchá s méně hustší vodou, která se pohybuje směrem k hladině. Proto začíná cirkulace živin a vody. Avšak z důvodu nedostatečného světelného záření a tepla v tomto období nezaznamenáváme takový exponenciální růst fytoplanktonu jako na jaře. Druhové zastoupení fytoplanktonu svědčí spíše vláknitým řasám a do popředí se dostávají rozsivky. Projevují se nedostatky hlavních podmínek pro fytoplankton, jako je nedostatečné viditelné záření, nedostatečné teplo a nedostatečné limitující prvky jako je dusík, fosfor a křemík. Začíná vyžírání řas díky podzimnímu maximu zooplanktonu, který se stal z důvodu snížení rybího vyžírajícího tlaku. Tento proces pokračuje až do zimního minima (**Sommer et al. 2012**).

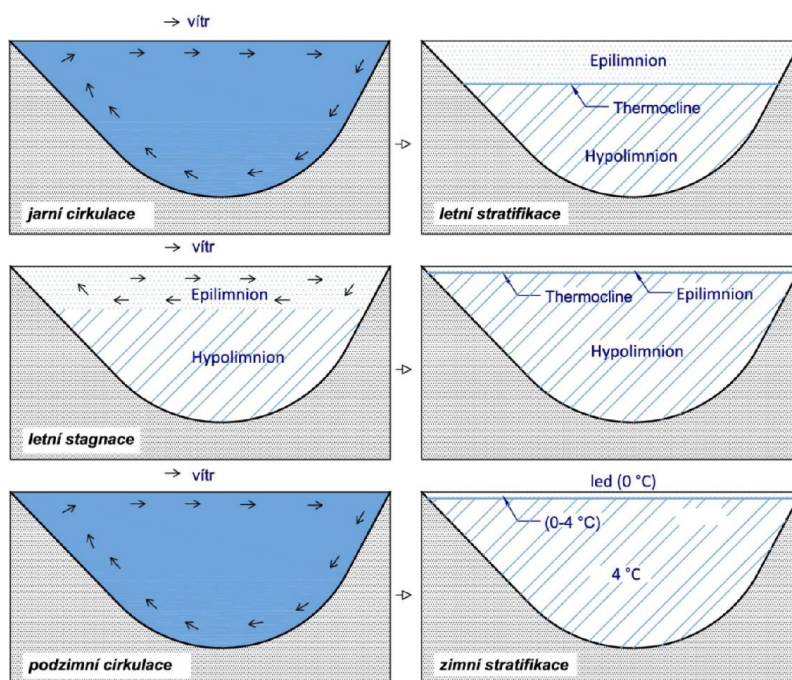
## Zima

Světelné záření je na nejvyšším minimu a na hladině se může tvořit vrstva ledu. Pod ledem se nachází vrstva vody, jež má teplotu od 0 °C až 4 °C tzv. termoklina. Teplota zůstává na 4 °C ve vrstvě, tzv. hypolimnion, která je na dně a je nejteplejší v zimě. Aktivita vodního společenstva je na nejvyšším minimu díky hibernaci a nedostatečným podmínkám pro

aktivitu, tedy jak už byly zmíněny hlavní faktory působící na fytoplankton, dostatečné množství světelného záření, dostatečná teplota a dostatečné množství živin.

## Sezónní cyklus stratifikace

Jak už bylo zmíněno v kapitole Vliv klimatických změn a Sezónní dynamice, teplotní stratifikace je velice důležitým procesem ve vodním ekosystému. Jak už bylo napsáno, proces je závislý na teplotním rozdílu ve vodě a hustotě vody, jenž oba rozdíly zajišťují horizontální pohyb přesunu vody, avšak primární hnací síla cirkulaci vody je vítr, jenž působí na hladinu vody a způsobuje míchání, viz obrázek [2].



Obrázek 2: Cyklus stratifikace

## Voda

Nejdůležitější sloučenina na zemi, jež bychom mohli přirovnat metaforicky k samotnému životu. Bez vody by nebyl člověk, nebyly by stromy, nebyly by květiny ani bakterie (Duras 2020). Samotný člověk je z více než 60 % tvořen z vody. Díky schopnosti vody rozpouštět minerální látky a dále je předávat živému organismu je tato sloučenina pro nás nepostradatelná, to samozřejmě platí i pro fytoplankton. Fytoplankton ve vodě dále spoléhá na podmínky, které vytváří charakteristické vlastnosti vody. Například můžeme zmínit pH vody, jež může mít negativní nebo pozitivní účinek na řasy dle stavu pH. Například výzkum dle Leavitt et al. (1999) dokazuje, že snížením pH z 6.6 na 5.0 zvýšilo zastoupení řas. Ačkoliv každý druh může být vůči pH jinak citlivější, výzkum dle Pedersen a Hansen (2003) dokazuje že i pH tolerantní druhy mají problém růst při více jak 9 pH. Dále můžeme zmínit stav salinity vody, jenž je vlastnost rozpouštět a koncentrovat soli ve vodě

a zcela ovlivnit tak prostředí pro veškerý fytoplankton a ovlivnit zastoupení druhu (**Cheng et al. 2020**). Velice zajímavou vlastností vody je hustota, která se mění podle toho, jakou má voda teplotu a jaký tlak působí na vodu, čím větší tlak a větší teplota od 0 °C do 4 °C, tím vyšší hustota. Největší hustotu voda má v teplotě 4-3,98 °C. To umožňuje zajímavý efekt cyklické stratifikace, který je popsán na obrázku [2] v minulé kapitole. Také je to velice důležitá podmínka pro možnost vodních organismů přežít zimu, díky interakci vody a ledu. Led díky nižší hustotě se udržuje na hladině a zamezuje další zamrzání, voda v teplotě 4 °C se udržuje na dně a dokáže si udržet kapalnou skupenství.

### Potenciál vodíku

Voda má amfoterní charakter, může se chovat jako kyselina i jako zásada. To znamená, že může přijímat i odevzdávat proton. Stupnice pH značí, jak voda reaguje, tedy pokud se jedná o kyselinu, proton odevzdává, pokud se jedná o zásadu, proton přijímá. Stupnice pH se udává od 0 do 14, avšak jsou výjimky, například případy, kdy může být naměřeno i pH pod nulu. Za podmínky, že koncentrace  $[H_3O^+]$  iontů je stejná, jako  $[OH^-]$  je pH vody 7, to značí neutralitu. Pokud je koncentrace  $[H_3O^+]$  iontů vyšší, jak  $[OH^-]$ , je pH vody menší než 7 a jedná se o kyselý roztok. Zda je koncentrace  $[H_3O^+]$  iontů menší, jak  $[OH^-]$ , je pH vody větší než 7 a jedná se o zásaditý roztok. Jak už bylo zmíněno stav pH vody záleží pro přežití fytoplanktonu, můžeme zmínit známý problém kyselých dešťů, díky kterým se nádrž může stát více kyselejší a tak uškodit fytoplanktonu (**Kopáček a Hruška 2009**). Kyselé deště mohou vznikat přirozeně nebo z činnosti člověka. Může například nastat zvětrání kyselé půdy, jež vytvoří kyseliny, které nakonec způsobí kyselý déšť nebo díky spalovacím motorům, jež znečišťují ovzduší hlavně především oxidy dusíku ( $NO_x$ ).

### Živiny

Pro fytoplankton je důležité, aby voda obsahovala dusičnany, fosforečnany, křemičitany a vápník. Fytoplankton také vyžaduje železo, což fytoplankton omezuje ve velkých oblastech oceánu, protože se tam nachází v nedostatečném množství. Křemík je především důležitý pro rozsivky, které si z něj dělají již zmíněné schránky. Díky schopnosti rybníků, nádrží a jezer zadržovat tyto živiny tvoří dokonalou lokalitu pro růst fytoplanktonu. Důležitou součástí jsou také bakterie a viry, bakterie například tvoří plynný dusík z dusičnanů, jež jsou obsažené ve vodě. Tím se dusík vrací zpět do atmosféry tzv. denitrifikačními procesy, aby voda nebyla zahlcena určitou živinou, zejména v tomto případě dusíkem. Načež závisí cyklus dusíku (**Duras 2020**). Obsah živin ve vodách jsou různé, záleží na mnoha faktorech. Za vnější faktory můžeme považovat podnebí a klima lokality s tím, že musíme brát v potaz obsah živin v půdě, kde se nádrž nachází, a tedy jaké

živiny mohou být zaneseny do vody, jež jsou bohatě přítomny v půdě, či naopak se nevyskytují a vzniká nedostatek. Například fosfáty a dusíkaté látky, jež se mohou dostat z půdy do vody, díky hnojení půdy pro hospodářské účely, tím podpořit růst fytoplanktonu, avšak taky podpořit vznik vodního květu a při odumření vodního květu způsobit vymírání ryb díky nedostatku kyslíku ve vodě, protože kyslík spotřebovávají bakterie na rozklad mrtvého fytoplanktonu. To nás dostává k vnitřním faktorům, kdy je možnost způsobení nedostatku určité živiny, díky dominantám ve vodě a jednoduše se živiny přirozeně nestíhají doplnit pod náporům velkého zástupu konzumentů. Můžeme zmínit vyčerpání fosforu v létě, díky řasám, které ho mají v biomase a zamezují tím jeho cirkulaci.

## Odpadní vody

Původ nadměrného obsahu živin není pouze z obohacených půd, avšak může docházet i ze znečištěných vod pomocí průmyslových továren nebo pouze z našich dennodenních aktivit, jako je třeba využití myčky nebo pračky, když využijeme prostředky, které tyto látky obsahují a akumulují se v kanalizacích (Duras 2020).

J. Schlaghamerský: Ochrana životního prostředí - ochrana vod – znečištění vod

Eutrofizace – obohacení ekosystému živinami



Obrázek 3: Grafické znázornění faktorů zvyšující obsah živin ve vodách

## Vodní nádrž

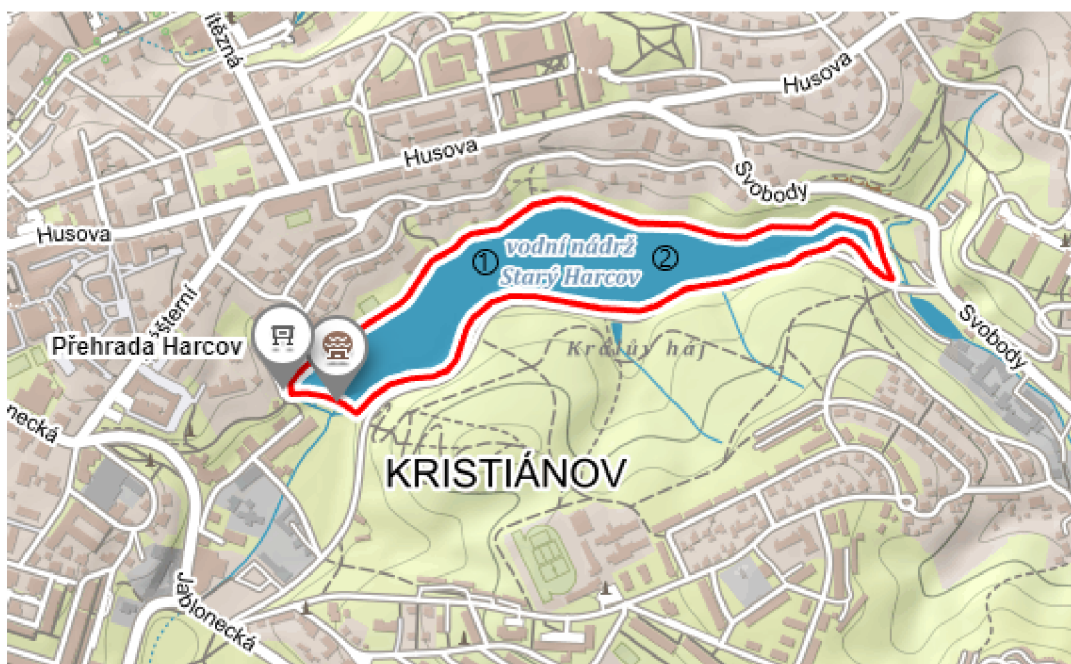
Přehradní nádrž oproti rybníku nebo jezeru má obvykle hlavní účel předejit povodním zadržením vody nebo k energetickému využití spádu vody, avšak samozřejmě může sloužit k rekreačním účelům či hromadění vody k vodohospodářským účelům. Takové to vodní nádrže rozdělujeme na tzv. malé vodní nádrže a tzv. přehradní nádrže. Dle české technické

normy (752410) malá vodní nádrž má objem nádrže po hladinu ovladatelného prostoru do 2 mil. m<sup>3</sup> a největší hloubka nádrže nepřesahuje 9 m. Harcovská přehrada nebo tzv. Vodní nádrž Harcov má maximální hloubku 13 m, proto se jedná o přehradní nádrž.

## Metodika

### Charakteristika místa

Veškeré vzorky fytoplanktonu se kterými jsem pracoval, jsem odebral z Harcovské přehrady v Liberci. Jedná se o přehradní nádrž, která byla vybudována v roce 1904. Přehrada se budovala od roku 1902. Přehrada byla stavěna z důvodu častých záplav, ke kterým docházelo v tomto regionu. Na vybudování přehrady měl velký podíl známý rod Liebiegů (NPÚ, 2022). Přehrada je od října roku 2022 vypouštěná z důvodu rekonstrukce, protože hráz prosakovala. Přehrada bude opravena, odbahněna a také vylepšena pro obyvatele a návštěvníky, co zavítají k přehradě z rekreačních důvodů. Odhaduje se že rekonstrukce potrvá až do jara, roku 2025. Vzorky byly odebírány na dvou místech, tato místa byla označena tyčemi, viz obrázek [4], kde jsou místa znázorněna bodem “1” a “2”. První odběr byl odebrán blíže u hráze, označeno “Tyč H” nebo jednoduše zmíněno jako “vzorek u hráze”, viz obrázek [4], bod označený číslem 1. Druhý odběr se vždy konal blíže přítoku, označeno “Tyč P” nebo zmíněno jako “vzorek u přítoku”, viz obrázek [4], bod označený číslem 2.



Obrázek 4: Mapa s vyznačenou polohou nádrže

## Metodika odběru

Pro odběr vzorků jsem využili tyto základní pomůcky:

- Lodka
- Vhodná obuv do loďky
- Terénní multiparametrový přístroj WTW
- Secchiho deska
- Planktonní síť o velikosti ok 20  $\mu\text{m}$
- Plastový kbelík
- Plastové lahvičky pro vzorky
- Psací potřeby

Celkem se uskutečnily tři odběry v květnu, červenci a září roku 2022. Při každém odběru, po nastoupení a vyplutí loďkou na místa, které byly označeny potápěčskými tyčemi se odebral vzorek vody do plastového kbelíku, viz obrázek [5], pro stanovení fyzikálně-chemických parametrů pomocí terénního multiparametrového přístroje, viz obrázek [6]. Využil jsem elektrodu k zjištění množství kyslíku ve vodě. Elektrodou bylo nutné hýbat, tak, aby se zjistil přesný výsledek a bublinky neznehodnotily výsledek. Dalšími elektrodami jsem zjistil pH vody, vodivost vody a teplotu vody jsem odečítal vždy na vodivostní elektrodě. Dále jsem při každém odběru zjišťoval průhlednost vody za pomoci Secchiho desky, viz obrázek [7], která je rozdělena na čtvrtiny, které střídají černou a bílou barvu pro lepší viditelnost disku a přesnost měření průhlednosti vody. Tento disk je upevněný na provázku, který má zvýrazněné značky značící délku. Díky tomu jsem mohl určit průhlednost vody. Vždy jsem vzal disk a ponořil ho do hloubky až nebyl vidět. Disk jsem pomalu vytahoval a v moment, kdy jsem disk spatřil, určil jsem průhlednost vody díky značce na provázku. Při každém odběru jsem nakonec vzal planktonní síť s velikostí ok 20  $\mu\text{m}$  a ponořil ji do stejné hloubky, jako měřila ponořená tyč. Poté jsem pomalu síťku přitahoval, zpět k hladině, viz obrázek [8]. Fytoplanktonní síť jsem vytáhnul a otevřel kohoutek tak, aby vzorek stekl do lahvičky. Po nabrání vzorku jsem planktonní síťku ještě propláchnul vodou, tak aby fytoplankton nezůstal v síti.



