

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**  
**Přírodovědecká fakulta**

**Floristicko-ekologická studie sinic a řas v různých typech  
stojatých vod na severním Plzeňsku**

Bakalářská práce

**Markéta Čechurová**

Školitel: Mgr. Josef Juráň, Ph.D.

České Budějovice 2021

Čechurová, M., 2021: Floristicko-ekologická studie sinic a řas v různých typech stojatých vod na severním Plzeňsku. [Floristic and ecological study of cyanobacteria and algae in various types of stagnant water ponds in north Pilsen region. Bc. Thesis, in Czech.] – 81 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

**Annotation:**

The algological research was realized on 10 various water bodies in the northern Pilsen region during the year 2020. They were mainly post-mining sites or artificial ponds, where plankton samples were collected. Environmental characteristics (pH, conductivity, water transparency, temperature, amount of nutrients) were measured. Cyanobacteria and algae found in samples were identified to the possible lowest taxonomic level, also relative abundance levels were stated. The relationship between environment and the species composition was studied. A total of 77 phytoplankton species were recorded.

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

V Českých Budějovicích,

13.4.2021

.....*Čechurová*.....

Markéta Čechurová

## **Poděkování**

Chtěla bych především poděkovat mému školiteli, Pepovi Juráňovi, který měl se mnou tolik trpělivosti. Dále pak děkuji panu JUDr. Václavu Dobrému a společnosti Granio s.r.o. za možnost provádět algologický výzkum na jejich soukromém pozemku. Děkuji rovněž Plzeňskému kraji, který umožnil provádět tento výzkum na Přírodní památce Hromnického jezírka. A v neposlední řadě děkuji mým přátelům a rodině, kteří mě podporovali a pomáhali mi celou práci dotáhnout do konce.

## Obsah

1. Úvod .....	1
1.2. Vznik zatopených lomů .....	2
1.3. Charakteristika zatopených lomů dle těžené nerostné suroviny .....	3
1.3.1. Kaolinové lomy .....	3
1.3.2. Žulové lomy .....	5
1.3.3. Pískovny/Štěrkovny .....	8
1.3.4. Výsypky .....	12
1.3.5. Břidlicové/pyritové lomy .....	13
1.3.6. Uhelové lomy .....	16
2. Cíle práce .....	18
3. Metodika .....	19
3.1. Charakteristika a vymezení zkoumané oblasti .....	19
3.1.1. Charakteristika jednotlivých lokalit .....	24
3.1.1.1. Kamenolom Tis u Blatna .....	24
3.1.1.2. Zatopený lom u Žihle .....	25
3.1.1.3. Rybník Plasy .....	27
3.1.1.4. Zelené jezírko .....	28
3.1.1.5. Černý rybník (u Horní Bělé) .....	29
3.1.1.6. Lom u Kaznějova .....	30
3.1.1.7. Jezírka u Horní Břízy .....	32
3.1.1.8. Rybník Hamr .....	34
3.1.1.9. Hromnické jezírko .....	35
3.2. Odběry .....	37
3.3. Zpracování vzorků a fixace .....	37
4. Výsledky .....	39
4.1. Environmentální parametry .....	39
4.2. Chemická analýza vody .....	40
4.3. Fytoplankton .....	40
4.3.1. Jarní fytoplankton .....	42
4.3.2. Letní fytoplankton .....	43
4.3.3. Podzimní fytoplankton .....	44
4.4. Podrobné algologické nálezy jednotlivých lokalit .....	45
4.4.1. Rybník Hamr .....	53
4.4.2. Jezírko u Horní Břízy jih .....	53

4.4.3. Jezírko u Horní Břízy sever .....	54
4.4.4. Zatopený kaolinový lom u Kaznějova.....	54
4.4.5. Rybník Plasy.....	55
4.4.6. Černý rybník.....	55
4.4.7. Hromnické jezírko .....	56
4.4.8. Kamenolom Tis u Blatna.....	56
4.4.9. Lom u Žihle .....	56
4.4.10. Zelené jezírko .....	57
5. Diskuse .....	58
6. Závěr.....	65
7. Literatura .....	66
7.1. Internetové zdroje .....	72
8. Přílohy .....	74
8.1. Příloha I.: Tabulka druhů s abundancemi.....	74
8.2. Příloha II.: Obrazové tabule.....	75

## 1. Úvod

Sinice (Cyanobacteria) a řasy (Algae) jsou autotrofní organismy, z některých z nich se vyvinuly vyšší rostliny, a proto jsou důležité pro poznávání zákonitostí evoluce rostlinných organismů. Tyto organismy jsou velmi staré, fosílie sinic by měly být 2,7 miliardy let staré. Řasy i sinice se vyskytují nejčastěji ve vodním prostředí (sladkém, mořském i brakickém), ale lze je najít i v půdě, nebo mohou žít aerofyticky (Lee 2008). Sinice i řasy zastávají ve vodních ekosystémech funkci primárních producentů (Van der Valk 2006).

Dle endosymbiotické teorie, o jejíž prosazení se velmi zasloužila Margulisová (1981), se při primární endosymbióze chloroplasty řas vyvinuly ze sinic, při sekundární a další endosymbióze již z řas (Gray 2017). Hlavní rozdíl mezi sinicí a řasou je stavba jejich buněk. Sinice jsou organismy prokaryotní a řasy jsou organismy eukaryotní. Řasy mají oproti sinici vyvinuté pravé jádro, buněčnou stěnu, endosymbiózou získané chloroplasty s thylakoidy, mitochondrie a další organely (Lee 2008).

Sinice a řasy jsou důležitou součástí potravního řetězce. Jsou konzumovány herbivorními živočichy, jako jsou améby, nálevníci, vírníci, perloočky či klanonožci (Kalina & Vána 2005). Zároveň existují i organismy, které parazitují na řasách i sinicích. Sinice a řasy se rovněž vyskytují i v mutualistických vztazích, kdy jednou z nejčastějších sinic, která se vyskytuje v takovýchto vztazích, je z rodu *Nostoc*. Příkladem mutualismu je útvar tvořený houbovými vlákny se zelenou řasou nebo sinicí, který se nazývá lišejník (Lee 2008).

Sinice jsou pro člověka perspektivní skupinou organismů především při využití v biotechnologii (Šejnohová & Maršálek 2005). V Japonsku, USA a Číně se pěstuje sinice s komerčním názvem Spirulina (vědecký název rodu je *Limnospira*) pro výrobu tablet, které slouží jako doplněk stravy (Kaštovský et al. 2020). Fykobiliny se využívají v potravinářství jako netoxická a lehce stravitelná barviva, v biomedicinálním výzkumu lze využít jejich schopnost fluorescence při značení (Šejnohová & Maršálek 2005).

Řasy a sinice mají široké využití. Jsou pojídány lidmi nebo jsou používány jako krmivo pro hospodářská zvířata. Také se mohou využívat při tvorbě kosmetiky, olejů či biopaliv. Řasy se staly i dekorativním prvkem akvária, komerčně známé pod jménem „řasokoule“ (vědecký název druhu je *Aegagropila linnaei*) (Kaštovský et al. 2020).