Obrázek 5: Fotka z odběru (26.5.2022)



Obrázek 6: Fotka z odběru (23.9.2022)



Obrázek 7: Fotka z odběru (28.7.2022)



Obrázek 8: Fotka z odběru (28.7.2022)

## Metodika zpracování vzorku

Pro laboratorní práci jsem využil tyto pomůcky:

- Determinační literatura
- Mikroskop s kamerou
- Pipety
- Podložní a krycí skla
- Počítací komůrka
- Počítač
- Lugolův roztok

Po odběru vzorku jsem jej prohlédl pod mikroskopem, jen odběr v podzimu jsem na živo neprohlédl. Odběr na podzim jsem vzorek ihned na živo neprohlédl, po odběru, byl vzorek za pomoci Lugolova roztoku zafixován a evidován pod místem odběru a dobou odběru. K jeho zpracování jsem se vrátil později. Jarní a letní odběry jsem prohlédl živé, zapsal jsem si druhy, které jsem objevil a poté, když už jsem po delší dobu nenacházel nové druhy,



jsem vzorek zafixoval Lugolovým roztokem a připravil tak pro budoucí počítání v počítací komůrce a k “vypálení” pro determinaci rozsivek. Počítal jsem buňky fytoplanktonu a na počítání buněk jsem použil tzv. počítací komůrku Z. Cyrus. Počítací komůrka je přesné měřidlo z optického skla. Používají se k počítání buněk, jedinců nebo jiných částic v roztoku. Je obdélníkového tvaru o dostatečné síle a ve střední třetině tohoto nosiče jsou vyfrézovány dvě drážky rovnoběžné s kratšími stranami komůrky, do kterých odteče přebytečné množství roztoku. Na střední ploše je vyhotovena mřížka s 40 svislými a 40 vodorovnými čtverci, každý o hraně 250  $\mu\text{m}$ . Při každém počítání jsem se snažil napočítat minimálně 200 buněk. Každý druh, co jsem našel, jsem si zapsal a započítal počet přítomných buněk fytoplanktonu. Následně jsem přepočítal množství buněk jednotlivých druhů z každého odběru na společný objem, konkrétně na 1 ml pomocí znalosti objemu komůrky Cyrus I. U letních a podzimních vzorků jsem zkontroloval 3 sloupce, tedy 120 čtverečků a u jarních vzorků jsem zkontroloval všech 40 sloupců, tedy všech 1600 čtverečků a objem celé komůrky Cyrus je 0,01 ml. Počítání probíhalo pod objektivem 40x. Dále jsem pomocí průměru planktonky (20 cm) a hloubky tahu (pro většinu vzorků 3,5 m) vypočítal objem přefiltrované vody z přehrady a poté jsem přepočítal množství buněk na 1 ml vody z objemu vody, která prošla planktonkou.

Pro vytvoření “vypáleného” vzorku jsem nejdříve musel odstranit buněčný obsah v roztoku. To jsem udělal tak, že jsem do roztoku přidal peroxid vodíku, který je nejčastěji využívané oxidační činidlo. Dále jsem naplnil 6 centrifugačních zkumavek, tak abych mohl vytvořit vypálený vzorek za obě místa za určité období. Vzorek jsem promíchal a navážil, tak, aby bylo ve zkumavkách stejně roztoku. Naplněné zkumavky jsem následně vložil do centrifugy, kde se vzorky odstředovaly po dobu 5 minut při 2000 otáčkách za minutu. Při přípravě vzorku bylo dbáno na promytí nástrojů. Následně se pomocí čisté Pasteurovy pipety promíchala suspenze, poté se přenesla do připravené vodní kapky na krycím sklíčku a nechá se suspenze vyschnout. Dále jsem pokračoval tak, že jsem na podložní sklo nanas kapičku média naphrax. Naphrax je médium s vyšším indexem lomu světla. Poté jsem vzal krycí sklíčko, které jsem na tuto kapičku položil stranou s vrstvičkou přichycených rozsivek. Nakonec jsem podložní sklíčko položil na rozpálenou plotýnku a nechal médium roztéct a vytvořit bublinky. Bublínky po chvíli zmizely a vypálený vzorek byl hotov, stačilo jen nechat sklo vychladnout. Po vychladnutí jsem vypálené vzorky prohlédl pod mikroskopem a opět jsem se snažil najít ve vzorku cca 200 buněk. Kvantitativní zastoupení nalezené ve vzorcích je znázorněno dle stupně. Stupně jsou odvozeny od základní stupnice pro odhad abundance v mikroskopickém preparátu. Tedy:

Stupeň 6., druh masově zastoupený, s pokrývností 90 - 100%, stupeň 5. druh velmi hojný, s pokrývností 50 - 90%, stupeň 4., druh hojný, s pokrývností 20 - 50%, stupeň 3., druh dost hojný, s pokrývností 5 - 20%, stupeň 2., druh zřídka, s pokrývností 1 - 5%, stupeň 1., druh velmi zřídka, s pokrývností 0,1 - 1%, stupeň “+”, druh ojediněle zastoupený, s pokrývností do 0,1%.

## Výsledky

### Jaro

První odběr proběhl 26. 5. 2022. Nejdříve se odebral vzorek u hráze (označený Tyč H) a dále poté blíže k přítoku (označený Tyč P). Pomocí WTW přístroje jsem naměřil pH, které dosahovalo 7,4 u tyče blíže hráze. Měření pH u tyče blíže přítoku, ukázalo 7,3. Další parametry se pohybovaly v minimální odchylce, jako u pH. Kyslík ve vodě dosahoval u hráze 8,82 mg·l<sup>-1</sup> a u přítoku 8,78 mg·l<sup>-1</sup>. Teplota vody byla naměřena u hráze 17,7 °C a u přítoku 18 °C. Vodivost vody byla naměřena u hráze 236 μS·cm<sup>-1</sup> a u přítoku 225 μS·cm<sup>-1</sup>. Nakonec průhlednost vody dosahovala až 3,8 metrů v obou případech, viz tabulka [1]. Žádné problémy či speciální podmínky nebyly při tomto odběru zaznamenány, odběr proběhl v pořádku.

<b>Datum:</b>	26.5.2022	26.5.2022
<b>Místo:</b>	Tyč H	Tyč P
<b>Počasí:</b>	Polojasno	Polojasno
<b>pH</b>	7,4	7,3
<b>Kyslík [mg/l]</b>	8,82	8,78
<b>Teplota [°C]</b>	17,7	18
<b>Vodivost [μS/cm]</b>	236	225
<b>Průhlednost [m]</b>	3,8	3,8

Tabulka 1: zápis dat z odběru 26.5.2022

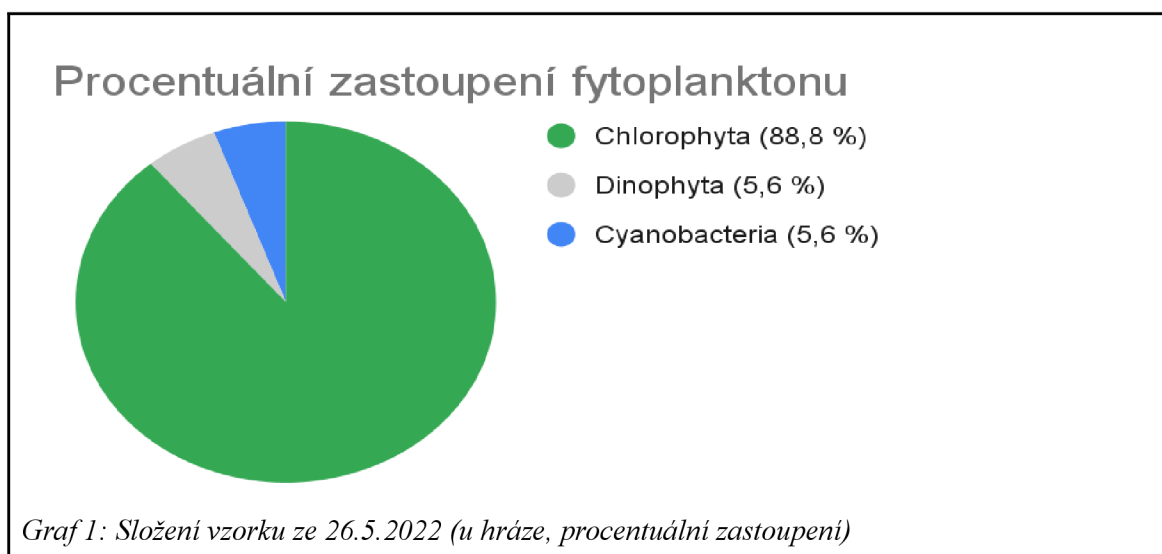
Po spočítání a determinaci druhu pomocí počítačící komůrky CYRUS I jsem zjistil, že u hráze převažovaly zelené řasy (Chlorophyta) oproti ostatním skupinám, viz graf [1]. Graf [1] dále znázorňuje sinice (Cyanobacteria), které byly zastoupeny, jako druží a obrněnky (Dinophyta), které byly zastoupeny, jako třetí se v odběrech objevily jen vzácně. Zelená řasa *Chlorangiella polychlora*, byla v počítačící komůrce, ve vzorku u hráze, dominantní, byla zastoupena 900 buňkami v 1 ml, viz graf [2]. U přítoku se objevily zelené řasy

(Chlorophyta), které byly dominantní s 98% zástupem, zbylé 2 % zastupovaly sinice (Cyanobacteria), viz graf [4]. Zelená řasa *Chlorangiella polychlora*, byla v počítací komůrce, ve vzorku u přítoku, dominantní, byla zastoupena 4300 buňkami v 1 ml, viz graf [5].

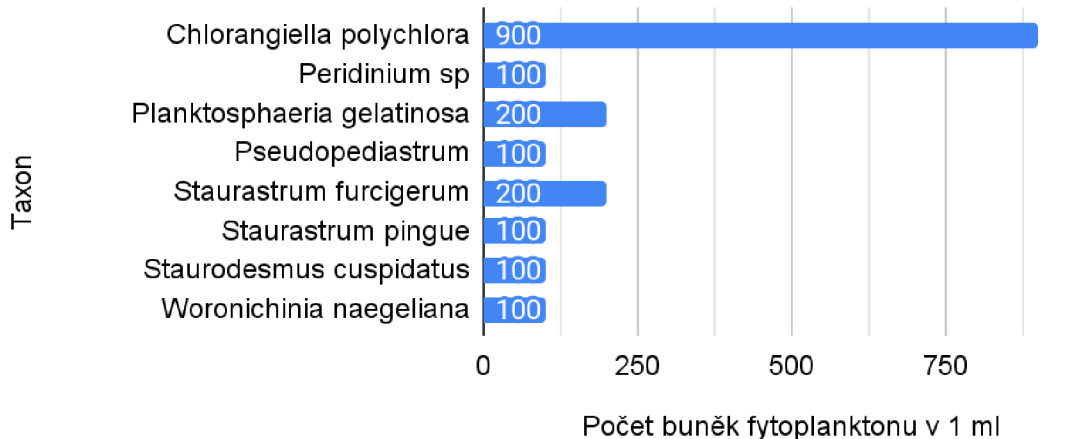
Vzorky z jara u hráze i přítoku byly chudé na přítomný fytoplankton. Po prohlédnutí všech sloupců počítací komůrky jsem na sklíčku objevil jen malý počet buněk fytoplanktonu, konkrétně jsem našel 1800 buněk·ml<sup>-1</sup> u hráze a 5000 buněk·ml<sup>-1</sup> u přítoku, naopak jsem zaznamenal velký počet zástupců zooplanktonu.

Rozsivková anlyza trvalého vzorku ukázala majoritní zastoupení ve vzorku Tyč P i Tyč H rozsivky *Fragilaria crotonensis*, viz graf [3] a [6]. Ve vzorku u hráze se objevila hojně *Aulacoseira ambigua*, ale u přítoku se neobjevila, viz graf [3] a [6]. Ve vzorku u přítoku se objevila hojně *Tabellaria flocculosa*, avšak ve vzorku u hráze nebyla nalezena, viz graf [3] a [6]. Ve vzorku u hráze i u přítoku se objevila patrně *Pinnularia obscura*.

#### Zastoupení fytoplanktonu - hráz

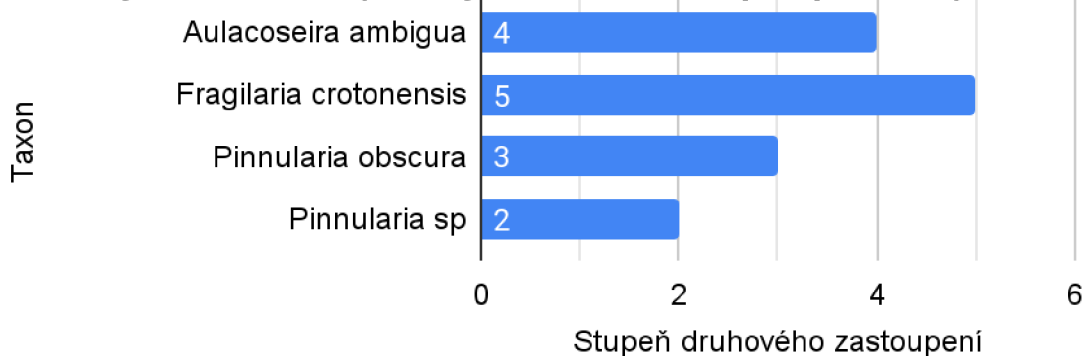


## Zastoupení jedinců (počítací komůrka)



Graf 2: Složení vzorku ze 26.5.2022 (u hráze, početní zastoupení, počítací komůrka)

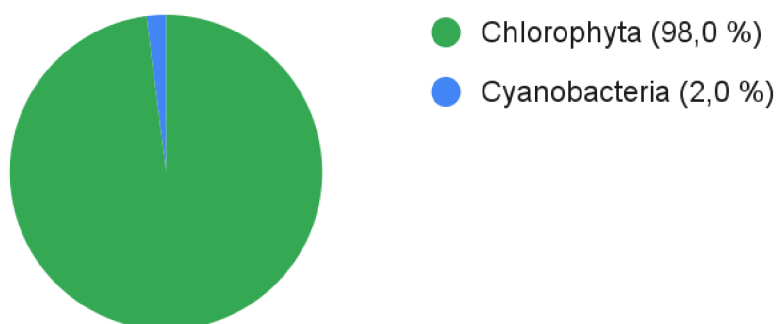
## Druhy rozsivek (analýza trvalého preparátu)



Graf 3: Složení vzorku ze 26.5.2022 (u hráze, početní zastoupení, vypálený vzorek)

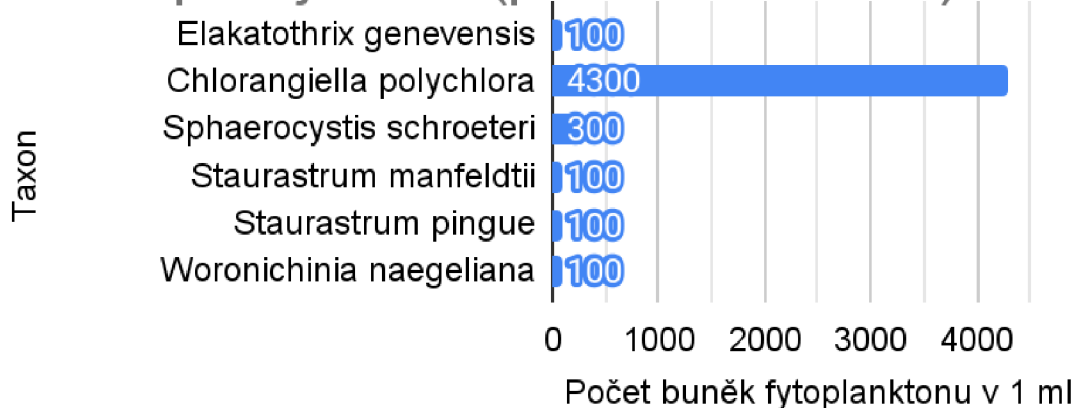
## Zastoupení fytoplanktonu - přítok

## Procentuální zastoupení fytoplanktonu



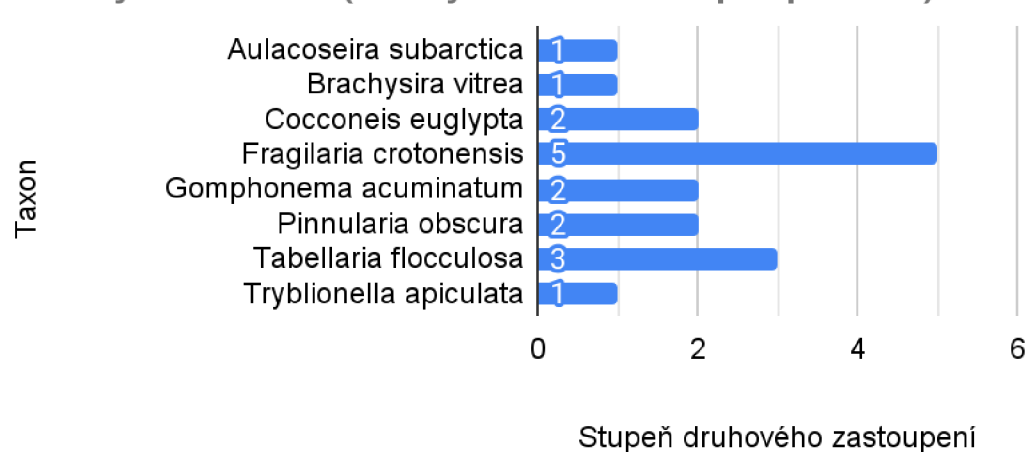
Graf 4: Složení vzorku ze 26.5.2022 (u přítoku, procentuální zastoupení)

## Zastoupení jedinců (počítací komůrka)



Graf 5: Složení vzorku ze 26.5.2022 (u přítoku, početní zastoupení, počítací komůrka)

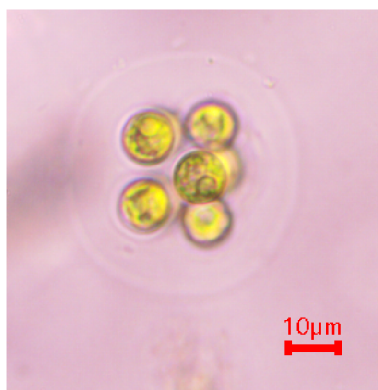
## Druhy rozsivek (analýza trvalého preparátu)



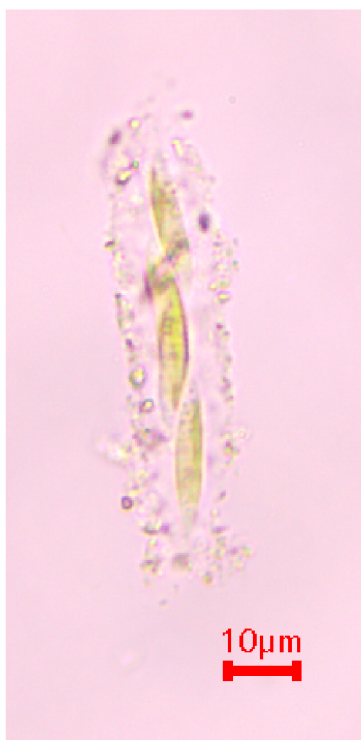
Graf 6: Složení vzorku ze 26.5.2022 (u přítoku, početní zastoupení, vypálený vzorek)

Nalezené a vyfocené druhy fytoplanktonu ve vzorku u hráze a u přítoku byly: *Sphaerocystis schroeteri*, obrázek [9], *Elakatothrix genevensis*, obrázek [10], *Pseudopediastrum boryanum*, obrázek [11] a [12], *Pinnularia obscura*, obrázek [13], *Staurastrum furciferum*, obrázek [14], *Woronichinia naegeliana*, obrázek [15], *Staurastrum sp.*, obrázek [16], *Peridinium sp.*, obrázek [17], *Chlorangiella polychlora*, obrázek [18], *Staurastrum manfeldtii* var. *manfeldtii*, obrázek [19], *Planktosphaeria gelatinosa*, obrázek [20], [21] a [22], *Aulacoseira ambigua*, obrázek [23].

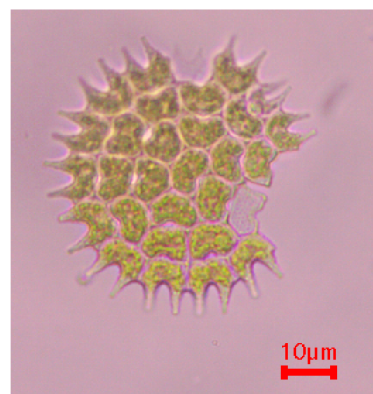
## Vizualizace fytoplanktonu



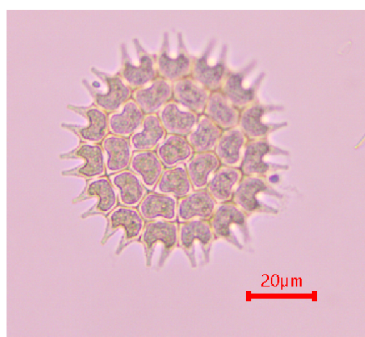
Obrázek 9: *Sphaerocystis schroeteri*



Obrázek 10: *Elakatothrix genevensis*



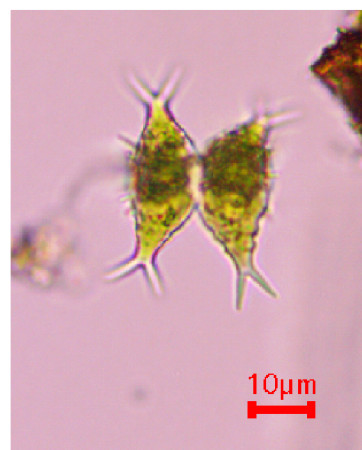
Obrázek 11: *Pseudopediastrum boryanum*



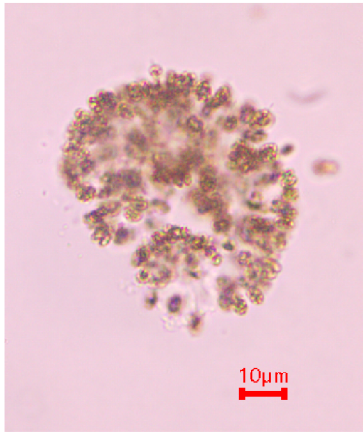
Obrázek 12: *Pseudopediastrum boryanum*



Obrázek 13: *Pinnularia obscura*



Obrázek 14: *Staurastrum furciferum*



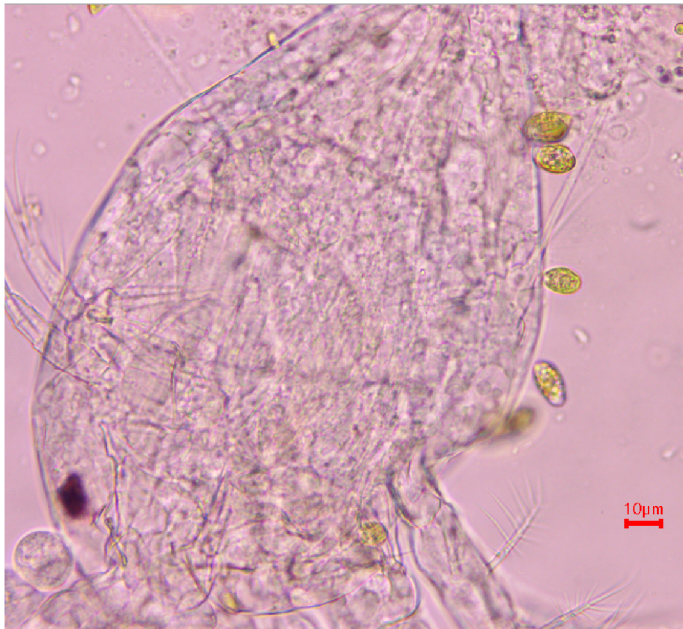
Obrázek 15: *Woronichinia naegeliana*



Obrázek 16: *Staurastrum* sp.



Obrázek 17: *Peridinium* sp.



Obrázek 18: *Chlorangiella polychlora* přichycená na schránce perloočky *Bosmina* sp.



Obrázek 19: *Staurastrum manfeldtii* var. *manfeldtii*



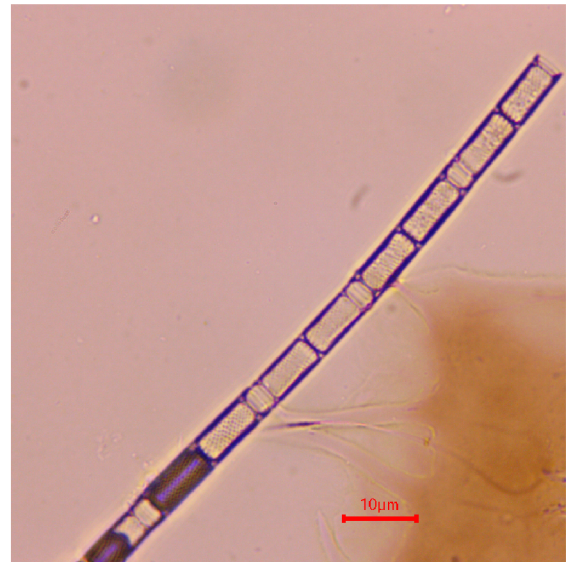
Obrázek 20: *Planktosphaeria gelatinosa*



Obrázek 21: *Planktosphaeria gelatinosa*



Obrázek 22: *Planktosphaeria gelatinosa*



Obrázek 23: *Aulacoseira ambigua*



## Léto

Druhý odběr proběhl 28.7.2022. Jako dříve, nejprve se odebral vzorek u hráze a dále poté vzorek blíže k přítoku. Pomocí WTW přístroje jsem naměřil pH, které dosahovalo 8,5 u Tyče H, která byla blíže hráze. Měření u Tyče P, u přítoku se pH dostalo na 8,3, což znamená že pH podmínky byly na místech podobné. Kyslík ve vodě dosahoval u hráze 10,26 mg·l<sup>-1</sup> a u přítoku 9,65 mg·l<sup>-1</sup>. Teplota vody byla naměřena u hráze 20,9 °C a u přítoku 21,3 °C. Avšak vodivost vody byla již patrně odlišná na dvou místech. Naměřena vodivost u hráze dosahovala 279 μS·cm<sup>-1</sup> a u přítoku 246 μS·cm<sup>-1</sup>. To také platilo s průhledností vody, kdy u hráze průhlednost vody dosahovala 1,8 m, avšak u přítoku 1,5 m, viz tabulka [2]. Žádné problémy či speciální podmínky nebyly při tomto odběru zaznamenány a odběr proběhl v pořádku.

<b>Datum:</b>	28.7.2022	28.7.22
<b>Místo:</b>	Tyč H	Tyč P
<b>Počasí:</b>	Slunečno	Slunečno
<b>pH</b>	8,5	8,3
<b>Kyslík [mg/l]</b>	10,26	9,65
<b>Teplota [°C]</b>	20,9	21,3
<b>Vodivost [μS/cm]</b>	279	246
<b>Průhlednost [m]</b>	1,8	1,5

Tabulka 2: zápis dat z odběru 28.7.2022

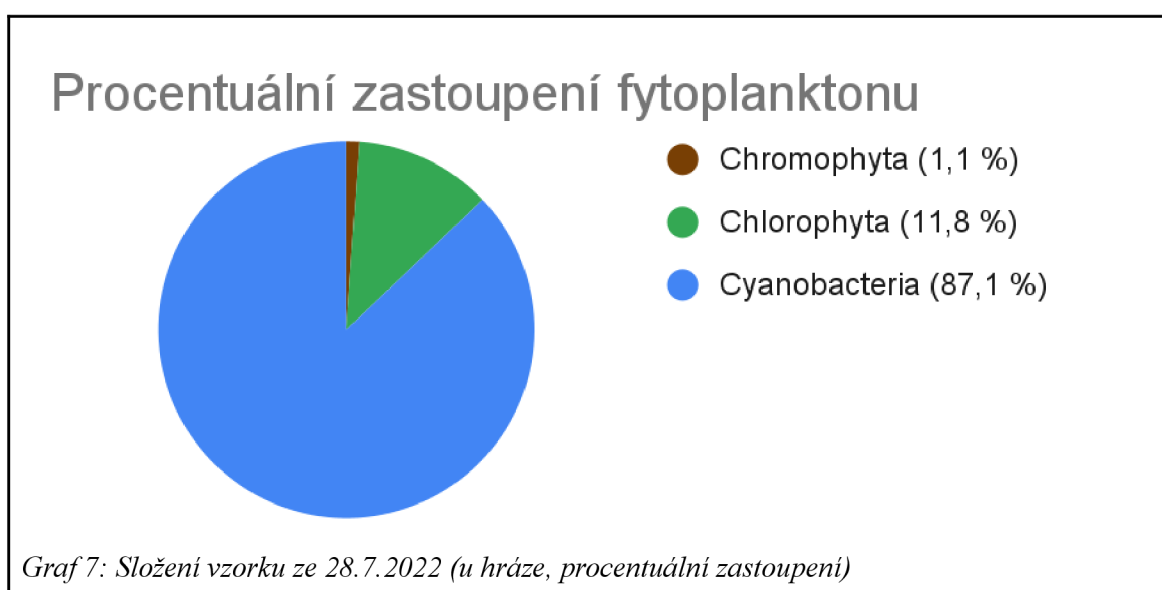
U hráze převažovaly sinice (Cyanobacteria) oproti ostatním skupinám díky hojně zastoupené *Microcystis flos-aquae*, která byla zastoupena více jak 1 000 000 buňkami v 1 ml, viz graf [7] a [8]. Graf [7] dále znázorňuje procentuální zástup zelených řas (Chlorophyta), jež byly zastoupeny druží. Třetí, nejméně zastoupeny byly hnědé řasy (Chromophyta), které se ve vzorku objevily vzácně, viz graf [7]. U hráze jsem našel konkrétně 1 454 303 buněk·ml<sup>-1</sup> fytoplanktonu.

U přítoku měly hnědé řasy (Chromophyta) vyšší procentuálního zastoupení než u hráze. Konkrétně rozsivky *Fragilaria crotonensis* a *Asterionella formosa* se ukázaly vícekrát, viz graf [8] a [11]. Zelená řasa *Botryococcus neglectus*, která byla nalezena hojně ve vzorku u hráze, se u přítoku neukázala, viz graf [8] a [11]. Sinice (Cyanobacteria) i v tomto vzorku zůstávají dominanty, díky hojně zastoupené *Microcystis flos-aquae*, která byla zastoupena více jak 1 250 000 buňkami v 1 ml a méně, avšak oproti ostatním druhům velice

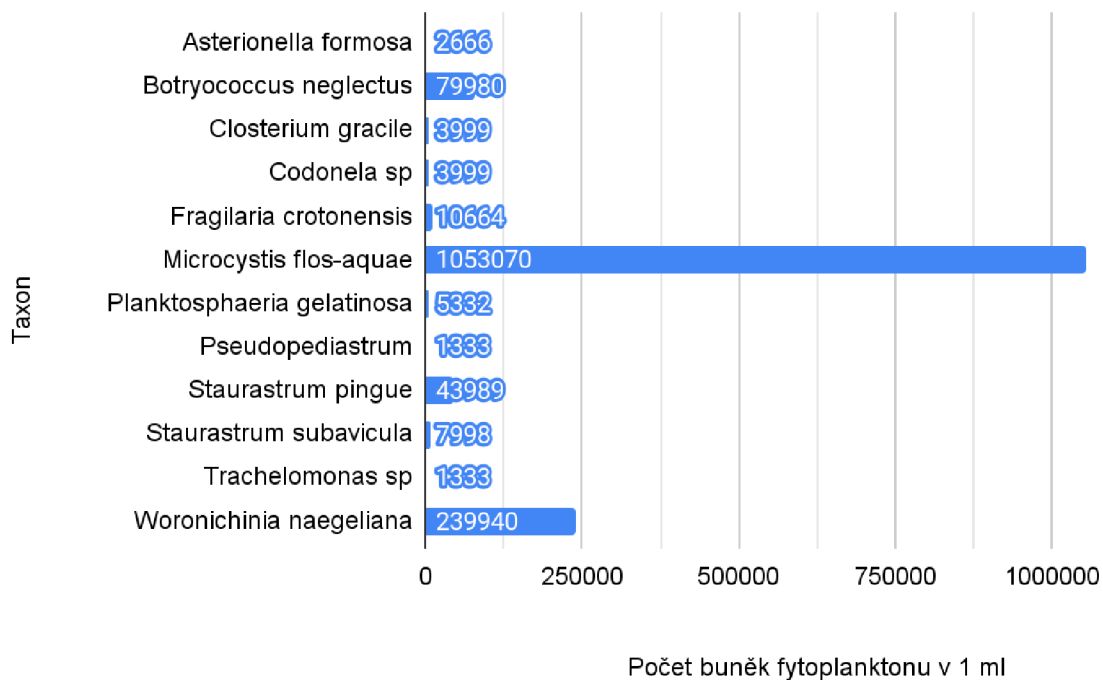
zastoupené *Woronichinia naegeliana*, která byla zastoupena více jak 100 000 buňkami v 1 ml, viz graf [8] a [11]. Dále v grafu [10] vidíme Hnědé řasy (Chromophyta) měly ve vzorku druhé nejpočetnější zastoupení a zastoupení třetí byly zelené řasy (Chlorophyta), viz graf [10]. U přítoku jsem našel konkrétně 1 452 970 buněk·ml<sup>-1</sup> fytoplanktonu.

V trvalém vzorku pro určování druhů rozsivek *Fragilaria crotonensis* byla nalezená v obou vzorcích, 5. stupněm zastoupení u přítoku a 5. stupněm zastoupení u hráze a žádný druh se u hráze či u přítoku nenacházel na 6. či 4. stupněm zastoupení, viz graf [9] a [12]. Ve vzorku, blíže přítoku, bylo nalezeno dvakrát více druhů hnědých řas (Chromophyta) viz graf [12]. Žádné speciální podmínky nebyly při vzorcích zaznamenány.