Sinice i řasy mohou mít záporný vliv na ekosystém v případě, že utvoří vodní květ, který bývá ve většině případů toxický pro malé teplokrevné obratlovce, nicméně větší problémy působí velké množství biomasy, která může udusit vodní živočichy mechanicky

ucpáním žaber anebo vytvořit anoxické podmínky při svém rozkladu (Šejnohová & Maršálek 2005). Zvláště toxické a člověku nebezpečné bývají mořské vodní květy obrněnek nazývané red tides (Kaštovský et al. 2020).

Tato práce se zabývá především planktonními společenstvy stojatých vod. Zkoumané lokality se řadí k post-těžbním oblastem, především k zatopeným lomům. Tyto lokality bývají často málo prozkoumané.

## **1.2. Vznik zatopených lomů**

Součástí těžby nerostných surovin díky stanovenému zákonu je také rekultivace lomů. Základní problematika je zakotvena v legislativě (§ 32, zákona 44/1988 Sb. či ve vyhlášce ČBU 175/1992 Sb.). Dále také plán rekultivace je součástí posuzování vlivu na životní prostředí, (zákon 93/2004 Sb.). Obecně se setkáváme se dvěma přístupy k rekultivacím – přírodním a technickým. Tyto přístupy stojí proti sobě. Proti sobě jdou snaha o návrat k původnímu, přírodě blízkému charakteru krajiny, a snaha o maximální ekonomické zhodnocení zdrojů průmyslové výroby (Sádlo & Tichý 2002).

Opuštěné vytěžené oblasti se nemusí stát nutně jizvou krajiny. Velmi často je součástí rekultivace zavážení chemicky neaktivním materiálem. S přibývajícím zkušenostmi rekultivace se často vyvíjí směrem přirozené sukcese, což je levná a ekologicky vhodná metoda pro začlenění post-těžbních lokalit zpět do okolní krajiny (Závodníková 2007). Posledním ze zmíněných procesů revitalizace je vodohospodářská rekultivace, která spočívá v zatopení lomové jámy vodou. I tento způsob rekultivace s sebou nese jistá úskalí v podobě vysazování umělé rybí obsádky a následné eutrofizaci vody (Gremlica et al. 2012).

Samotná rekultivace má několik fází, které se dělí dle časového hlediska. Nejprve probíhá důlně-technická fáze, která může částečně probíhat už před započítáním samotných důlních prací v podobě výběru vhodného místa pro těžbu. Týká se i lomů. Může probíhat i při provozu těžebních prací v podobě selektivního odklizení zemin, tvarování, umístění a etáže výsypek. Následuje fáze technická, která opět může probíhat už při samotné těžbě a je klíčová pro úspěch biologické fáze rekultivace. Technická fáze určuje především konečnou fázi těžby před vytěžením ložiska. Určuje sklon, tvar a okraj těžebního místa. Třetí fází je fáze biologická, která zastřešuje především biotechnické a biologické zásahy, které mají napomoci krajině k dosažení klimaxového stádia. Poslední fází je post-rekultivační fáze a v ní se lidé nadále snaží krajinu dovést do klimaxového stádia ochranou před škůdci, dosazováním chybějících rostlin, orbou či vyžínáním (Zischka 2018).

### 1.3. Charakteristika zatopených lomů dle těžené nerostné suroviny

#### 1.3.1. Kaolinové lomy

Největší kaolinový lom ve střední Evropě se nachází západně od obce Kaznějov. Jeho roční produkce kaolinu se pohybuje okolo 320 000 tun, což je ale jen asi 20 % celkového množství vytěženého materiálu. Zbytek jsou vedlejší produkty jako jíly, živce, písky nebo kamenivo. Lom zabírá plochu přes 2 km<sup>2</sup> a těží se zde v hloubce až 90 m pod úrovní terénu (Dufková 2018). Kaolin neboli hlinitokřemičitan, je látka podobná jílu, používaná pro výrobu gumy, plastu, barev, papíru a mnoho dalších produktů. Proces těžby kaolinu zahrnuje mnoho fází a trvá několik let (NRC 1992).

Ve světovém pohledu na problematiku zatopených kaolinových lomů byl v centrální Georgii, která je bohatá na kaolin, prováděn algologická studie. Dominy & Manoylov (2012) provedli první floristickou a ekologickou studii na soustavě zatopených kaolinových lomů, které se liší dobou svojí existence. Ke studiu environmentálních podmínek těchto vodních těles bylo využito studium společenstev v těchto ekosystémech. Tato studie rovněž poskytla informace o ekologickém stavu a integritě těchto vodních ekosystémů (Dominy & Manoylov 2012).

Různé druhové složení bylo zdokumentováno v obou vodních nádržích (30 let od ukončení těžby a 2 roky od ukončení těžby). Zdokumentovaní zástupci patřili do celkem 6 řasových skupin: Cyanobacteria, Chlorophyta, Bacillariophyceae, Euglenophyta, Cryptophyta a Dinophyta. Mezi dominantní řasy patřily skupiny Bacillariophyceae a Chlorophyta. Druhová bohatost byla shodná či nižší ve dvouleté vodní nádrži v porovnání s třicetiletou vodní nádrží. Vyšší diverzita byla zaznamenána v létě v nádrži třicetileté. Celkem bylo identifikováno 81 druhů ve dvouleté nádrži a 132 druhů v třicetileté nádrži.

Ve dvouleté nádrži v zimních odběrech byly pozorovány především vláknité řasy se zástupci druhů *Hyalotheca dissiliens* a *Mougeotia* spp. Na začátku léta ve vzorcích dominovaly skupiny Cyanobacteria a Chlorophyta, především druh *Tetraspora* cf. *cylindrica* a *Cylindropermopsis raciborskii*. Poprvé byl v Georgii zaznamenán druh *Richelia siamensis*. V třicetileté nádrži dominovaly *Fragilaria crotensis*, *Fragilaria* spp. a *Tetraspora gelatinosa*. V zimních měsících pak dominovaly hlavně zelené řasy, především zástupci rodů *Oedogonium* a *Desmidium*. Z této skupiny v menší míře abundance byly zaznamenány zástupci rodů *Micrasterias*, *Closterium*, *Staurostrum* a *Cosmarium*. Ze skupiny sinic



převažoval druh *Oscillatoria princeps* a z rozsivek byly dominantní druhy *Encyonema silesiacum*, *Craticula cuspidata*, *Epithemia adnata* a *Rhaphodia gibba*.

Z výsledků práce vyplývá, že druhová diverzita mladší nádrže je nižší než druhová diverzita starší třicetileté nádrže. V obou nádržích dominovaly zelené řasy. V letních vzorcích byly hojné i sinice. Byly pozorovány především druhy rodu *Cylindrospermum*, ale míra abundance druhů byla příliš nízká, aby tvořily vodní květ. Studie se taktéž přiklání k názoru, aby třicetiletá nádrž byla použita jako modelová lokalita vodních ekosystémů s těžební minulostí (Dominy & Manoylov 2012).