### Zastoupení fytoplanktonu - hráz

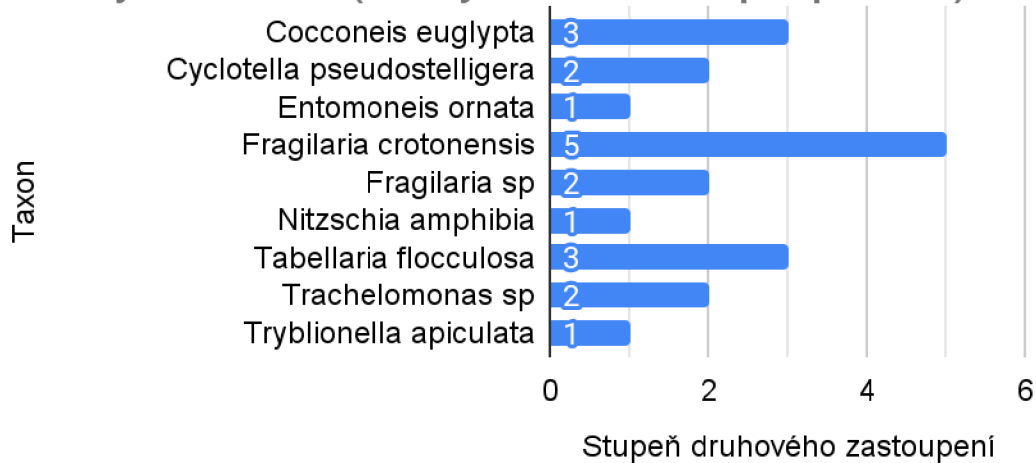


## Zastoupení jedinců (počítací komůrka)



Graf 8: Složení vzorku ze 28.7.2022 (u hráze, druhové zastoupení, počítací komůrka)

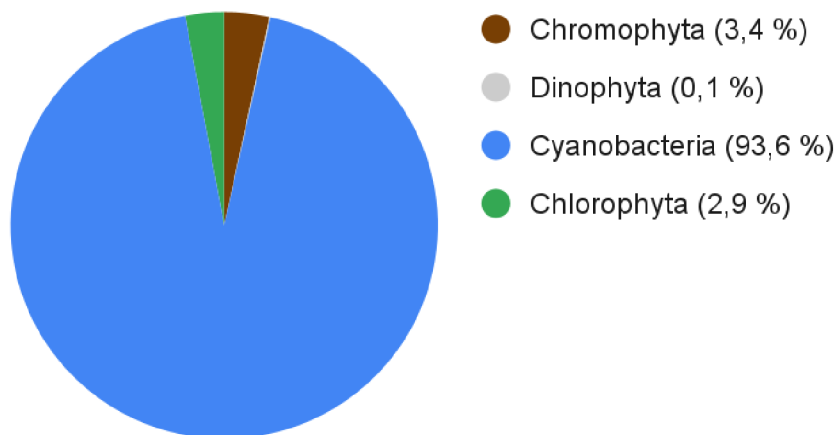
## Druhy rozsivek (analýza trvalého preparátu)



Graf 9: Složení vzorku ze 28.7.2022 (u hráze, druhové zastoupení, vypálený vzorek)

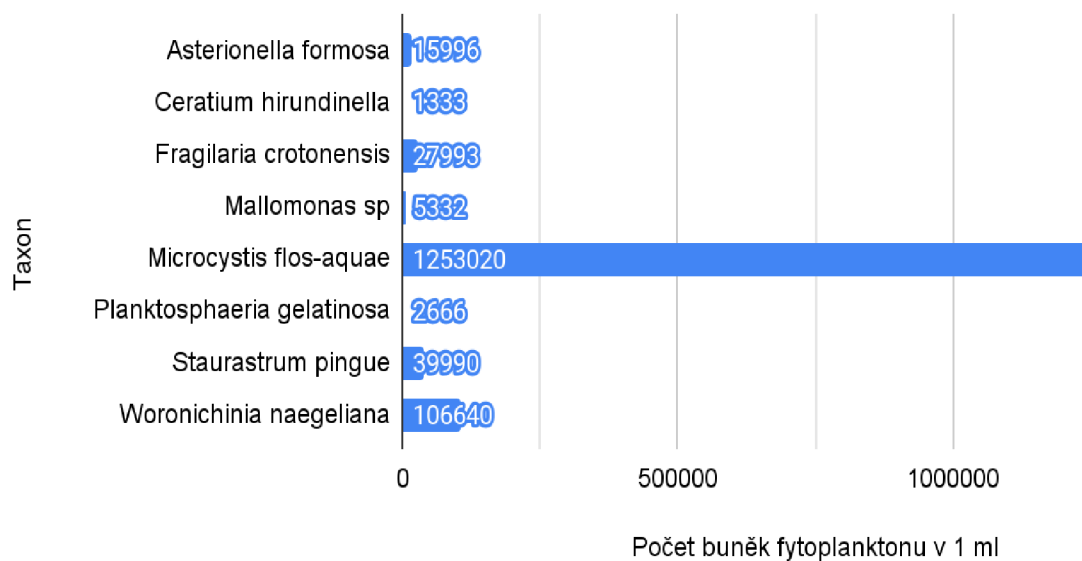
## Zastoupení fytoplanktonu - přítok

### Procentuální zastoupení fytoplanktonu



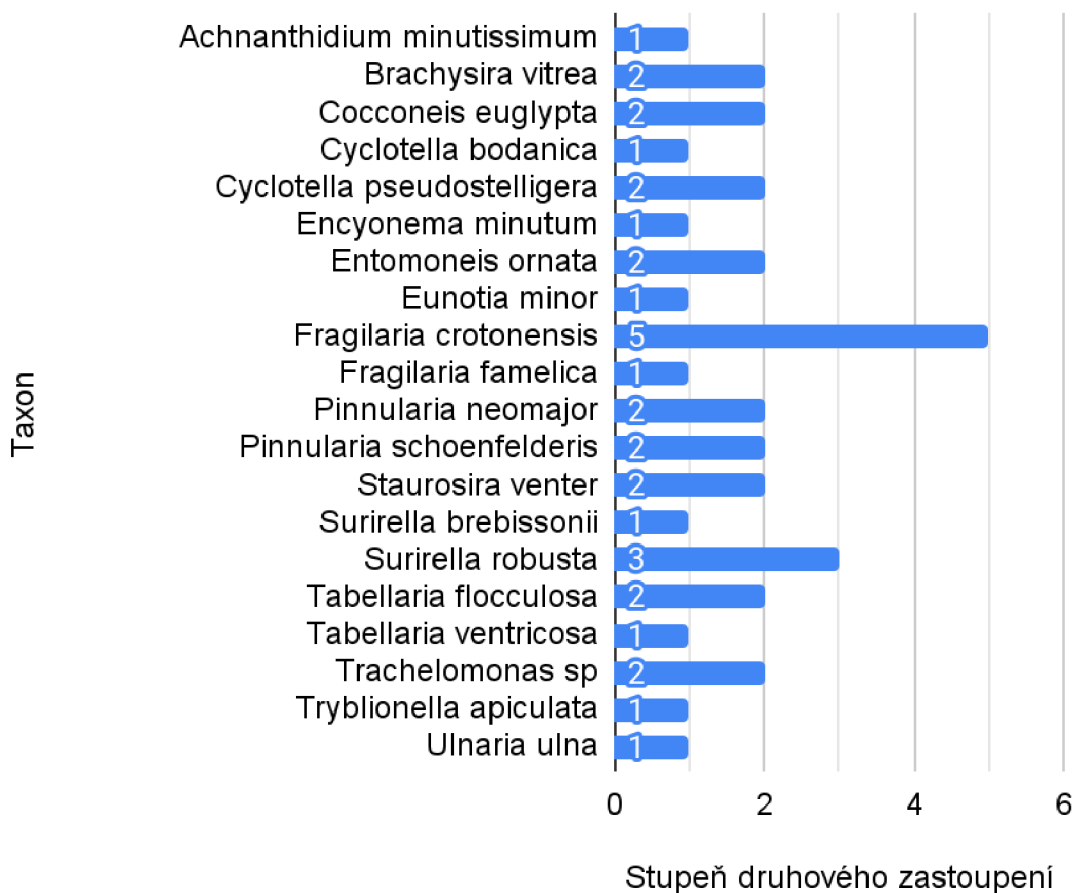
Graf 10: Složení vzorku ze 28.7.2022 (u přítoku, procentuální zastoupení)

### Zastoupení jedinců (počítací komůrka)



Graf 11: Složení vzorku ze 28.7.2022 (u přítoku, druhové zastoupení, počítací komůrka)

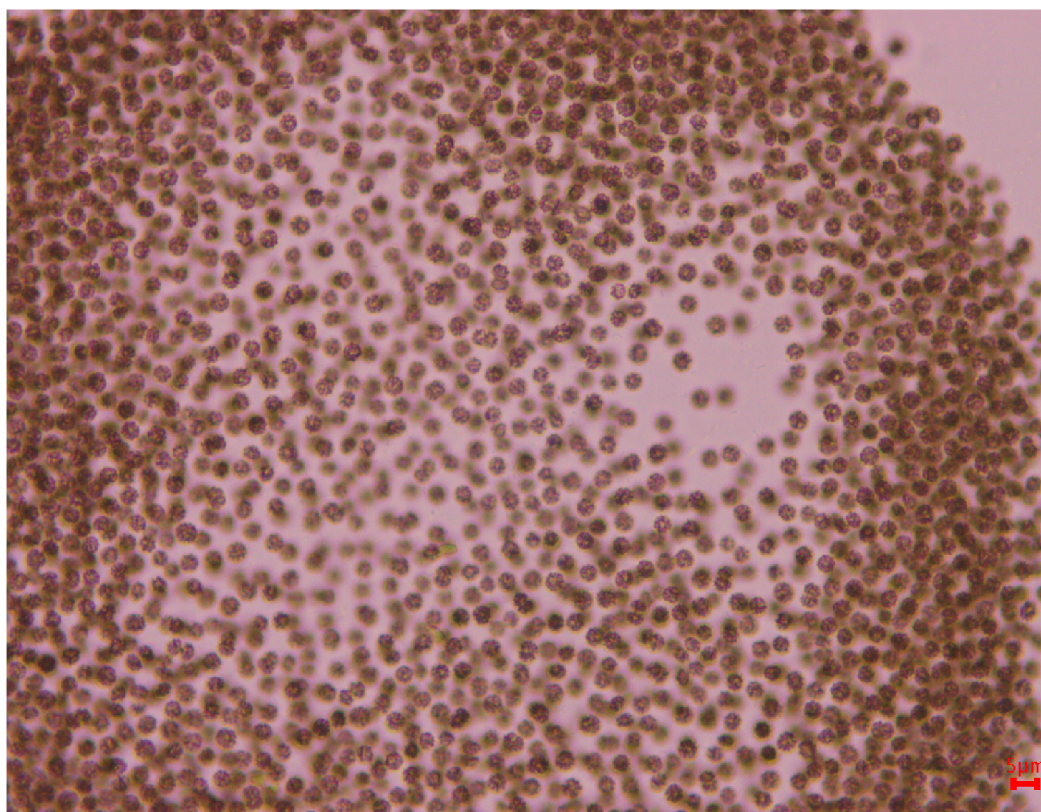
## Druhy rozsivek (analýza trvalého preparátu)



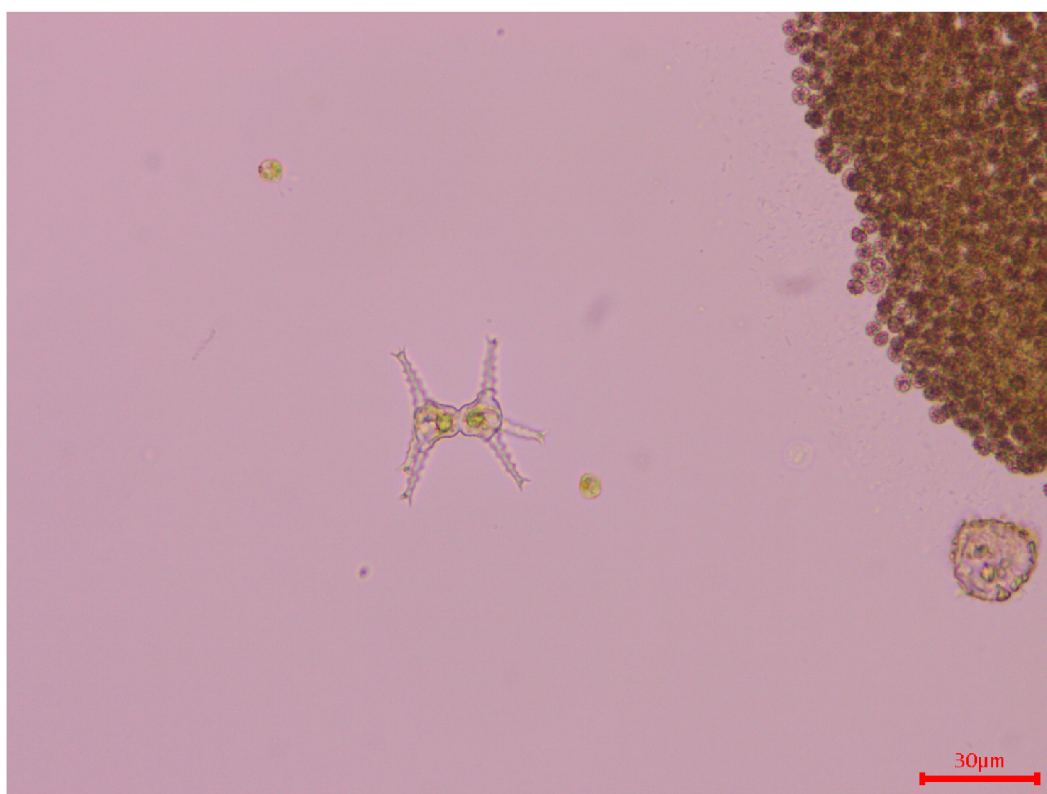
Graf 12: Složení vzorku ze 28.7.2022 (u přítoku, druhové zastoupení, vypálený vzorek)

Nalezené a vyfocené druhy fytoplanktonu a příležitostně zooplanktonu u hráze a u přítoku byly: *Microcystis flos-aquae*, obrázek [24], *Staurastrum pingue*, obrázek [25] a [26], *Staurastrum subavicula*, obrázek [26], *Woronichinia naegeliana*, obrázek [27], *Asterionella formosa*, obrázek [28] a [29], *Codonella sp.* (jedná se o nálevníka, nikoliv o řasu), obrázek [30], *Ceratium hirundinella*, obrázek [31], *Pseudopediastrum boryanum* [32], *Planktosphaeria gelatinosa*, obrázek [33], *Mallomonas sp.*, obrázek [34], *Pinnularia neomajor*, obrázek [35], *Closterium gracile*, obrázek [36] a [37], *Botryococcus neglectus*, obrázek [38], *Tabellaria flocculosa*, obrázek [39], *Cyclotella bodanica*, obrázek [40].

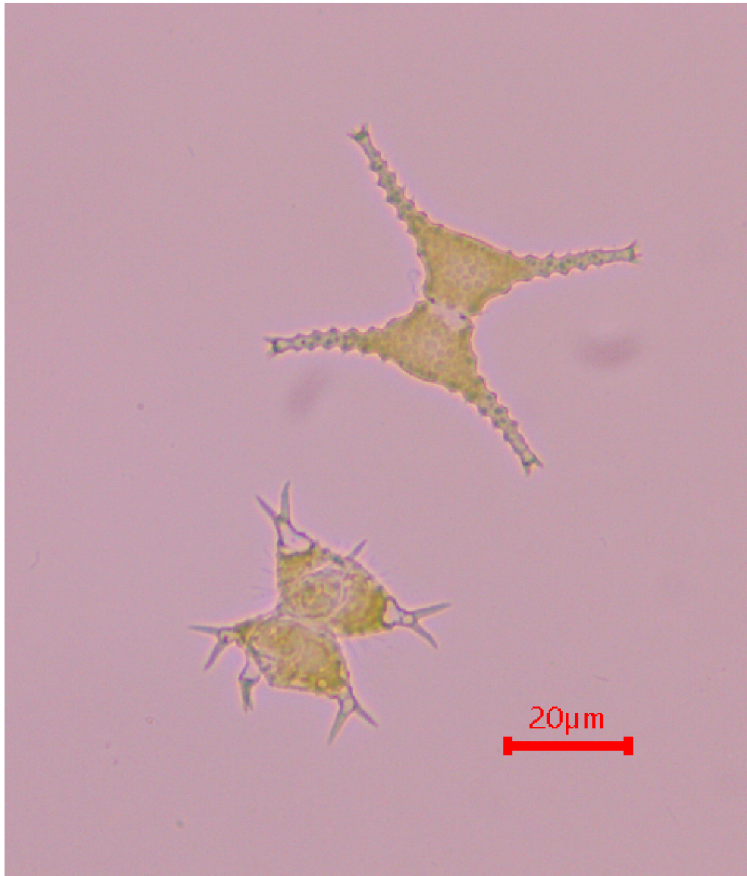
## Vizualizace fytoplanktonu



Obrázek 24: *Microcystis flos-aquae*



Obrázek 25: *Staurastrum pingue*



Obrázek 26: *Staurastrum subavicularia* (dole) a *Staurastrum pingue* (nahoře)



Obrázek 27: *Woronichinia naegeliana*



Obrázek 28: *Asterionella formosa*



Obrázek 29: *Asterionella formosa*



Obrázek 30: *Codonella* sp.

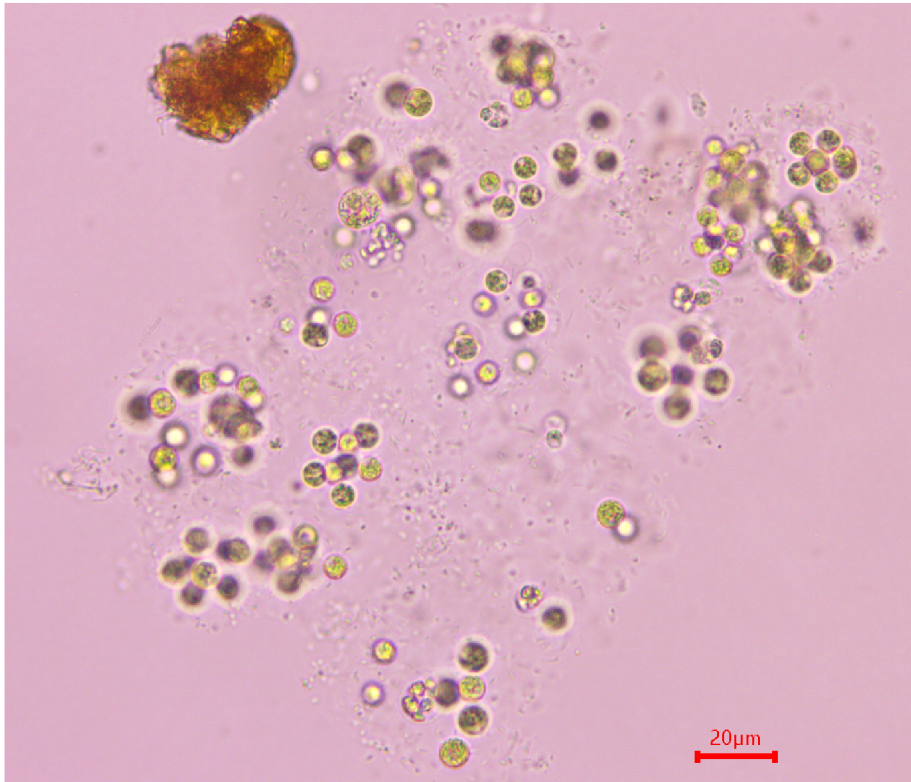


Obrázek 31: *Ceratium hirundinella*



Obrázek 32: *Pseudopediastrum boryanum*





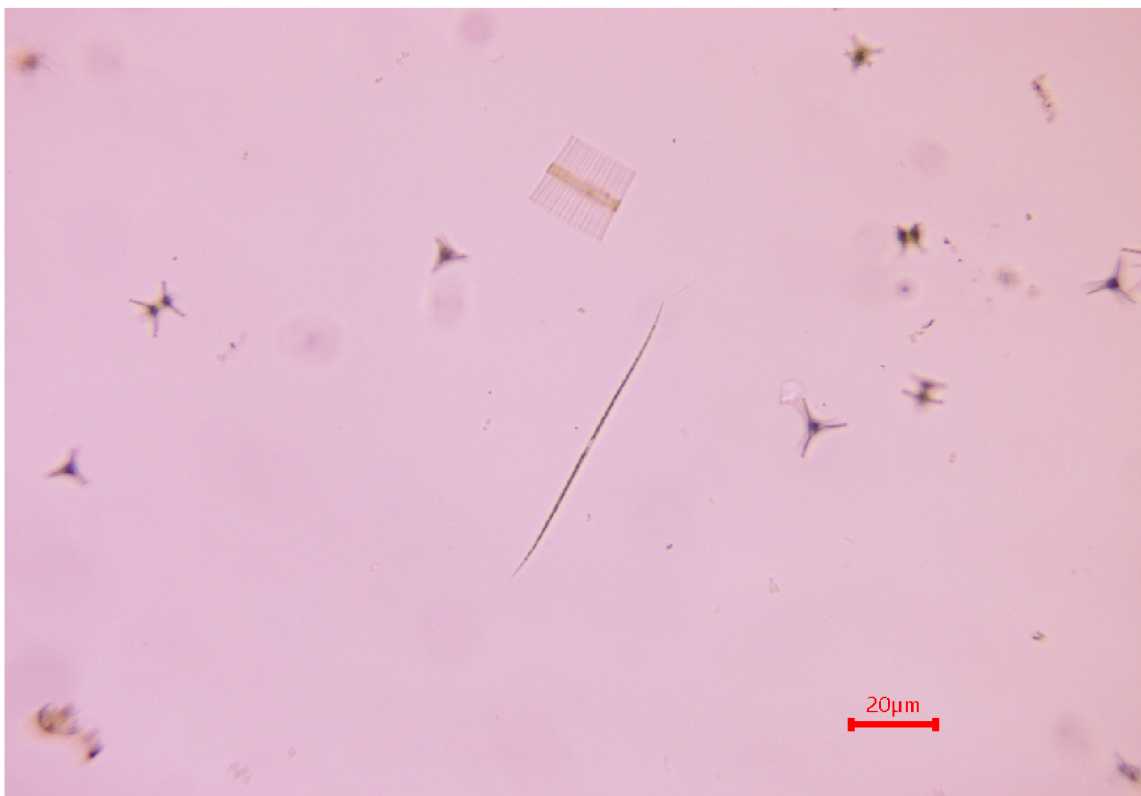
Obrázek 33: *Planktosphaeria gelatinosa*



Obrázek 34: *Mallomonas* sp.



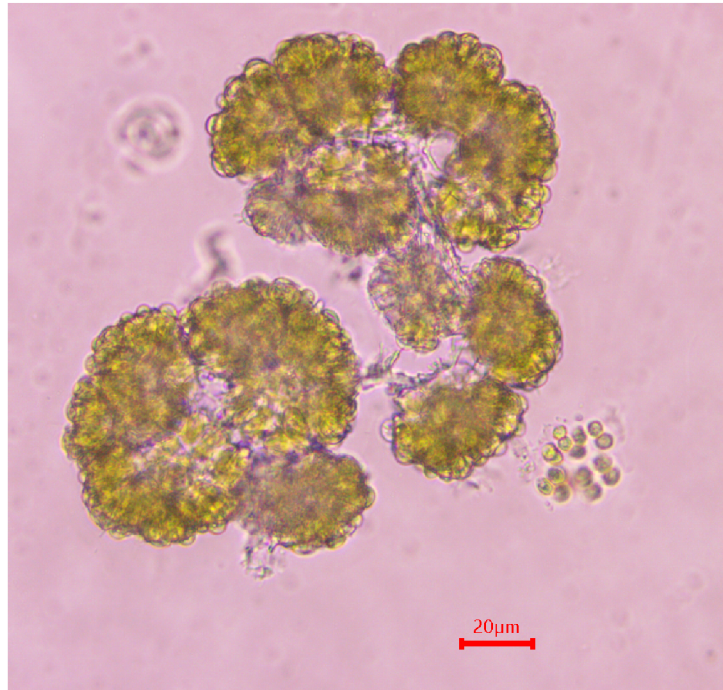
Obrázek 35: *Pinnularia neomajor*



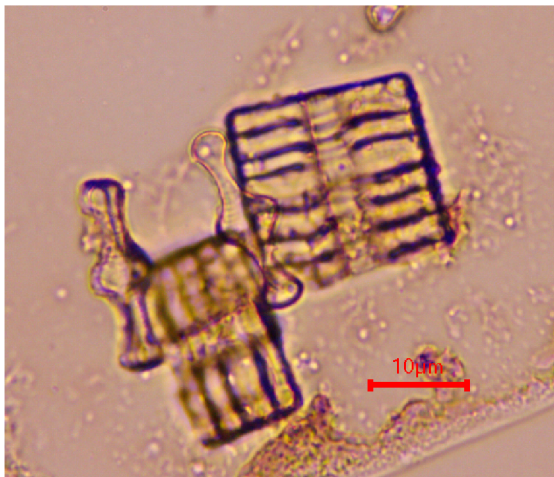
Obrázek 36: *Closterium gracile*



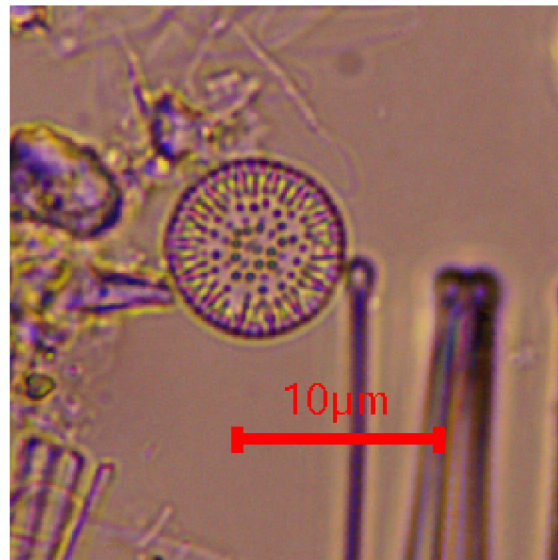
Obrázek 37: *Closterium gracile*



Obrázek 38: *Botryococcus neglectus*



Obrázek 39: *Tabellaria flocculosa*



Obrázek 40: *Cyclotella bodanica*

## Podzim

Třetí odběr proběhl 23.9.2022. Odebral se vzorek u hráze a poté vzorek blíže k přítoku. Pomocí WTW přístroje jsem naměřil pH, které dosahovalo 7,6 u hráze. U přítoku se pH dostalo na 7,5, což znamená že pH podmínky byly na místech skoro totožné. Kyslík ve vodě dosahoval u hráze  $9,2 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  a u přítoku  $9,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Teplota vody byla naměřena u hráze  $16,7 \text{ }^\circ\text{C}$  a u přítoku  $15,1 \text{ }^\circ\text{C}$ , tyto parametry se jen patrně lišily. Vodivost vody byla velice odlišná na dvou místech. Naměřena vodivost u hráze dosahovala  $380 \text{ }\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a u přítoku  $250 \text{ }\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . To také platilo s průhledností vody, kdy u hráze průhlednost vody dosahovala 1,5 m, ale u přítoku bylo vidět na dno, viz tabulka [3].

Při tomto odběru probíhalo vypouštění přehradní nádrže, díky tomu průhlednost vody může být u tohoto odběru zavádějící hlavně u místa přítoku, kde úbytek vody byl nejvíce poznat.

Datum:	23.9.2022	23.9.2022
Místo:	Tyč H	Tyč P
Počasí:	Slunečno	Slunečno
pH	7,6	7,5
Kyslík [mg/l]	9,2	9,5
Teplota [°C]	16,7	15,1
Vodivost [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	380	250
Průhlednost [m]	1,5	DNO

Tabulka 3: zápis dat z odběru 23.9.2022

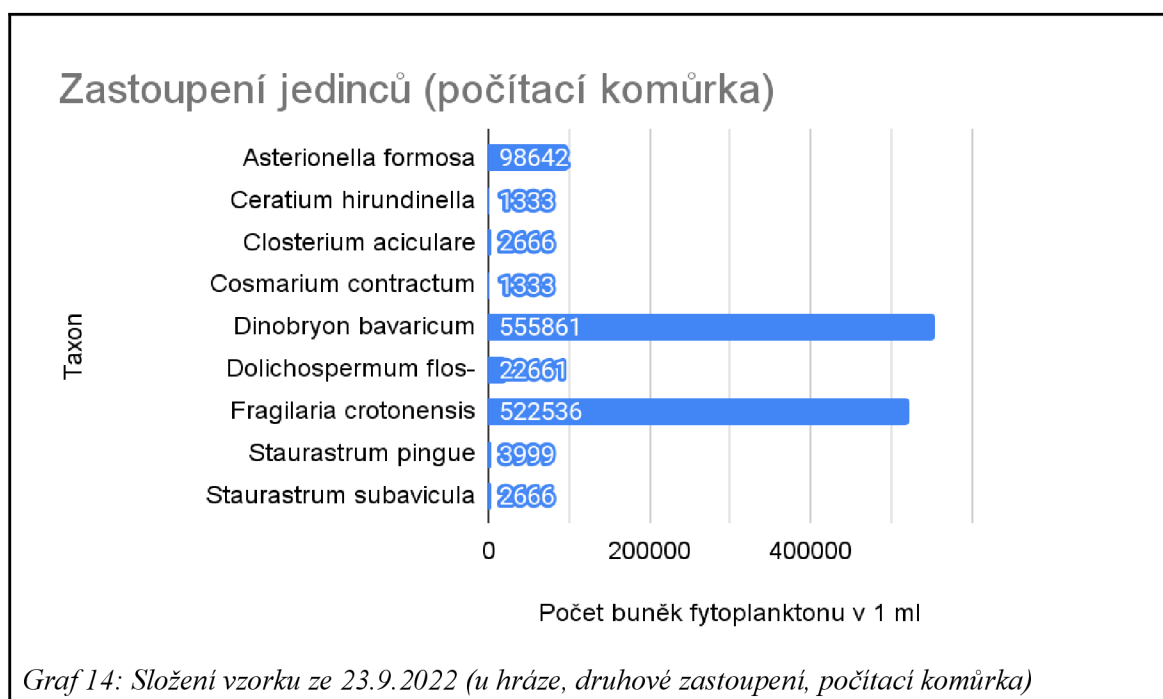
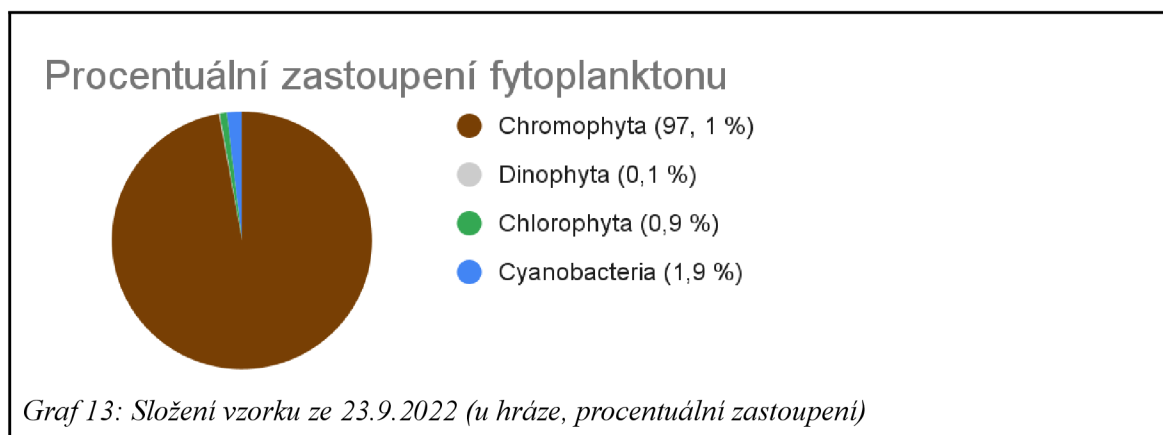
Po spočítání a determinaci druhu pomocí počítačící komůrky CYRUS I jsem zjistil, že u hráze převažovaly hnědé řasy (Chromophyta) oproti ostatním skupinám díky hojně zastoupené *Dinobryon bavaricum*, která byla zastoupena více jak 555 000 buňkami v 1 ml a díky hojně zastoupené *Fragilaria crotonensis*, která byla zastoupena více jak 522 000 buňkami v 1 ml, viz znázorněné na grafu [13] a [14]. Graf [13] dále znázorňuje procentuální zástup sinic (Cyanobacteria), jež byly zastoupeny druzí. Třetí, minimálně zastoupeny byly zelené řasy (Chlorophyta) a čtvrtí, nejméně zastoupeny byly obrněnky (Dinophyta), které se ve vzorku objevily vzácně.

U přítoku se procentuální zastoupení skupin projevilo jiné, narozdíl od vzorku u hráze, viz graf [16]. *Fragilaria crotonensis* byla v počtu  $543\,864 \text{ buněk}\cdot\text{ml}^{-1}$ , avšak bylo zde menší zastoupení *Dinobryon bavaricum* v počtu méně jak  $150\,000 \text{ buněk}\cdot\text{ml}^{-1}$  a objevily se sinice

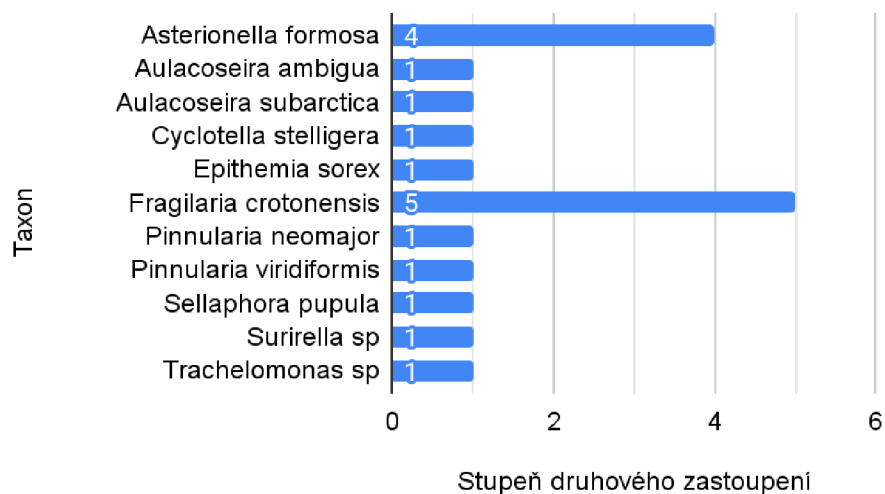
*Woronichinia naegeliana* v počtu více jak 180 000 buněk·ml<sup>-1</sup> a *Microcystis flos-aquae* v počtu více jak 290 000 buněk·ml<sup>-1</sup>, které se neobjevily ve vzorku u hráze, viz graf [14] a [17]. Avšak hnědé řasy (Chromophyta) i v tomto vzorku zůstávají dominanty. Ve vzorku u hráze a u přítoku byly hojně zastoupeny hnědé řasy (Chromophyta) *Fragilaria crotonensis* a *Dinobryon bavaricum*. U hráze se našlo konkrétně 1 211 697 buněk·ml<sup>-1</sup> fytoplanktonu a u přítoku se našlo konkrétně 1 215 696 buněk·ml<sup>-1</sup> fytoplanktonu.