Dále v rámci světového měřítka ve státě Illinois probíhala studie zaměřená na sladkovodní řasy a sinice, která probíhala na území celého státu. Celkem bylo sledováno 115 lokalit mezi nimiž se nacházela i vodní plocha nazvaná Kaolinová nádrž, v níž bylo nalezeno *Radiofilium conjunctivum*, *Cosmarium portianum*, *Staurastrum tohopekaligense*, *Spondylosium planum*, *Desmidium swartzii* var. *swartzii*, *Eucapsis minuta* (Wunderlin 1971).

V České republice probíhala v roce 2016 studie na Maršovském jezírku, které vzniklo zatopením kaolinového lomu. Studie se zaměřovala na zkoumání především planktonních a nárostových společenstev. Ve studii byly odebírány vzorky jak vody (bez planktonní sítě, volně), tak nárosty z kamenů a ze dna pomocí pipety, a to na jaře, v létě a na podzim. Ve všech typech vzorků byly nalezeny tyto taxonomické skupiny: Cyanobacteria (13), Euglenophyta (10), Bacillariophyceae (102), Chlorophyta (21), Zygnematophyceae (14). Za celou odběrovou sezónu byly nejdominantnější skupinou rozsivky a hned za nimi krásnoočka. V letních a podzimních odběrech dominovaly Chlorophyta a Zygnematophyceae.

V jarních odběrech se ve všech typech vzorků vyskytoval druh *Navicula radiosa*. Nejhojnější rozsivka byla *Fragilaria* spp. Dále se zde vyskytovaly druhy *Navicula radiosa* a *Nitzschia recta*. Ze skupiny Cyanobacteria byl nejhojnější druh *Chroococcus dispersus*. Ze skupiny Euglenophyta byly nejhojnější druhy *Tracheomonas planctonica* a *Trachelomonas* spp. Ze skupiny Chrysophyceae byl nejhojnější druh *Dinobryon* spp. Ze skupiny Chlorophyta byl nejhojnější druh *Haematococcus*. V letních a podzimních odběrech dominovaly rozsivky rodu *Navicula* (*N. minima*, *N. placentula* a *N. pupula*, *N. tripunctata*).

Relativní abundance jednotlivých taxonů ve fytoplanktonu se měnila v průběhu vegetační sezóny. Nejvíce taxonů bylo určeno v jarních vzorcích. Tato skutečnost mohla být zapříčiněna blízkým okolím vodní plochy. Vzrostlé stromy v jarních měsících ještě vodní

ploše nestínily. V letních měsících byla vodní hladina zastíněna, a tak byla omezená možnost fotosyntézy (Zavřelová 2017).

Další česká studie se zabývala mělkými vodními plochami v okolí Plzně, z nichž jedna lokalita byla zatopený kaolinový lom poblíž obce Chotíkov. Studie probíhala mezi roky 2015-2016 a byly odebírány planktonní, bentické a nárostové vzorky. Lokalita vykazovala velmi vysoké hodnoty vodivosti, kdy ale při prvním měření byla velmi nízká ( $196 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), při dalším měření hodnota stoupla na  $2097 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Při posledním měření, než lokalita v červnu 2015 vyschla, byla  $2804 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Nejvyšší hodnota byla na podzim 2016, kdy dosáhla  $3256 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Na této lokalitě v roce 2015 byly nalezeny taxonomické skupiny s tímto počtem druhů Bacillariophyceae (6), Euglenophyta (4), Chlorophyceae (5). Od zbylých skupin byl nalezen pouze 1 druh: Cyanobacteria, Cryptophyta, Synurophyceae, Chrysophyceae a Xanthophyceae. V roce 2016 byly na této lokalitě nalezeny tyto taxonomické skupiny s tímto počtem druhů: Bacillariophyceae (9), Euglenophyta (6), Chrysophyceae (2), Dinophyta (1) a Cyanobacteria (1).

V jarních měsících sezóny 2015 byla dominantní skupina Euglenophyta, především druhy *Monomorpha pyrum*, *Phacus curvivauda*, *Euglena gracilis* a *Trachelomonas* cf. *conica*. V tomto ročním období byl přítomný pouze jeden zástupce skupiny Cyanobacteria, *Phormidium formosum*. V letních měsících byla objevena heterotrofní Euglenophyta, rodu *Euglena*. Posléze lokalita vyschla.

Na jaře sezóny 2016 byly pozorovány druhy *Cryptomonas* spp., *Desmodesmus* spp. a *Monomorpha pyrum*. Vysokou diverzitu vykazovaly rozsivky *Hantzschia amphioxys*, *Gomphonema johsonii*, *Pinnularia borealis*, *Pinnularia brebissonii* a *Nitzschia palea*. V letních měsících byl fytoplankton druhově a početně chudý. Byly nalezeny druhy *Dolichospermum* spp. a *Euglena agilis*. Lokalita posléze v srpnu vyschla a v podzimních měsících byl fytoplankton téměř nulový. Jednu výjimku tvořil druhy *Trachelomonas volvocina* a rozsivky rodu *Pinnularia* (Járová 2017).

### 1.3.2. Žulové lomy

Mnoho žulových lomů je na území ČR stále v provozu, nicméně jsou zajímavé i lokality zatopených žulových lomů, které jsou opuštěné.

V Čechách probíhalo několik studií zaměřených na žulové lomy, které jsou nyní zatopené. V letech 2013 a 2014 probíhal algologický výzkum na dvou zatopených kamenolomech v okolí Stodu. Konkrétně na zatopeném kamenolomu v Hradci u Stoda a na

Lišínském jezírku. Z čehož byly zastoupeny druhy z taxonomických skupin: Cyanobacteria (9), Euglenophyta (14), Dinophyta (5), Cryptophyta (1), Chrysophyceae (2), Synurophyceae (1), Bacillariophyceae (41), Cladophorophyceae (1), Chlorophyceae (19), Ulvophyceae (1), Trebouxiophyceae (2), Zygnematomphyceae (19), Klebsormidiophyceae (1). Celkem bylo nalezeno 116 druhů sinic a řas.

V prvním lomu v jarních měsících byly hojné sinice s druhem *Oscillatoria limosa* a rody *Phormidium* a *Pseudoanabaena*. Také se objevovali zástupci skupiny Euglenophyta, konkrétně druhy *Trachelomonas nigra* a *Trachelomonas rugulosa* var. *meandrina*. V letních měsících byly nalézány zástupci obrněnek s druhy *Ceratium hirundinella* a *Peridinium bipes* spolu se zástupci skupiny Cryptophyceae, konkrétně rodem *Cryptomonas*. Ze zlativek byl nalézán jeden druh v letních měsících, *Dinobryon divergens*. Po celou vegetační sezónu byla skupina Chlorophyceae zastoupena rodem *Chlamydomonas*. V jarních měsících to byl především druh *Pseudopediastrum boryanum*, později druhy *Monoraphidium griffithi*, *Characium strictum* a *Aphanochaete repens*. Po celou dobu vegetační sezóny byla míra abundance vysoká u rozsivek a v letních měsících byla nejvyšší ze všech skupin. Ve všech vzorcích byly pozorovány druhy *Ulnaria ulna*, *Navicula radiosa* var. *radiosa*, *Cymbella cymbiformis*, *Cyclotella ocellata*, *Gomphonema acuminatum*, *Gomphonema truncatum* a *Cocconeis placentula*.