V trvalém vzorku pro určování druhů rozsivek *Fragilaria crotonensis* byla nalezená v obou vzorcích, s 5. stupněm zastoupení u přítoku a 5. stupněm zastoupení u hráze, viz graf [15] a [18]. Dále byla nalezená *Asterionella formosa*, která se objevila v obou vzorcích, s 4. stupněm zastoupení u přítoku a 4. stupněm zastoupení u hráze, viz graf [15] a [18]. Vzorky byly odebrány při vypouštění přehradní nádrže.

### Zastoupení fytoplanktonu - hráz



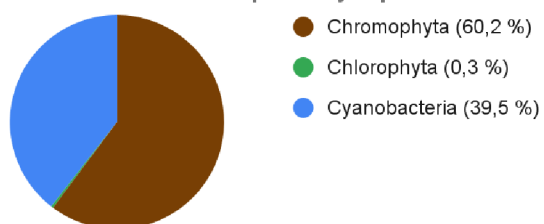
## Druhy rozsivek (analýza trvalého preparátu)



Graf 15: Složení vzorku ze 23.9.2022 (u hráze, druhové zastoupení, vypálený vzorek)

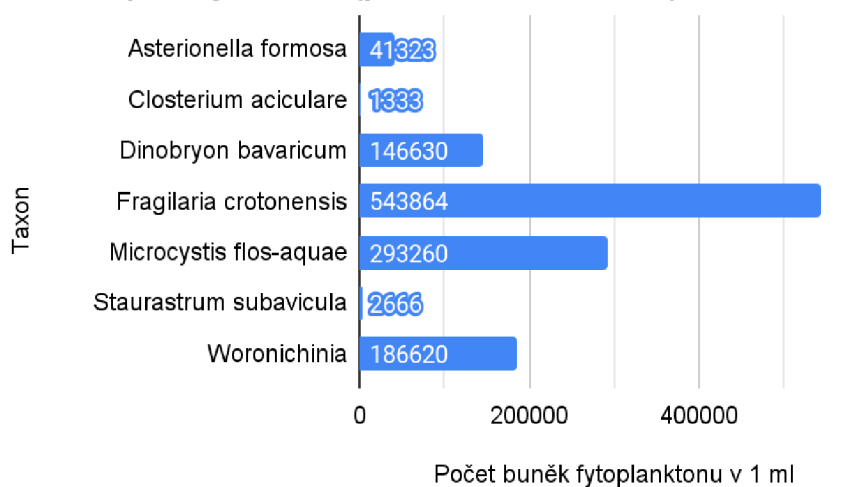
## Zastoupení fytoplanktonu - přítok

### Procentuální zastoupení fytoplanktonu

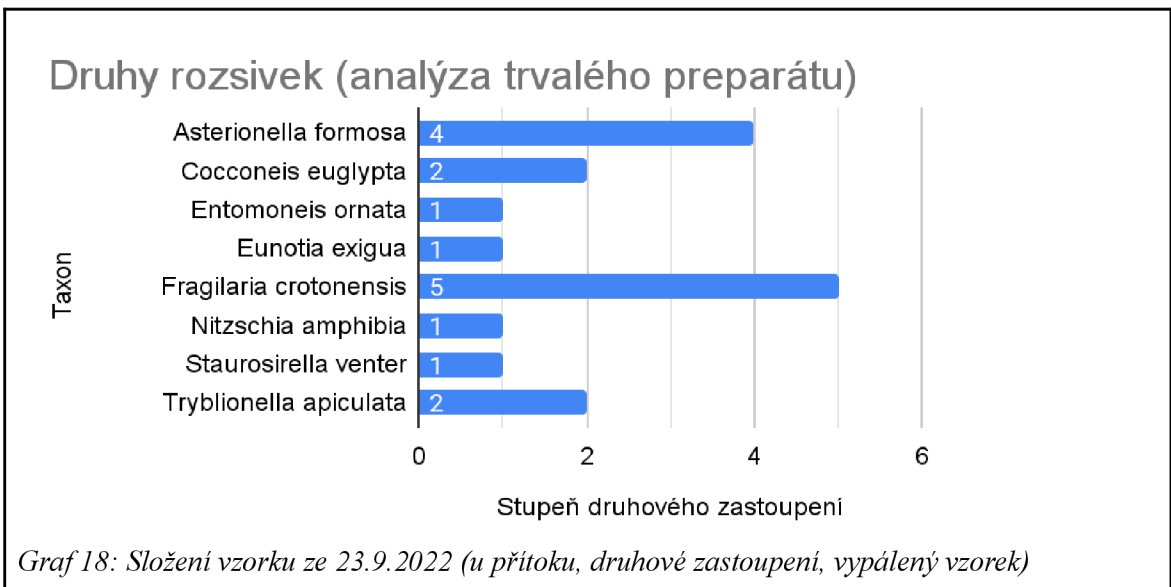


Graf 16: Složení vzorku ze 23.9.2022 (u přítoku, procentuální zastoupení)

## Zastoupení jedinců (počítací komůrka)



Graf 17: Složení vzorku ze 23.9.2022 (u přítoku, druhové zastoupení, počítací komůrka)



Nalezené a vyfocené druhy fytoplanktonu ve vzorku u hráze a u přítoku byly: *Staurastrum pingue*, obrázek [41], *Staurastrum subavicula*, obrázek [42], *Closterium aciculare*, obrázek [43], *Fragilaria crotonensis*, obrázek [44], *Dinobryon bavaricum*, obrázek [45], *Aulacoseira ambigua*, obrázek [46], *Tryblionella apiculata*, obrázek [47].

#### Vizualizace fytoplanktonu



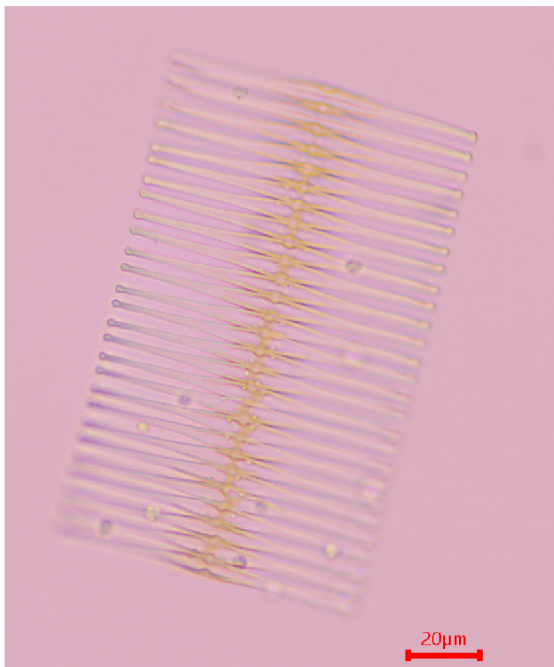
Obrázek 41: *Staurastrum pingue*



Obrázek 42: *Staurastrum subavicula*



Obrázek 43: *Closterium aciculare*

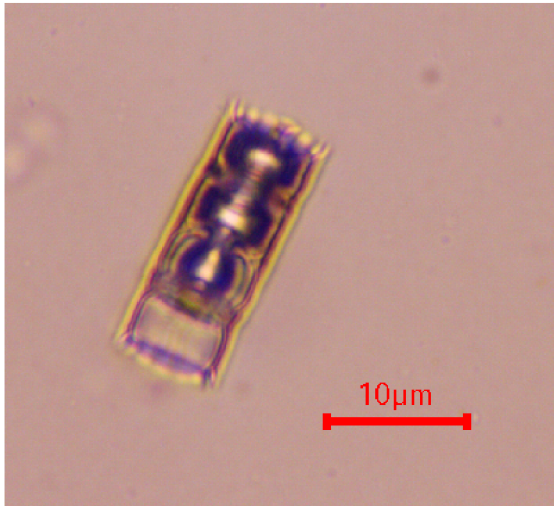


Obrázek 44: *Fragilaria crotonensis*

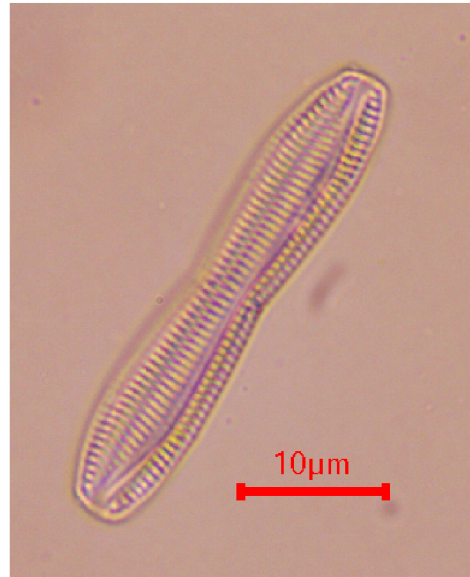


Obrázek 45: *Dinobryon bavaricum* (nahore) a *Staurostrum pingue* (dole)





Obrázek 46: *Aulacoseira ambigua*



Obrázek 47: *Tryblionella apiculata*

## Sezónní dynamika

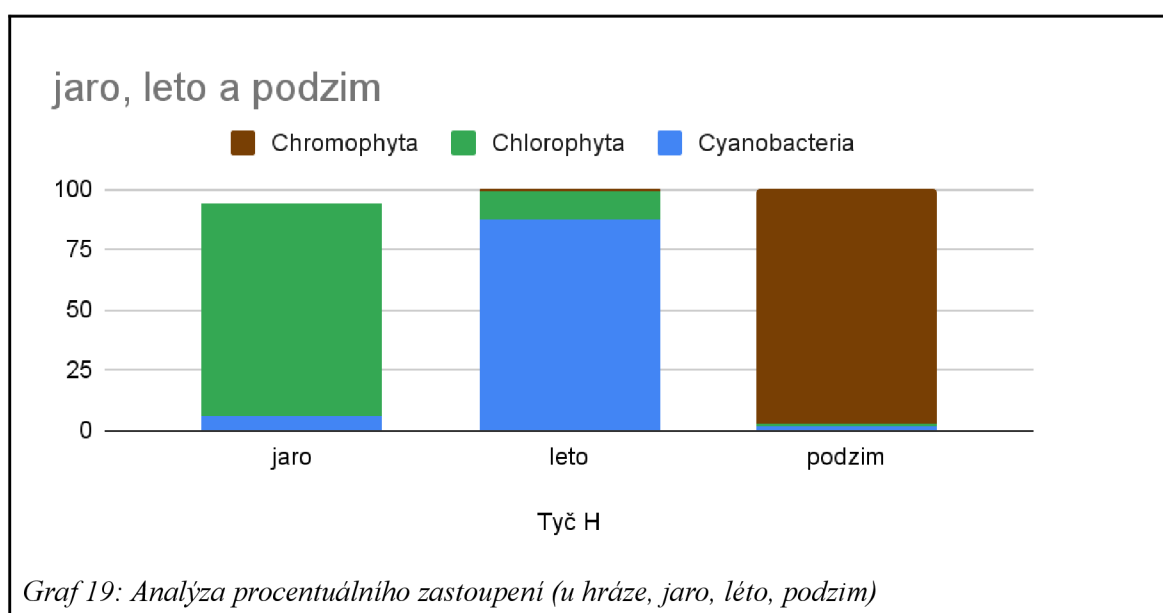
### Fytoplankton

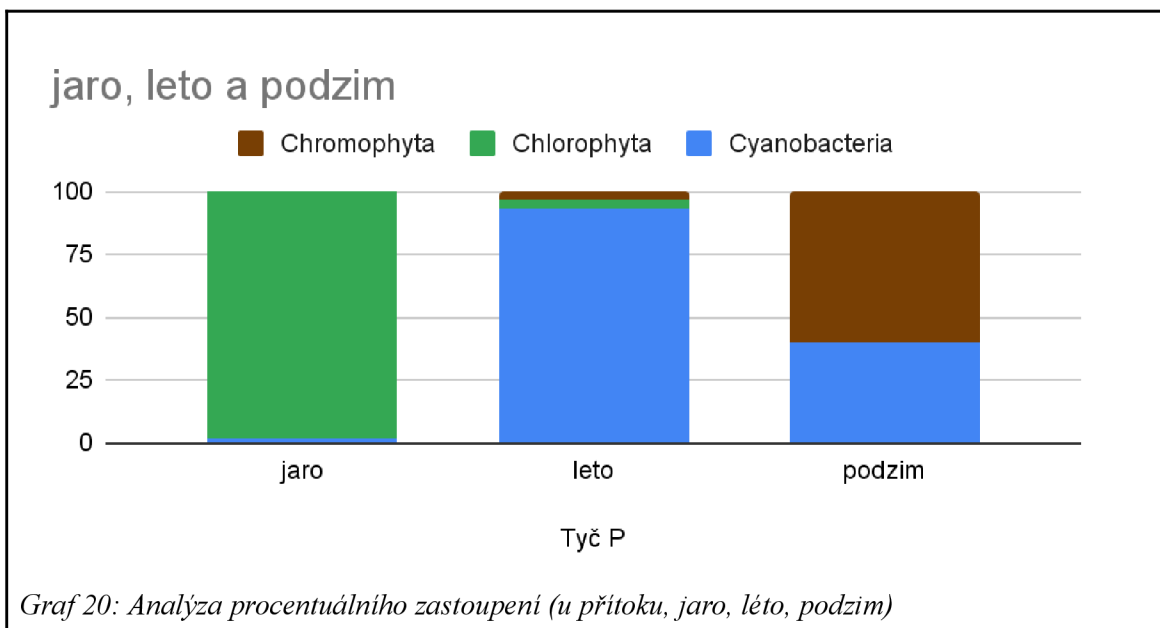
Po analýze všech vzorků, spočítané pomocí počítačí komůrky CYRUS I, jsem ze všech zjištěných dat vytvořil grafické znázornění sezónní dynamiky, viz graf [19] a [20].

Zjistil jsem, že zelené řasy (Chlorophyta) byly na jaře nejhojnější, u hráze se objevily v 88,8% zastoupení, u přítoku se objevily v 98% zastoupení. Zastoupení se velice snížilo v létě, kdy procenta dosahovala pod 20 %, u hráze bylo zastoupení 11,8% a u přítoku bylo zastoupení 2,9%. Na podzim se zelené řasy (Chlorophyta) objevily velice vzácně, byly nalezeny pouze v 0,9% zastoupení u hráze a pouze v 0,3% zastoupení u přítoku, kdy byl nalezen nejmenší zástup zelených řas (Chlorophyta), viz graf [19] a [20].

Sinice (Cyanobacteria) se na jaře objevily v malém procentuálním zastoupení, u hráze se objevily v 5,6% zastoupení a u přítoku se objevily v 2,0% zastoupení. Léto bylo pro sinice (Cyanobacteria) přívětivější, převládaly u hráze v 89,2% zastoupení a u přítoku byly v 93,6% zastoupení. Na podzim se jejich zástup zmenšil, u hráze byly zastoupeny v 1,9 % a u přítoku byly zastoupeny v 39,5 %, viz graf [19] a [20].

Hnědé řasy (Chromophyta) na jaře ve vzorcích u hráze ani u přítoku v počítačí komůrce CYRUS I nebyly nalezené. V létě byl zaznamenán malý nárůst zastoupení hnědých řas (Chromophyta), u hráze byly nalezené v 1,1% zastoupení a u přítoku byly nalezené v 3,4% zastoupení. Na podzim byl zaznamenán velký nárůst hnědých řas (Chromophyta), u hráze zastoupení vystoupalo až na 97,1 %, u přítoku zastoupení vystoupalo až na 60,2 %.





### Fyzikální veličiny

Všechny zapsané fyzikální stavy jsem graficky znázornil za každé období k lepšímu porovnání sezónní dynamiky, viz graf [21], [22], [23], [24] a [25].