Druhá lokalita měla mnohem chudší druhové zastoupení. V této lokalitě byly nacházeny po celou dobu vegetační sezóny především zástupci sinic, zejména rodu *Leptolyngbya* a dále druh *Woronichinia naegelianae*. Později byli pozorováni zástupci skupiny Euglenophyta, nejhojnější druhy byly *Trachelomonas volvocina* var. *volvocina*, *Trachelomonas rugulosa*, *Trachelomonas nigra*, *Trachelomonas hispida* a *Trachelomonas armata*. Vegetační zákal se utvořil v jarních měsících a svojí vysokou abudancí k němu přispěl především druh *Dinobryon divergens*. Druhý vegetační zákal způsobily v letních měsících obrněnky. Po celou dobu vegetační sezóny byli pozorováni zástupci rozsivek, především druhy *Tabellaria flocculosa* a *Navicula radiosa* var. *radiosa*. Skupina Chlorophyta, která byla přítomna celou vegetační sezónu, byla zastoupena rody *Spirogyra*, *Mougeotia*, *Staurastrum*, *Cosmarium* a *Closterium*. Nejhojněji se vyskytovaly druhy *Pseudopediastrum boryanum* a *Stauridium tetras*, dále rody *Scenedesmus* a *Acutodesmus*. V letních měsících byly pozorovány druhy *Planktophaeria* spp., *Monoraphidium mirabile* a *Quadrigula pfitzerei* (Valešová 2015).

Další výzkum probíhal v okolí Skutečska. V šesti lokalitách (lom Leštinka, lom Zvěřinov, lom Andrusivův a tři Prosetínské lomy) bylo identifikováno 149 druhů sinic a řas. Vzorky byly odebírány ve vegetační sezóně 2007. Byly zastoupeny třídy Bacillariophyceae (31), Chlorophyceae (31), Cyanobacteria (29), Zygnematophyceae (21), Euglenophyta (14), Trebouxiophyceae (8), Dinophyta (4), Chlamydomophyceae (4), Ulvophyceae (3), Chrysophyceae (2), Rhodophyta (1) a Xanthophyceae (1). Hlavním cílem této práce bylo zmapovat druhové zastoupení na těchto lokalitách.

Nejdominantnějšími skupinami byly rozsivky a zelené řasy. Rozsivky měly vysokou míru abundance v celé sezóně, maximum biodiverzity druhů bylo v jarních měsících. Nejvíce pozorovaný druh byl *Asterionella formosa*, dále druhy *Navicula* spp., *Nitzschia* spp., *Cymbella* spp. a *Navicula radiosa*. Skupina Chlorophyceae dosáhla největšího objemu biomasy a největší druhové diverzity na podzim, kdy byly hojné druhy *Tetraedron minimum*, *Desmodesmus* spp. a hojný byl i rod *Pediastrum*. Sinice se ze začátku sezony vyskytovaly málo, pozorované druhy s nízkou abundancí byly *Phormidium* spp., *Aphanothece* spp., *Snowella litoralis*, *Dolichospermum* spp. Nejběžnější druhem byla sinice *Woronichinia naegeliana*. Zajímavý byl nález druhu *Tolypothrix tenuis*. V letních a podzimních měsících ve dvou lokalitách tvořila skupina Euglenophyta důležitou složku fytoplanktonu se zástupci rodu *Trachelomonas*. Skupina zlativek a obrněnek dominovala spíše v podzimních měsících s rody *Dinobryon* a *Peridinium* (Svobodová 2008).

První algologický výzkum v okolí Štěnovic probíhal na zatopených lomech v letech 2011-2013. Lomy se nacházejí JJV od Plzně (Havránková 2014). Studie se zabývala sezónní dynamikou studovaných lomů. Štěnovický masiv pokrývají z poloviny lesy a z geologického hlediska je tvořen granodioritem (Hejtman 1984). Dohromady bylo identifikováno 116 druhů sinic a řas. Ve všech vzorcích se vyskytovaly řasy ze skupiny Zygnematophyceae a Bacillariophyceae. Skupina Zygnematophyceae byla celoročně zastoupena rodem *Mougeotia* spp. steril. a skupina Bacillariophyceae byla zastoupena druhy rodů *Fragilaria* a *Navicula*.

Nejbohatší sezóna byla v roce 2011 a nejhojnější skupinou byly rozsivky. Ve všech vzorcích byly přítomné skupiny Zygnematophyceae a Bacillariophyceae. Celoročně skupinu Zygnemathophyceae zastupoval rod *Mougeotia* a skupinu Bacillariophyceae rody *Fragilaria* a *Navicula*. V letních měsících byly dominantní skupiny Zygnematophyceae a Chlorophyceae se zástupci rodů *Mougeotia* a *Oedogonium*. Na podzim byla opět dominantní skupinou

Bacillariophyceae, především vysokou míru abundance měly druhy *Cyclotella ocellata* a *Frustalia rhomboides*. Pouze v této sezóně byl pozorován druh *Phacus monilatus* zastupující skupinu Euglenophyta.

V sezóně 2012 byl na jaře nízký výskyt skupiny Bacillariophyceae. Vyskytovaly se více zlativky, které v letních měsících pak dominovaly. Tuto skupinu zastupoval především druh *Dinobryon divergens*. Posléze se dominantní skupinou staly Chlorophyta, kdy byly pozorovány především druhy *Pediastrum duplex*, *Tetradismus obliquus* a *Ankistrodesmus fusiformis*. V podzimních měsících pak dominovaly rozsivky druhu *Cyclotella ocellata*, *Achnanthes lanceolata*, *Asterionela formosa* a *Navicula trivialis*. Vysokou míru abundance projevila i skupina Euglenophyta s druhy *Trachelomonas nigra* a *Trachelomonas hispida*. Vysokou druhovou diverzitu ukázala i skupina zelených řas s druhy *Pseudopediastrum boryanum*, *Pediastrum duplex* a *Desmodesmus brasiliensis*.

V jarních měsících sezóny 2013 dominovaly Chrysophyceae s druhem *Dinobryon bavaricum*. V létě druhově nejbohatší skupinou byly rozsivky s druhy *Navicula* spp., *Navicula lanceolata*, *Navicula disjuncta* a *Tabellaria flocculosa*. Vyšší biodiverzitu měla i skupina obrněnek s druhy *Peridinium bipes*, *Ceratium hirundinella* a *Gymnodinium uberrimum*. Na podzim nebyla pozorována ve větším množství žádná skupina (Havránková 2014).

V zahraničí taktéž probíhají výzkumy zatopených žulových lomů. Mezi léty 2009 a 2013 probíhal výzkum vodní nádrže na ostrově Lundy, který se nachází v Bristolském zálivu. Studie, probíhala na dvou vodních tělesech, ze kterých jeden byl zatopený lom. Konkrétně se jednalo o Ackland's Moor Pond. Studie zkoumala jak mikroorganismy, tak makroorganismy, nicméně výsledné informace o fytoplanktonu byly velmi zevrubné. Byla identifikována taxonomická skupina Chlorophyta (Rowland 2014).

### 1.3.3. Pískovny/Štěrkovny

Zatopené štěrkovny vznikají díky vytěžení štěrku a písku z naplaveného ložiska řek a mohou být následně zatopené podzemní vodou. Tato jezera bývají mělká s nepravidelným břehem a nerovným dnem (Hindák & Hindáková 2003).

Na evropském území, v Dánsku, probíhala studie na 35 jezerech post-těžebního charakteru, kde se těžil štěrk nebo písek. Při porovnání jezer s post-těžebním charakterem a jezer přírodního původu bylo zjištěno, že koncentrace živin je u štěrkoven a pískoven mnohem nižší než u jezer přírodního charakteru (Søndergaard et al. 2018). Ve většině zkoumaných jezer (ve 22 z 35) byly nalezeny vláknité řasy s vysokou abundancí. Studie

využívala pro určování jednotky OTU a zaměřovala se především na makrofyta, tedy podrobné informace o vláknitých řasách nebyly poskytnuty. Z makroskopických řas studie zaznamenala v devíti jezerech výskyt *Chara vulgaris* a v ještě menším počtu jezer *Nitella flexilis* (Søndergaard et al. 2018).

Dále v Evropě probíhal v letech 2004-2006 výzkum na dvou zatopených štěrkopískových lomech (jezera Ca' Morta a Ca' Stanga) v severní Itálii. Jezera se nachází ve hustě osídlené oblasti severní Itálie, přibližně 2 km od hlavního toku řeky Pád. Ani jedno jezero není propojené s řekou a jejich hlavní zdroj vody je podzemní voda. Studie ukázala, že největší počet identifikovaných organismů patřil do skupin Chlorophyceae (63), Bacillariophyceae (50), Cyanobacteria (23) a Chrysophyceae (23). Řasy svým množstvím dominovaly v jezeře Ca' Morta (51) a sinice svým množstvím naopak dominovaly v jezeře Ca' Stanga (22). Nejčastější druhy, které se nacházely v obou jezerech, byly skytěnky *Cryptomonas erosa* a *Plagioselmis nennoplanctica*. Dále ve většině odebraných vzorcích z obou jezer (všech z Ca' Stanga a 19 z 24 z Ca' Morta) byly nalezeny malé buňky druhu *Cyclotella* spp. Centrické rozsivky a skytěnka *Cryptomonas erosa* také velkou měrou přispěly do celkového množství řas a sinic, které se v obou jezerech nacházelo (Tavernini et al. 2009).

Na Slovensku taktéž probíhal intenzivní algologický výzkum tamějších pískoven a štěrkoven. Poblíž větších řek na Slovensku jako je Dunaj, Morava, Váh, Nitra, Hron a Hornád se vytvořila významná štěrková ložiska. V těchto místech se člověkem vytvořená jezera stala typickými pro tento typ krajiny. Dnes jsou tato jezera využívána pro rekreační účely a jako rezervoár vody pro zavlažování (Hindák & Hindáková 2014). Zatopené lomy po těžbě štěrku či písku mohou vzniknout i přímo na popud člověka ve snaze rekultivovat krajinu za pomoci hydrické rekultivace (Tavernini et al. 2009), nejen tedy díky podzemní vodě.

Výzkum na Slovensku na pískovnách a štěrkovnách ukázal, že zkoumané biotopy jsou druhově bohaté, a proto bylo popsáno velké množství nových druhů a rodů: *Cyanocatena planctonica*, *Radiocystis aphanothecoidea*, *Cyanogranis libera*, *Planktocyano capsula stagnalis*, *Mantellum commune*, *Johannesbaptistia lacustris*, *Catenococcus tortuosus*, *Coenochloris astroidea*, *Coenocystis stellata*, *Catenocystis gerulata*, *Granulocystis sexuviata*, *Oocystis biplacata*, *Oocystella oogama*, *Tetrachlorella incerta*, *Tetrastrum komarekii*, *Posonias estonica*. Většina z nich byla nalezena jak v přírodních jezerech, tak v jezerech s post-těžebním charakterem, dále ve vodních nádržích či řekách na Slovensku (Hindák & Hindáková 2003).

Ve stejné studii autoři (Hindák & Hindáková 2003) uvádí charakteristické druhové složení štěrkozen a pískoven na Slovensku. Typickými zástupci pro toto prostředí ze skupiny Cyanobacteria jsou druhy *Radiocystis aphanothecoidea*, *Cyanocatena planctonica*, *Microcystis aeruginosa*, *Cyanogranis ferruginea* a *Cyanogranis libera*, *Limnococcus limneticus*, *Anabaena minderi* a *Chrysoosporum bergii*. Ve fytoplanktonu ze skupiny rozsivek dominují rody *Cyclotella* a *Fragilaria*. Ze zlativek jsou nejdominantnější rody *Dinobryon*, *Synura* a *Uroglena*, především se objevovaly ve vysokých číslech v létě. Zelené řasy tvoří nejzastoupenější skupinu v tomto typu vodních nádrží. Typičtí zástupci druhů jsou *Siderocelis kolkowtzi*, *Lagerheimia quadriseta*, *Oocystella rhomboidea*, *Nephrochlamys subsolitaria*, *Pseudotetrastrum punctatum*, *Monactinus simplex* a *Coelastrum polychordum*. Ze skupiny Zygnematophyceae byly zaznamenány druhy *Closterium limneticus* a *Cosmarium pygmaeum* (Hindák & Hindáková 2003).

Na Českém území v povodí řeky Lužnice prováděla algologický výzkum na vybraných pískovných (pískovna Františkov, Jezero Veselí, pískovna Halámky-jih) Křtěnová (2006). Vybrané pískovny dnes slouží jako zdroj užitkové vody pro průmysl, nebo zdroj pitné vody a také slouží k rekreaci, chovu ryb a vodního ptactva. Studie se věnovala jak fyzikálně-chemickým vlastnostem vody, tak i životu v ní. Zkoumala fytoplankton, zooplankton a makrozoobentos. Z fytoplanktonu se v pískovných vyskytovaly tyto taxonomické skupiny: Chlorophyceae, Cryptophyceae, Bacillariophyceae, Chrysophyceae, Dinophyta, Cyanobacteria, Conjugatophyceae a Euglenophyta. Dle studie se druhovým složením zatopené pískovny podobají čistějším rybníkům a jezerům v ČR. Skupina s nejhojnějším výskytem na všech pískovných byla skupina Chlorophyceae. Nejhojnější nalezené rody byly *Desmodesmus* (*D. abundans*), *Scenedesmus* (*S. acuminatus*, *S. quadricauda*, *S. ecornis*), *Cryptomonas* (*Cryptomonas* spp.), *Pseudopediastrum* (*P. boryanum*) a *Monoraphidium* (*M. minutum*, *M. arcuatum*, *M. contortum*, *M. griffithii*), *Stauridium* (*S. tetras*). Z rozsivek byl hojný rod *Synedra* (*Synedra* spp.) (Křtěnová 2006).