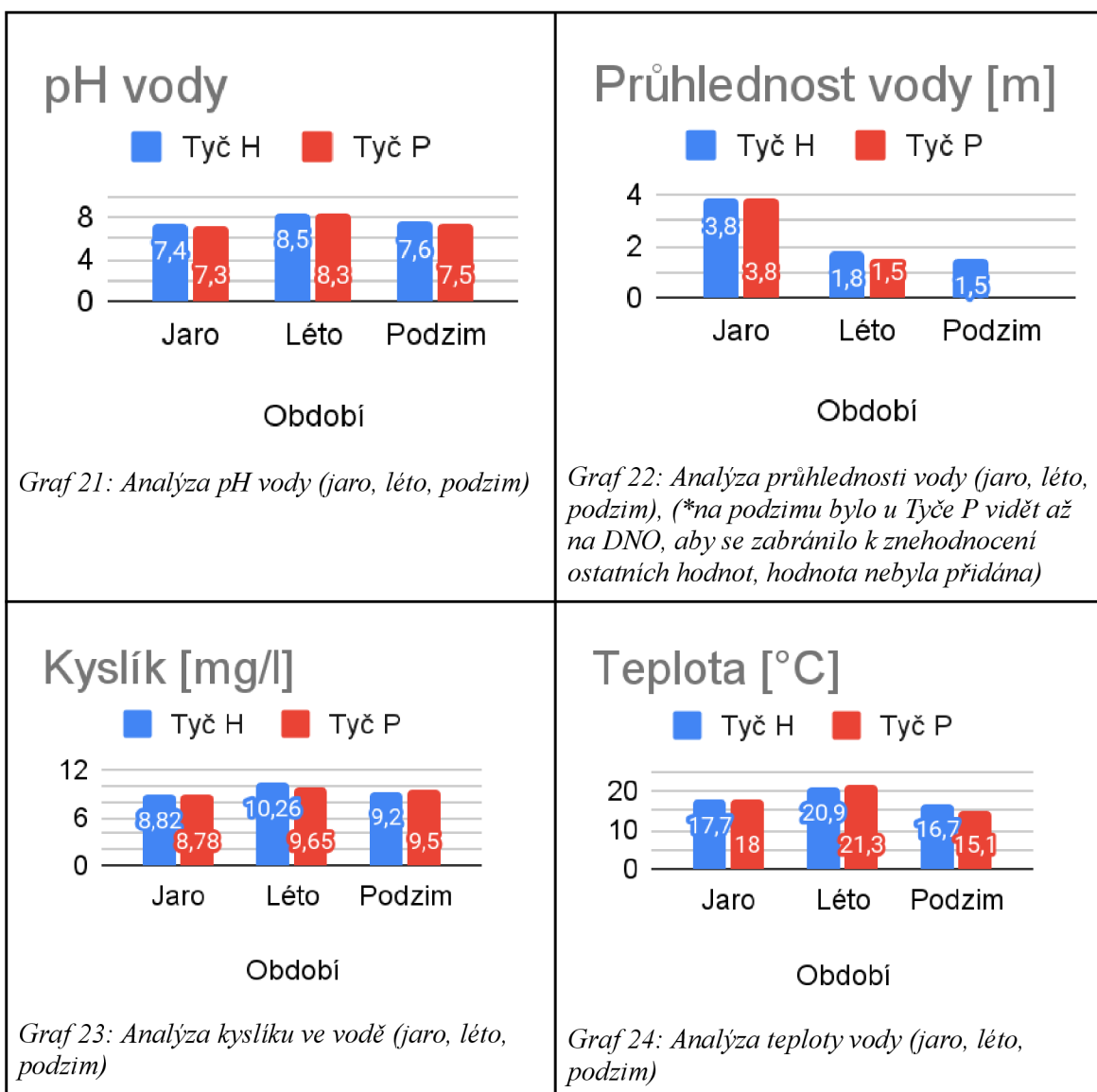
Zjistil jsem, že nejnižší hodnotu pH vody jsem naměřil na jaře u Tyče P, kde hodnota pH dosahovala 7,3. U Tyče H jsem naměřil 7,4 pH, což byla druhá nejnižší hodnota z odběrů. Při druhém odběru v létě se pH zvýšilo na nejvyšší hodnoty, co jsem za odběr odebral. Hodnota pH u Tyče H dosahovala 8,5, to byla nejvyšší hodnota a u Tyče P hodnota pH dosahovala 8,3, což byla druhá nejvyšší hodnota z odběrů. Na podzim bylo naměřeno u Tyče H 7,6 pH a u Tyče P bylo naměřeno 7,5 pH, hodnoty se projevíly podobné, jako na jaře, viz graf [21].

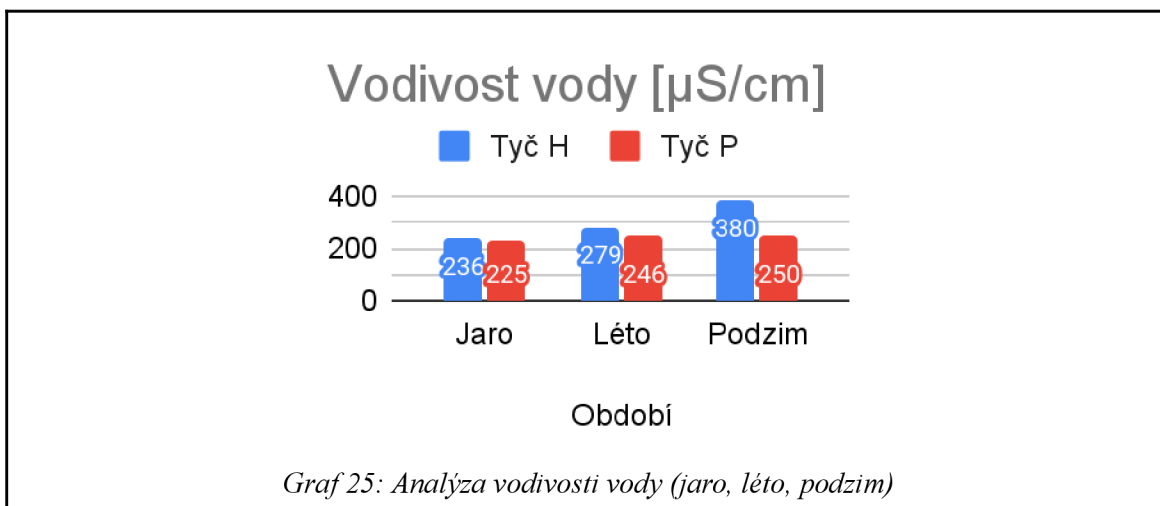
Dále jsem vyzkoušel, že nejvyšší hodnota průhlednosti vody byla na jaře, u hráze, tak u přítoku, bylo vidět až 3,8 m. Průhlednost vody se v létě snížila, u hráze bylo zjištěno 1,8 m a u přítoku bylo zjištěno 1,5 m průhlednosti vody. Na podzim byla zjištěna u hráze 1,5 m průhlednost a u přítoku byla průhlednost vody až na dno, viz graf [22].

Pokračujeme s hodnotami kyslíku, které se na jaře pohybovaly okolo  $8,8 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , u hráze se hodnota dostala na  $8,82 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , u přítoku se hodnota dostala na  $8,78 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Hodnota kyslíku ve vodě se zvýšila v létě. U hráze se hodnota kyslíku dostala až na  $10,26 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , což byla nejvyšší naměřená hodnota kyslíku z odběrů. U přítoku se hodnota kyslíku dostala na  $9,65 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , což byla druhá nejvyšší hodnota z odběrů. Na podzim se hodnota kyslíku dostala u hráze na  $9,2 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  a u přítoku se hodnota dostala na  $9,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , viz graf [23].

Dále jsem zjistil, že teplota vody na jaře u hráze měla 17,7 °C a u přítoku 18 °C. Teplota se zvýšila v létě, u hráze na 20,9 °C, což byla druhá nejvyšší teplota z odběrů a u přítoku na 21,3 °C, což byla nejvyšší teplota z odběrů. Na podzim jsem naměřil 16,7 °C u hráze a u přítoku jsem naměřil 15,1 °C, viz graf [24].

V neposlední řadě je na grafu [25] znázorněná vodivost vody. Na jaře vodivost u hráze dosahovala 236  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , u přítoku vodivost dosahovala 225  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Vodivost se patrně zvýšila v létě, kdy dosahovala u hráze 279  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , u přítoku dosahovala 246  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Na podzim byla naměřena nejvyšší vodivost u hráze, dosahovala až 380  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , u přítoku vodivost dosahovala pouhých 250  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , viz graf [25].





## Diskuse

Vzorky z jara, u hráze a u přítoku, byly chudé na přítomný fytoplankton. Po prohlédnutí všech sloupců počítačící komůrky jsem na sklíčku objevil jen malý počet buněk fytoplanktonu, naopak jsem zaznamenal velký počet zástupců zooplanktonu. Přes malý počet buněk fytoplanktonu převládaly zelené řasy (Chlorophyta), viz graf [19] a [20]. Dle mého usouzení probíhala fáze čiré vody. Přesto je z obou vzorků jasné, že na jaře byly zelené řasy dominantní. To velice potvrzuje PEG model zmiňující problematiku fáze čiré vody (Sommer et al. 2012), jenž byl zmíněný v kapitole Sezónní dynamika, v podkapitole Jaro. Dále můžeme zmínit, že v tomto období bylo naměřeno nejmenší pH u přítoku a největší průhlednost vody u obou míst za tři roční období, znázorněné na grafech [21] a [22]. Pokud se podíváme na grafy [23] a [25] zjistíme že v tomto období je také nejnižší množství kyslíku ve vodě a nejmenší vodivost vody. Obě tyto veličiny (pH a množství kyslíku) jsou spjaty s fotosyntézou fytoplanktonu. Naměřené hodnoty dobře ilustrují, že ve vodě bylo málo fytoplanktonu, protože s větší intenzitou fotosyntézy při větším množství fytoplanktonu roste v osluněných částech dne hodnota pH i množství kyslíku, což dokazuje i mnohem větší průhlednost vody. Zvláštní zajímavostí je, že na jaře ve vzorku u hráze se objevila hojně hnědá řasa (Chromophyta) *Aulacoseira ambigua*, ale u přítoku se neobjevila.

V létě dominují sinice, jak můžeme vidět na grafech [19] a [20]. Tyto vzorky už obsahovaly větší počet buněk než na jaře, například *Microcystis flos-aquae*, která byla zastoupena u hráze, viz graf [8] a u přítoku, viz graf [11], dosáhla největší početnosti buněk a to 1 053 070 buněk·ml<sup>-1</sup> u hráze a 1 253 020 buněk·ml<sup>-1</sup> u přítoku. Vzorky prokazují na obou místech dominanci sinic, která nastává pravděpodobně díky limitaci živin ve vodě pro zelené řasy a hnědé řasy, které ve vzorcích měly malé procento

zastoupení. Toto pozorování opět souhlasí s PEG modelem zmiňujícím problematiku změny biodiverzity na základě vyčerpání limitujících prvků (Sommer et al. 2012). V tomto období za zmínku stojí, že byla naměřena nejvyšší hodnota kyslíku ve vodě, jak je znázorněné na grafu [23]. To pravděpodobně souvisí s velkým počtem buněk fytoplanktonu, kteří během odběru fotosyntetizovali, tím vznikal kyslík. Velice zajímavý výsledek ukazuje porovnání vypáleného vzorku z obou míst. Ve vzorku, blíže přítoku, bylo nalezeno dvakrát více druhů hnědých řas (Chromophyta), viz graf [9] a [12]. Na místech se projevuje malý rozdíl ve vodivosti, který značí na malý rozdíl salinity vody. To by mohlo vysvětlovat mnohem větší druhovou rozmanitost a tak malý zástup buněk fytoplanktonu, jak bylo již zmíněno v kapitole Vliv klimatických změn, rozsivky jsou na salinitu citlivé.

Na podzim u hráze převládaly hnědé řasy a u přítoku bylo zaznamenáno zvýšené zastoupení hnědých řas na úkor sinic, viz graf [19] a [20]. Nakonec i tento vzorek souhlasí s PEG modelem zmiňující dominantní hnědé řasy v tomto období na základě limitujícího světelného záření, které omezilo většinu skupin (Sommer et al. 2012). Nadále byly zjištěny zvláštní hodnoty vodivosti vody, které se lišily na místech o  $130 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a průhlednost vody, kdy bylo vidět až na dno u přítoku, viz graf [22] a [25]. Při nižší vodivosti vody, která byla velice podobná letním hodnotám u přítoku vzorek nevykazuje bohatost druhů hnědých řas (Chromophyta), jako to bylo v letním odběru. Příčina může být, že salinita v minulém případě neměla vliv na mnohem větší diverzitu ve vzorku nebo druhy byly náchylné na jiné faktory, které znemožnily růst i přes nízkou vodivost vody. Můžeme zmínit teplotu vody, která se liší až cca o  $5^\circ\text{C}$ , popřípadě malá patrná změna v pH. Dále příčina může být vysoká aktivita predátorů, díky snížené rybí predaci a v neposlední řadě tyto hodnoty mohou být zavádějící díky faktu, že nádrž byla při odběru vypouštěna, což mohlo způsobit dočasné změny, které by se nestaly, nebýt vypouštění přehradní nádrže.

Pro porovnání nalezených rozsivek mohu zmínit bakalářskou práci kolegyně Radky Němečkové na téma: Vertikální distribuce bentických rozsivek v přehradě Harcov, která tvořila taktéž trvalé preparáty pro determinaci rozsivek. Její odběry byly ve stejný čas a na stejném místě, jako mé s výjimkou, že kolegyně odebírala nárostové vzorky a já planktonní vzorky. Tyto vzorky odebírala z určitých hloubek (u hladiny, v 1, 2, 3, a 3,5 metrech). Na jaře u hráze jsme oba našli rozsivku rodu *Fragilaria*, avšak v mém vzorku se objevila *Fragilaria crotonensis* a v jejím vzorku *Fragilaria nanana*, která se objevila v každé hloubce v zastoupení více jak 50 % (zastoupení v hloubkách od nejnižší po nejvyšší, 69 %,

58 %, 63 %, 88 %, 68 %). V mém vzorku se *Fragilaria crotonensis* objevila v zastoupení 54 %. Na jaře u přítoku jsme oba objevily stejné rozsivky a to konkrétně *Gomphonema acuminatum* a *Tabellaria flocculosa*. Také jsme narazili na stejný rod *Fragilaria*, avšak druhy se lišily stejně jako u hráze. *Fragilaria nanana*, která se objevila ve vzorcích kolegyně, byla v každém vzorku zastoupena více jak 25 % (zastoupení v hloubkách od nejnižší po nejvyšší, 26 %, 43 %, 44 %, 77 %, 57 %). V mém vzorku se *Fragilaria crotonensis* objevila v zastoupení 80,6 %. *Tabellaria flocculosa* se projevila v mém vzorku u přítoku v zastoupení 13,4 %. U kolegyně se *Tabellaria flocculosa* projevila patrně nad 1 %, s výjimkou hladiny (zastoupení v hloubkách od nejnižší po nejvyšší, 16 %, 3 %, 4 %, 6 %, 0,9 %). V neposlední řadě *Gomphonema acuminatum* se objevila velmi zřídka v mém vzorku (zastoupení v 1,6 %) i ve vzorcích kolegyně kolem 1 %.

V létě u hráze, jsme oba našli rozsivku rodu *Fragilaria*, avšak druhy se lišily stejně jako na jaře. Dále jsme oba objevily stejnou rozsivku, konkrétně *Tabellaria flocculosa*. *Tabellaria flocculosa* se objevila dost hojně v mém vzorku (zastoupení v 14,3 %) a ve vzorcích kolegyně kolem 1 %, až na výjimku v hloubce 3,5 m, kde byla nalezena až v 11% zastoupení. *Fragilaria nanana*, která se objevila ve vzorcích kolegyně, byla v každém vzorku zastoupena méně jak 15 % (zastoupení v hloubkách od nejnižší po nejvyšší, 3 %, 1 %, 6 %, 10 %, 14 %). V mém vzorku se rozsivka *Fragilaria crotonensis* objevila v zastoupení 74,3 %. V létě u přítoku, jsme oba našli rozsivku rodu *Fragilaria*, avšak druhy se lišily stejně jako na jaře. Také jsme našli rozsivku rodu *Ulnaria*, avšak kolegyně našla druh *Ulnaria acus*, v mém vzorku se objevil druh *Ulnaria ulna*. Dále jsme oba objevili stejné rozsivky, konkrétně *Achnantheidium minutissimum*, *Brachysira vitrea* a *Tabellaria flocculosa*. *Achnantheidium minutissimum*, která se objevila ve vzorcích kolegyně, byla v každém vzorku zastoupena více jak 40 % (zastoupení v hloubkách od nejnižší po nejvyšší, 49 %, 79 %, 71 %, 72 %, 44 %). V mém vzorku se *Achnantheidium minutissimum* objevila v zastoupení 0,7 %. *Brachysira vitrea*, která se objevila ve vzorcích kolegyně, byla v každém vzorku zastoupena méně jak 25 % (zastoupení v hloubkách od nejnižší po nejvyšší, 22 %, 11 %, 15 %, méně jak 1 %, méně jak 1 %). V mém vzorku se *Brachysira vitrea* objevila v zastoupení 1,1 %. V neposlední řadě *Tabellaria flocculosa* se objevila velmi zřídka v mém vzorku (zastoupení v 2,5 %) i ve vzorcích kolegyně kolem 1 %. *Fragilaria nanana*, která se objevila ve vzorcích kolegyně, byla v každém vzorku zastoupena méně jak 30 % (zastoupení v hloubkách od nejnižší po nejvyšší, 4 %, 3 %, 2 %, 17 %, 26 %). V mém vzorku se *Fragilaria crotonensis* objevila v zastoupení 72,4 %. Na podzim u hráze, jsme oba našli rozsivku rodu *Cyclotella*, avšak v mém vzorku se nacházela

*Cyclotella stelligera*, tak ve vzorku kolegyně se nacházela *Cyclotella balatonis*. Dále jsme oba objevily stejnou rozsivku, konkrétně *Fragilaria crotonensis*. *Fragilaria crotonensis* se objevila velmi hojně v mém vzorku (zastoupení v 67,5 %) a ve vzorcích kolegyně v zastoupení méně jak 1 %, výjimkou byla hladina, kde se objevila v zastoupení 2 %. Dále se u kolegyně také objevila *Fragilaria nanana*, byla v každém vzorku zastoupena kolem 1 %. Na podzim u přítoku, jsme oba našli rozsivku rodu *Nitzschia*, avšak v mém vzorku se nacházela *Nitzschia amphibia*, tak ve vzorku kolegyně se nacházela *Nitzschia palea*. Dále jsme oba objevili stejnou rozsivku, konkrétně *Fragilaria crotonensis*. *Fragilaria crotonensis* se objevila velmi hojně v mém vzorku (zastoupení v 57,9 %) a ve vzorcích kolegyně v zastoupení méně jak 1 %, výjimkou byla hloubka 3,5 m, kde se objevila v zastoupení 2 %. Dále se u kolegyně také objevila *Fragilaria nanana*, byla v každém vzorku zastoupena kolem 1 %. Z našich výsledků můžeme usuzovat, že planktonní druhy rozsivek se mohou vyskytovat i mezi nárostem a naopak v nárostu se zachycují i planktonní druhy.