Další zkoumané oblasti v ČR se nacházejí v závěru Hornomoravského úvalu. Jedná se o štěrková jezera Moravičany – Mohelnice nedaleko města Mohelnice. Zkoumané lokality se částečně nacházejí na chráněném krajinném území Litovelské Pomoraví. Studie věnovaná těmto lokalitám (Skácelová 2002) zmiňuje, že Moravičanské jezero, přírodní rezervace, je bez probíhajících těžebních prací. Severní část nádrže Mohelnice byla v době studie stále v těžebním procesu. Nádrže jsou vzájemně propojené. Vedlejší činností těžby vznikly biotopy mokřadů a lesy charakterem blízké lužním lesům.

Odběry vzorků probíhaly v roce 1999 a 2000. Dominantní skupinou fytoplanktonu obou jezer byly rozsivky a obrněnky, zejména druhy *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis* a *Ceratium hirundinella*. Ze skupiny Cyanobacteria byla nalézána pouze samostatná vlákna druhů *Coelomoron pusillum*, *Aphanizomenon klebahnii*. V místech probíhající těžby byl nalezen druh vláknité řasy *Stigeoclonium* spp. Z hlediska diverzity mikrobiotopů je vyšší míra diverzity v nádrži Mohelnice, kde se nacházejí naplavené kaly a písčité jazyky. Na těchto místech byly nalezeny epipelické rozsivky, konkrétně druhy *Cymatopleura librilis* a *Cymatopleura elliptica*.

Studie měla za úkol podrobně zmapovat stav mokřadů a předcházela následné revitalizaci oblasti. Studie konstatuje, že i když byly vodní nádrže v ranějším stádiu sukcese než jezera z následujícího odstavce (studie vedená dvojicí Navrátil & Pouličková 2001), prvky eutrofizace se již projevíly především výskytem sinic *Coelomoron pussilum* a *Aphanizomenon klebahnii* (Skácelová 2002).

Stále v CHKO Litovelské Pomoraví se nachází další lokalita, která má post-těžební charakter a v minulosti se zde těžil šterkopísek. Šterkovisko Chomutov ukončilo těžební procesy v roce 1968. Zdrojem vody pro šterkovisko je především podzemní a srážková voda. Nádrž nemá ani přítok, ani odtok.

V letech 1998 a 1999 proběhl sběr vzorků. Zkoumána byla dvě jezera, velké hlavní jezero a malé jezírko. V obou jezerech dominovala především skupina Chlorophyta s nejběžnějšími druhy *Tetraëdron minimum* a *Monoraphidium minutum*. Nicméně v letních odběrech byla dominantnější skupina Cyanobacteria s druhy *Aphanizomenon flos-aquae* a *Merismopedia tenuissima*. Často se objevovaly skupiny Euglenophyta a Bacillariophyceae především planktonními druh *Asterionella formosa*.

Studie se zabývala monitorováním stavu jezer z kvalitativního hlediska a při porovnání se staršími studiiemi a dle výsledků, bylo konstatováno, že stav kvality vody se zhoršil (Navrátil & Pouličková 2001).

Algologický výzkum probíhal i na Pobežovicku, kde zkoumanou lokalitou byl zatopený lom Otov. Výraznou dominantní skupinu planktonu tvořily rozsivky s druhem *Asterionella formosa*. Další hojnou skupinou byla skupina zelených řas s druhy *Stauridium tetras*, *Tetraëdron minimum* a *Oedogonium* spp. Skupina Cyanobacteria byla zastoupena řídce, k největšímu rozvoji došlo především u druhu *Woronichinia naegeliana* v letních měsících (Kaufnerová 2006).



#### 1.3.4. Výsypky

Výsypka je nový antropogenní útvar, který úzce souvisí s těžbou. Vzniká při navezení vytěženého materiálu na hromadu. Díky tomu, že každá výsypka sestává z různých typů půd, tak se jedná o velice heterogenní útvary. Mají tedy vysokou diverzitu i v organismech, jež je osidlují. (Cejpek 2018).

Výsypkám je tedy na našem území a v Evropě věnována pozornost. Studie, která zkoumala 2 výsypky, jednu na území ČR (v okolí Sokolova) a jednu v Německu (poblíž Chotěbuzi), provedla Lukešová (2001). Jednalo o výzkum půdních sinic a řas, které se vyskytovaly na výsypkách po těžbě hnědého uhlí. Sokolovská výsypka, dle měření měla vyšší pH než výsypka v Chotěbuzi. Naopak výsypka v Chotěbuzi obsahovala pyrit, tady se mohlo očekávat nižší pH. Dohromady se na obou lokalitách vyskytovalo 122 druhů sinic a řas (Lukešová 2001). V obou lokalitách se hojněji vyskytovaly skupiny Chlorophyta. Xanthophyceae a Streptophyta. Nejpozorovanější druhy, které se nacházely v obou oblastech, byly *Botrydiopsis intercedens*, *Xanthonema debile*, *Bracteacoccus minor*, *Chlorella ellipsoidea*, *Elliptochloris subsphaerica*, *Myrmecia bisecta*, *Neocystis* spp., *Pseudococcomyxa simplex*, *Chlamydomonas macrostellata*, *Klebsormidium flaccidum*, *Klebsormidium nitens* a *Stichococcus bacillaris*. Pouze v Chotěbuzi se nacházelo 41 druhů, z čehož 1 patřil do skupiny Cyanobacteria a 40 do skupiny eukaryotních řas. Pouze pro Sokolov bylo typických 42 druhů, z čehož 10 patřilo do skupiny Cyanobacteria a 32 do eukaryotních řas (Lukešová 2001).

Stejná autorka se v tom samém roce podílela na další studii prováděné na podobných lokalitách, lignitové lokalitě poblíž Chotěbuzi a hnědouhelné výsypce poblíž Sokolova. Výsypky v Chotěbuzi měly vyšší salinitu a nižší hodnotu pH. Výsypky poblíž Sokolova byly tvořeny především jíly a struskami. Sběr vzorků proběhl v letech 1997-1998 čtyřikrát na každé lokalitě. Studie se zabývala organismy jako takovými a jedním ze zkoumaných organismů byly i půdní řasy.

V Chotěbuzi byl trend, že se se zvyšujícím stářím výsypky zvyšovala i abundance řas. Nicméně na výsypkách v Sokolově byl trend opačný, na nejmladších výsypkách byla nejvyšší míra abundance řas. V obou lokalitách dominovala skupina Chlorophyta, v alkalických částech raných sukcesních stádií výsypky na Sokolovsku se velmi hojně vyskytovaly i sinice a rozsivky. Studie se spíše zaměřovala na půdní živočichy, zástupce druhů řas a sinic neuvádí (Frouz et al. 2001).

Stejná autorka se v minulosti věnovala výsypkám po těžbě hnědého uhlí na Mostecku. V této oblasti bylo odebráno 36 vzorků půdy, které byly následně kultivovány. Ve studii byly porovnávány různě staré výsypky. Na nejmladších výsypkách (3-6 měsíců) byl nalezen pouze nízký počet druhů (Chlophyceae (2), Xanthophyceae (1)). Buňky byly samostatné, jednalo se o druh *Botrydiopsis* sp, *Chlamydomonas thomasonii* a *Chlorella vulgaris*. Největší diverzita byla na výsypkách starých 18-19 let a pak v kategorii  $\pm$  30 let. Kdy v kategorii 18-19 let byly identifikovány tyto taxonomické skupiny: Cyanobacteria (2), Bacillariophyceae (8), Xanthophyceae (4), Chlorophyceae (25). V kategorii  $\pm$  30 let byly indentifikovány tyto taxonomické skupiny: Cyanobacteria (4), Bacillariophyceae (7), Xanthophyceae (5), Chlorophyceae (21). Dominovaly druhy *Arrhenatherum elutius*, *Calamagrostis epigeios*, *Chlorhomidium flaccidum* a *Pinnularia borealis*.

Ze získaných dat studie vyplývá, že mezi skupiny, které osídlí nově vzniklou výsypku, se řadí především skupina Chlorophyceae. Zároveň je to skupina s největší diverzitou a její zástupci druhů jsou pozorováni nejčastěji. Celkem bylo nalezeno 26 druhů půdních řas. Typické druhy řas pro výsypky jsou *Chlorella saccharophila* a *Tetracystis dissociata*. Ze skupiny Xanthophyceae se jak v raném, tak i v pozdějším stádiu sukcese objevuje často dominantní druh *Botrydiopsis* spp. Po prvním roce existence výsypky se začne objevovat skupina půdních rozsivek. Pro starší výsypky je charakteristický druh *Nitzschia parvula*. Nejméně se na výsypkách vyskytuje skupina Cyanobacteria, výjimku tvoří druhy *Leptolyngbya edaphica* a *Nostoc* spp. (Lukešová & Komárek 1987).

### 1.3.5. Břidlicové/pyritové lomy

Těžba břidlice v Čechách má tradici, která sahá hluboko do historie. Významnými lokalitami pro těžbu břidlice bylo okolí řeky Střely u Rabštejna, Železný Brod, Kraslice v Krušných horách, východní Krkonoše či Nízký Jeseník (Česká Břidlice 2020).

Už při samotném procesu těžby může docházet k acidifikaci vodních ploch a toků (nadzemních i podzemních), které se nacházejí v oblasti těžby. Dochází k tomu převážně z důvodu oxidace sloučenin síry z těžených materiálů. Tyto procesy probíhají běžně v přírodě a jsou přirozené. Nicméně proces těžby napomáhá k akumulaci minerálů obsahující síru na svém povrchu a okyselování lokality urychluje (Novis & Harding 2007). Oxidované sulfidy obsahují například měď, olovo, zinek a nejčastěji železo. Sulfidy se železem tvoří minerál pyrit (disulfid železnatý, FeS<sub>2</sub>). Tam, kde pyrit vznikne, je stabilní. Po vytěžení a přesunu pyritu na zemský povrch, kde je v kontaktu se vzduchem a vodou, svoji stabilitu ztrácí a je transformován. Dochází ke komplexnímu procesu, který zahrnuje chemické, biologické

a elektrochemické reakce, jehož výsledkem je extrémně nízké pH lokality. Důležité faktory, které tento proces ovlivňují, jsou podmínky prostředí (např. teplota, hydrologie lokality, pufrační vlastnosti podloží), nasycení vody kyslíkem, povrch a struktura pyritové rudy a také aktivita chemolitotrofních bakterií (Akcil & Koldas 2006).

Kvůli kombinaci přírodních procesů a lidské činnosti vznikají na Zemi extrémně kyselá stanoviště, jejichž pH nepřesahuje hodnotu 3. Jedná se především o území ovlivněná tzv. kyselou drenážní vodou (acid mine drainage, AMD). Biodiverzita těchto stanovišť je velmi redukována, ale existují mikroorganismy, které se na extrémní podmínky velmi dobře adaptovaly (Macholdová 2013), např.: adaptace na velký osmotický tlak, vytvoření odolnosti proti iontům těžkých kovů, zmohtnění buněčné stěny (Gross 2000). Tyto organismy jsou označovány jako acidofilní (Macholdová 2013).

Velmi dobře zdokumentovaný je výskyt druhu *Euglena mutabilis* (Euglenophyta). Na mnoha extrémně kyselých lokalitách je dominantním druhem bentosu a vytváří biofilmy. V rámci eukaryotních organismů, vyskytujících se na kyselých lokalitách, je popsán jako nejlépe adaptovaný na extrémně nízké pH i na vysoké koncentrace těžkých kovů (Aguilera et al. 2006c).

V evropských podmínkách se v minulosti těžil pyrit především k tvorbě chemických sloučenin potřebných pro rostoucí průmysl. V oblasti Španělska a Portugalska se rozkládá masivní vulkanogenní ložisko pyrenejského pyritu. V oblasti opuštěného povrchového lomu Sao Domingos se nachází i vodní plocha, která je ovlivněna těžbou, a to především kyselou drenážní vodou. Od pozdních šedesátých let minulého století lom není aktivní, ale stále produkuje velké množství AMD (Johnson 2006).

Při studiu fyzikálně-chemických vlastností studiu vodního tělesa v Sao Domingos došlo ke zjištění, že průměrné pH bylo 2,25 a voda obsahovala vysokou koncentraci železa ( $77 \cdot 10^3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ), typické letní podnebí pro tuto lokalitu je suché a horké, typické zimní podnebí je plné dešťů (Wolowski et al. 2008).

Zjištěná diverzita organismů byla poměrně nízká. Řasy, které se v lokalitě vyskytovaly, byly zastoupeny pouze druhy *Eunotia exigua*, *Pinularia acoricola* var. *acoricola*, *Euglena mutabilis*, *Chlamydomonas* spp., *Ulothrix tenerrima* (Wolowski et al. 2008).

Stále na území Pyrenejského ostrova se nachází řeka Rio Tinto (Španělsko), které má extrémní podmínky. Její pH je velmi nízké a koryto řeky je zabarvené do oranžova. Voda je bohatá na ionty železa a dalších těžkých kovů. Území, kterým řeka protéká, Iberský pyritový pás, je bohaté na ložiska sulfidických rud. V minulosti byla v oblasti těžena ruda včetně stříbra, mědi a zlata. Právě těžba těchto rud v okolí pravděpodobně zapříčinila současný extrémní stav řeky, která je dlouhá cca 100 km (Amaral et al. 2002, Aguilera et al. 2006c).

V roce 2006 probíhala na 4 místech na řece studie zabývající se prokaryoty, kteří žijí v řasových biofilmech. Z těchto 4 odběrových míst byly sebrány biofilmy řas v kombinacích: *Euglena* a *Pinnularia*, *Chlorella* a *Pinnularia*, *Cyanidium* a *Dunaliella*, *Cyanidium*, *Euglena* a *Pinnularia*. Studie se zabývá především bakteriemi, a tedy přesné druhy řas a sinic a jejich zastoupení neuvádí (Souza-Egipsy et al. 2008).