Další práci pro porovnání diverzity jsem si vzal bakalářskou práci Natálie Coufalové na téma: Sezónní dynamika a diverzita fytoplanktonu dvou antropogenních jezer u Příšovic se vztahem k přítomnému zooplanktonu (2022). S autorkou jsme se shodli, že sinice byly nejpočetnější v létě, viz graf [19] a [20] a také částečně na tom, že sinice byly nejméně zastoupené na podzim. Díky tomu že sinice byly nejméně početnější na podzim v mém vzorku u hráze, avšak v mém vzorku u přítoku byly mnohem početněji zastoupeni než zelené řasy. To ovšem může zkreslovat fakt, že v době mého odběru se vypouštěla přehrada, viz graf [19] a [20]. Dále jsme se shodli v rodech nalezených jedinců, například autorka a já jsme ve vzorcích objevily rod *Aulacoseira*, *Dinobryon*, *Fragilaria*, *Nitzschia* a *Trachelomonas*, viz graf [2], [3], [5], [6], [8], [9], [11], [12], [14], [15], [17] a [18], avšak druhy byly poměrně jiné, což může mít na svědomí, že autorka vzorky brala z jezer, ovšem já mám vzorky z přehrady nebo díky zcela různým podmínkám ve vodě, jako jsou živiny, fyzicky-chemické vlastnosti vody a odlišný ekosystém rybníka a přehrady.

V neposlední řadě jsem pro porovnání své práce vzal bakalářskou práci Tomáše Fabíka s názvem Rybník Vajgar a jeho fytoplankton (2019). Práce se opět shoduje s tendencí nejvyššího zastoupení sinic v létě. Navíc autor našel stejný rod sinice, která se objevila i v mém vzorku, konkrétně *Microcystis*, kterou našel až v létě, protože dle jeho slov, na jaře pro ni byla voda ještě příliš chladná. Což by dokazovala i moje práce, kdy na jaře se sinice *Microcystis flos-aquae* vůbec neukázala, avšak v létě ve vzorkách byla nejpočetnější z fytoplanktonu a na podzim, kdy byla voda opět studená se neukázala. Nalezené jedinci se



opět shodují v rodech, například autor našel rody, konkrétně *Microcystis*, *Asterionella*, *Staurastrum* a *Dinobryon*. Dále autor konstatuje, že fytoplankton na jaře nebyl tak diverzifikovaný, jako v létě, tím bychom mohli usoudit, že první odběry také proběhly ve fázi čiré vody.

## Závěr

Nejzastoupenějším druhem napočítaný přes počítačí komůrku je sinice *Microcystis flos-aquae*, avšak pouze pro léto, jelikož na jaře ani na podzim nebyla nalezena. Na jaře byla dominantní zelená řasa (Chlorophyta) *Chlorangiella polychlora*. Je to z toho důvodu, že během jarního odběru byla fáze čiré vody a ve vzorku bylo velké množství jedinců zooplanktonu, na jejichž schránkách byla *Chlorangiella polychlora* přichycena. Jedná se totiž o epizoický (přichycený na povrchu živočichů) druh. Na podzim byla dominantní rozsivka *Fragilaria crotonensis*. Výsledky odběrů se nijak nelišily od PEG modelu (Sommer et al. 2012).

Díky vyhodnocení výsledku z trvalých preparátů určených pro determinaci rozsivek lze konstatovat, že dominantním druhem rozsivek byla *Fragilaria crotonensis*, která byla ve všech vzorcích dominantní. Zmíněné dominantní skupiny v určitém ročním období se projeví ve vzorkách, které jsou zaznamenány v grafech [3], [6], [9], [12], [15] a [18]. Při analýze rozsivek z trvalých preparátů jsem objevil větší počet druhů, než tomu bylo při analýze pomocí počítačí komůrky Z. CYRUS. Z toho lze vyvodit, že vyhodnocování rozsivek z trvalých preparátů je vhodnější na stanovení celkového počtu druhů. Touto metodou ale nelze stanovit jejich početnost, ale jen početnost relativní, kdy se stanoví relativní zastoupení přítomných druhů rozsivek.

Naučil jsem se, jak zacházet se vzorky, jak takové vzorky odebírat a také, jak je vyhodnotit. Mohu s jistotou napsat, že jsem nabyl vědomostí ohledně fytoplanktonu. Jsem tak více obeznámen s jejich problematikou, kladným přínosem, tak negativními účinky pro naši společnost.

## Seznam použitých zdrojů

BAHAREH NOWRUZI, Nouredine BOUAÏCHA, James S. METCALF, Samaneh Jafari PORZANI a Ozcan KONUR, 2021. Plant-cyanobacteria interactions: Beneficial and harmful effects of cyanobacterial bioactive compounds on soil-plant systems and subsequent risk to animal and human health. *Phytochemistry* [online]. **192**, 112959. ISSN 00319422. Dostupné z: doi:[10.1016/j.phytochem.2021.112959](https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2021.112959)

BEJČKOVÁ, Karolína, 2019. *Vliv změny klimatu na teplotní stratifikaci vodních nádrží Josefův Důl a Souš*. 2019.

BREED, Michael Dallam a Janice MOORE, 2010. *Encyclopedia of animal behavior*. Amsterdam Boston Paris: Elsevier Academic Press. ISBN 978-0-08-045337-8.

COUFALOVÁ, Natália, 2022. *Sezónní dynamika a diverzita fytoplanktonu dvou antropogenních jezer u Příšovic se vztahem k přítomnému zooplanktonu*.

CATHERINE, Quiblier, Wood SUSANNA, Echenique-Subiabre ISIDORA, Heath MARK, Villeneuve AURÉLIE a Humbert JEAN-FRANÇOIS, 2013. A review of current knowledge on toxic benthic freshwater cyanobacteria – Ecology, toxin production and risk management. *Water Research* [online]. **47**(15), 5464–5479. ISSN 00431354. Dostupné z: doi:[10.1016/j.watres.2013.06.042](https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.06.042)

DURAS, Jindřich, 2020. *Uteče to jako voda: kniha o zadržování vody v krajině*. První vydání. Plzeň: Petr Sicking. ISBN 978-80-270-8609-2.

FABÍK, Tomáš, 2019. *Rybník Vajgar a jeho fytoplankton*.

FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, Cristina a Emilio MARAÑÓN, 2021. Effect of temperature on the unimodal size scaling of phytoplankton growth. *Scientific Reports* [online]. **11**(1), 953. ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:[10.1038/s41598-020-79616-0](https://doi.org/10.1038/s41598-020-79616-0)

GIBAUD, A., J. VILLANOVA, O. CHERKAS, A. BULOUE, L. Kamtcheu OUANSSI, A. MCHEIK, S. CASSAIGNON, P.J. LOPEZ a S. BERTHIER, 2019. Analysis of diatoms by holotomography. *Surfaces and Interfaces* [online]. **17**, 100358. ISSN 24680230. Dostupné z: doi:[10.1016/j.surfin.2019.100358](https://doi.org/10.1016/j.surfin.2019.100358)

HARVEY, Elizabeth L., Kay D. BIDDLE a Matthew D. JOHNSON, 2015. Consequences of strain variability and calcification in *Emiliana huxleyi* on microzooplankton grazing. *Journal of Plankton Research* [online]. fbv081. ISSN 0142-7873, 1464-3774. Dostupné z: doi:[10.1093/plankt/fbv081](https://doi.org/10.1093/plankt/fbv081)

HENSON, Stephanie A., B. B. CAEL, Stephanie R. ALLEN a Stephanie DUTKIEWICZ, 2021. Future phytoplankton diversity in a changing climate. *Nature Communications* [online]. **12**(1), 5372. ISSN 2041-1723. Dostupné z: doi:[10.1038/s41467-021-25699-w](https://doi.org/10.1038/s41467-021-25699-w)

HUO, Shouliang, Hanxiao ZHANG, Chunzi MA, Beidou XI, Jingtian ZHANG, Zhuoshi HE, Xiaochuang LI a Fengchang WU, 2019. Algae community response to climate change and nutrient loading recorded by sedimentary phytoplankton pigments in the Changtan Reservoir, China. *Journal of Hydrology* [online]. **571**, 311–321. ISSN 00221694. Dostupné z: doi:[10.1016/j.jhydrol.2019.02.005](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.02.005)

CHENG, Lijing, Kevin E. TRENBERTH, Nicolas GRUBER, John P. ABRAHAM, John T. FASULLO, Guancheng LI, Michael E. MANN, Xuanming ZHAO a Jiang ZHU, 2020. Improved Estimates of Changes in Upper Ocean Salinity and the Hydrological Cycle. *Journal of Climate* [online]. **33**(23), 10357–10381. ISSN 0894-8755, 1520-0442. Dostupné z: doi:[10.1175/JCLI-D-20-0366.1](https://doi.org/10.1175/JCLI-D-20-0366.1)

KAŠTOVSKÝ, Jan a kolektiv. Atlas sinic a řas ČR 1. Praha: powerprint, 2018. 384 s. ISBN 978-80-7568-071-6.

KAŠTOVSKÝ, Jan a kolektiv. Atlas sinic a řas ČR 2. Praha: powerprint, 2018. 480 s. ISBN 978-80-7568-125-6.

KRAMMER, Kurt and LANGE-BERTALOT, Horst. Bacillariophyceae Teil 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Spektrum Akademischer Verlag, 2008), ISBN 3827419875.

LEAVITT, P. R., D. L. FINDLAY, R. I. HALL a J. P. SMOL, 1999. Algal responses to dissolved organic carbon loss and pH decline during whole-lake acidification: Evidence from paleolimnology. *Limnology and Oceanography* [online]. **44**(3part2), 757–773. ISSN 00243590. Dostupné z: doi:[10.4319/lo.1999.44.3\\_part\\_2.0757](https://doi.org/10.4319/lo.1999.44.3_part_2.0757)

LEE, Robert Edward, 2018. Phycology. Fifth edition. New York, NY: Cambridge University Press. ISBN 978-1-107-55565-5.

LELIAERT, Frederik, 2019. Green Algae: Chlorophyta and Streptophyta. In: *Reference Module in Life Sciences* [online]. B.m.: Elsevier, s. B978012809633820890X [vid. 2023-02-11]. ISBN 978-0-12-809633-8. Dostupné z: doi:[10.1016/B978-0-12-809633-8.20890-X](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.20890-X)

LELLÁK, Jan a KUBÍČEK, František. Hydrobiologie. UK, Praha, 1991. 260 s. ISBN 80-7066-530-0.

LIAO, Mengna, Ulrike HERZSCHUH, Yongbo WANG, Xingqi LIU, Jian NI a Kai LI, 2020. Lake diatom response to climate change and sedimentary events on the southeastern

Tibetan Plateau during the last millennium. *Quaternary Science Reviews* [online]. **241**, 106409. ISSN 02773791. Dostupné z: doi:[10.1016/j.quascirev.2020.106409](https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106409)

PAERL, Hans W., Rolland S. FULTON, Pia H. MOISANDER a Julianne DYBLE, 2001. Harmful Freshwater Algal Blooms, With an Emphasis on Cyanobacteria. *The Scientific World JOURNAL* [online]. **1**, 76–113. ISSN 1537-744X. Dostupné z: doi:[10.1100/tsw.2001.16](https://doi.org/10.1100/tsw.2001.16)

Pančić, M. and Kiørboe, T. (2018), Phytoplankton defence mechanisms: traits and trade-offs. *Biol Rev*, 93: 1269-1303. Dostupné z: doi:[10.1111/brv.12395](https://doi.org/10.1111/brv.12395)

PEDERSEN, Fm a Pj HANSEN, 2003. Effects of high pH on the growth and survival of six marine heterotrophic protists. *Marine Ecology Progress Series* [online]. **260**, 33–41. ISSN 0171-8630, 1616-1599. Dostupné z: doi:[10.3354/meps260033](https://doi.org/10.3354/meps260033)

ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J. Způsob vyhodnocení vyšetřené plochy počítačí komůrky. From Encyklopedie hydrobiologie : výkladový slovník [online]. Praha: VŠCHT Praha, 2007 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: [https://e-learning.vscht.cz/knihy/uid\\_es-006/ebook.html?p=P016](https://e-learning.vscht.cz/knihy/uid_es-006/ebook.html?p=P016)

SIMS, Patricia A., David G. MANN a Linda K. MEDLIN, 2006. Evolution of the diatoms: insights from fossil, biological and molecular data. *Phycologia* [online]. **45**(4), 361–402. ISSN 0031-8884, 2330-2968. Dostupné z: doi:[10.2216/05-22.1](https://doi.org/10.2216/05-22.1)

SMETACEK, V., ASSMY, P., & HENJES, J. (2004). The role of grazing in structuring Southern Ocean pelagic ecosystems and biogeochemical cycles. *Antarctic Science*, **16**(4), 541-558. Dostupné z: doi:[10.1017/S0954102004002317](https://doi.org/10.1017/S0954102004002317)

SOMMER, Ulrich, Rita ADRIAN, Lisette DE SENERPONT DOMIS, James J. ELSER, Ursula GAEDKE, Bas IBELINGS, Erik JEPPESEN, Miquel LÜRLING, Juan Carlos MOLINERO, Wolf M. MOOIJ, Ellen VAN DONK a Monika WINDER, 2012a. Beyond the Plankton Ecology Group (PEG) Model: Mechanisms Driving Plankton Succession. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* [online]. **43**(1), 429–448. ISSN 1543-592X, 1545-2069. Dostupné z: doi:[10.1146/annurev-ecolsys-110411-160251](https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110411-160251)

SOMMER, Ulrich, Rita ADRIAN, Lisette DE SENERPONT DOMIS, James J. ELSER, Ursula GAEDKE, Bas IBELINGS, Erik JEPPESEN, Miquel LÜRLING, Juan Carlos MOLINERO, Wolf M. MOOIJ, Ellen VAN DONK a Monika WINDER, 2012b. Beyond the Plankton Ecology Group (PEG) Model: Mechanisms Driving Plankton Succession. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* [online]. **43**(1), 429–448. ISSN 1543-592X, 1545-2069. Dostupné z: doi:[10.1146/annurev-ecolsys-110411-160251](https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110411-160251)

Van Donk, E., Hessen, D.O. Grazing resistance in nutrient-stressed phytoplankton. *Oecologia* **93**, 508–511 (1993). Dostupné z: doi:[10.1007/BF00328958](https://doi.org/10.1007/BF00328958)

VIRTA, Leena a Anette TEITTINEN, 2022. Threshold effects of climate change on benthic diatom communities: Evaluating impacts of salinity and wind disturbance on functional traits and benthic biomass. *Science of The Total Environment* [online]. **826**, 154130. ISSN 00489697. Dostupné z: doi:[10.1016/j.scitotenv.2022.154130](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154130)

WADITEE-SIRISATTHA, Rungaroon a Hakuto KAGEYAMA, 2022. Cyanobacterial cells. In: *Cyanobacterial Physiology* [online]. B.m.: Elsevier, s. 3–16 [vid. 2023-03-02]. ISBN 978-0-323-96106-6. Dostupné z: doi:[10.1016/B978-0-323-96106-6.00011-3](https://doi.org/10.1016/B978-0-323-96106-6.00011-3)

WHITTON, Brian Alan, 2012. *Ecology of Cyanobacteria II: Their Diversity in Space and Time*. Dordrecht: Springer Netherlands Springer e-books Imprint: Springer. ISBN 978-94-007-3855-3.

ZHANG, Yanyan, Joann K. WHALEN, Chen CAI, Kun SHAN a Hongxu ZHOU, 2023. Harmful cyanobacteria-diatom/dinoflagellate blooms and their cyanotoxins in freshwaters: A nonnegligible chronic health and ecological hazard. *Water Research* [online]. **233**, 119807. ISSN 00431354. Dostupné z: doi:[10.1016/j.watres.2023.119807](https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.119807)

## Seznam použitých internetových zdrojů

Diatoms of North America [online] [vid. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://diatoms.org>

EEB 100 - Functional Response Curves - YouTube. YouTube [online]. Copyright © 2023 Google LLC [vid. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=fDyGYJjQReY>

Mapy.cz [online] [vid. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://mapy.cz>

Po stopách Liebiegů | Visit Liberec [online] [vid. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.visitliberec.eu/liebiegove/>

PPT - Znečištění povrchových vod PowerPoint Presentation, free download - ID:4340159. Upload and Share Documents Presentations Online - SlideServe [online]. Copyright © 2023 SlideServe [vid. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.slideserve.com/lok/zne-i-t-n-povrchov-ch-vod>

Sinice a řasy.cz [online] [vid. 2023-04-25]. Copyright © 2003. Dostupné z: <https://www.sinicearasy.cz>