Z této lokality byla publikovaná rešerše zabývající se eukaryotními organismy. Aguilera (2013) uvádí, že tato lokalita je zajímavá nejen svými extrémními fyzikálně-chemickými vlastnostmi, nýbrž i velkou biodiverzitou. Při obecném pohledu na řeku Rio Tinto, jsou nejčastější obrázky biofilmů tvořených řasami: *Euglena mutabilis*, *Klebsormidium* a *Zygnema* (Aguilera et al. 2006a, Aguilera et al. 2006b). Nejhojnější jsou zástupci rodů *Euglena*, *Chlorella* a *Chlamydomonas*. Nejkyselejší část řeky obývají druhy rodů *Dunaliella* a *Cyanidium*, které jsou tolerantní vůči těžkým kovům a nízkému pH (Visviki & Santikul 2000). Velké hnědé biofilmy byly zapříčiněny především rodem *Pinnularia*. Rozsivky mají v Rio Tinto při porovnání s jinou sladkovodní lokalitou z okolí nižší biodiverzitu. (DeNicola 2000).

Rešerše podotýká, že řeka má vysokou eukaryotní diverzitu a nízkou diverzitu prokaryotní. Nejvyšší podíl biomasy mají fotosyntetizující řasy, tyto organismy nejčastěji tvoří biofilmy (Aguilera 2013).

Na českém území se nachází dvě významné lokality (Hromnické jezírko, Zelené jezírko), které byly v minulosti využívány k těžbě břidlice a jejímu následnému zpracování k výrobě dýmavé kyseliny sírové. Na obou lokalitách těžba již neprobíhá (Kuberová & Lederer 2001).

Hromnické jezírko je velmi extrémní lokalita. Během studie, která probíhala v letech 1998-1999, bylo nalezeno pouze 5 druhů řas: *Chlamydomonas acidiphilia*, *Eunotia exiqua*, *Eunotia tenella*, *Euglena mutabilis* a *Lepocinclis teres*. Dohromady na Hromnickém a Zeleném jezírku bylo během studie nalezeno 35 druhů sinic a řas.

V Zeleném jezírku dominovala především řasa *Zygonium ericetorum*. Dále byly hojné acidofilní rozsivky rodu *Eunotia*. Ve fytoplanktonu byla hojná *Chlamydomonas acidophila*, *Lepocinclis teres* a dále obrněnky a zlativky.

Zelené jezírko je oproti tomu Hromnickému starší a má méně extrémní podmínky (především pH je o něco vyšší). Lze tedy očekávat, že Hromnické jezírko časem přestane být tak extrémní lokalitou, jako je dnes (především nepatrným zvýšením pH) a tím umožní rozvoj další druhové diverzity (Kuberová & Lederer 2001).

### 1.3.6. Uhelné lomy

Povrchová těžba uhlí, je v České republice velmi rozšířená (Neužil 1999). Těžba minerálů souvisí s tvorbou velkých objemů důlní vody a v kombinaci s výskytem vhodných chemických sloučenin v lokalitě to vede ke uvolňování kyselé drenážní vody (Gruzdev et al. 2020). Tedy i uhelné lomy mohou být zdrojem kyselých vod. Na rozdíl od lomů, kde se vyskytují polysulfidická ložiska (ložiska solí, kde se síra vyskytuje v podobě řetězců atomů o různé délce), mohou mít uhelné lomy i doly nízké koncentrace kovů (Sokolyanskaya et al. 2020).

Studie, která zkoumala eukaryotní život v AMD, zjistila, že diverzita eukaryotního života v tomto prostředí byla nízká. Lokality byly studovány s využitím molekulárních metod a bylo nalezeno pouze 20 OTU's (Operational Taxonomic Unit) (Gruzdev et al. 2020). Tyto jednotky slouží při identifikaci mikroorganismů na základě sekvence genu 16S rRNA (Vondráček et al. 2012). Co se týče autotrofního života v AMD, tak byla nalezen pouze jeden rod *Chlamydomonas*, nicméně jeho abundance byla velmi nízká. Pravděpodobně se do AMD dostal prostřednictvím vodních proudů (Gruzdev et al. 2020).

Nicméně při dalších studiích v zahraničí, byly autotrofní organismy v uhelných lomech ovlivněných AMD zdokumentovány. Studie uhelného lomu Santa Catarina z Brazílie, pH se pohybovalo v průměru od 2,9 do 4,1, objevila v AMD ovlivněné vodní ploše acidofilní a acidotolerantní eukaryota. Studie se zaměřovala především na řasy, byly nalezeny tyto rody: *Microspora*, *Eunotia*, *Frustulia*, *Mougeotia* a *Euglena* (Freitas et al. 2011). Dominantní skupinou byly vláknité řasy rodu *Microspora*.

V rámci rodu *Euglena* byl v Indianě studován výskyt druhu *Euglena mutabilis*, který byl studován na 5 různých vodních lokalitách, které byly součástí uhelných lomů a byly ovlivněny AMD. Tento druh se vyskytoval ve všech 5 uhelných lomech. Ideální podmínky

dle studie je nízké pH (3,0 – 3,5 pH) a vysoký TDS (Total dissolved solids, celkový obsah rozpuštěných pevných látek (např. soli, minerály, železo)) (Brake et al. 2001).

Co se týče centrální Evropy, tak několik studií bylo provedeno v Německu. Několik těchto prací se věnuje konkrétnímu historickému území Lužici. Na tomto území se nachází velké množství extrémně kyselých jezírek, která vznikla díky povrchové těžbě hnědého uhlí. Na 23 těchto lokalitách probíhal výzkum Nixdorf et al. (1998). Z výsledků studie vyplývá, že podmínky pro život v těchto biotopech byly extrémní. Díky obsahu pyritu v uhlí, který se dostal na povrch, vzniklo AMD, které velmi ovlivnilo kyselost lokalit. V průměru se pH pohybovalo mezi 3,5 až 4,2.

V těchto kyselých podmínkách byly nalezeny rody *Chlamydomonas*, *Ochromonas*, *Euglena*, *Peridinium*, *Asterionella*, *Cyclotella*, *Cryptomonas*, *Rhodomonas*. (Nixdorf et al. 1998).

V letech 1995 až 1998 bylo v této oblasti studováno 32 zatopených lomů po povrchové těžbě hnědého uhlí, 14 z těchto 32 mělo extrémní kyselé podmínky (medián pH byl nižší než 3). Studie prokázala, že ve fytoplanktonu těchto extrémních lokalit dominují bičíkaté řasy, a to řasy z rodů: *Chlamydomonas*, *Ochromonas*, *Chromulina*, *Cyathomonas*, *Euglena* a *Lepocinclis*. Dalšími rody, které byly v těchto extrémních podmínkách nalezeny, ale nedominovaly, byly: *Eunotia*, *Nanochlorum*, *Nitzschia*, *Peridinium*, *Gymnodinium*, *Rhodomonas*, *Scourfieldia*. Autoři uvádí, že u mnoha druhů řas nebylo možné určit druh, protože buňky byly malé a neměly jasné morfologické vlastnosti (Lessmann et al. 2000).

Další studie od stejné spoluautorky (Nixdorf ze studií: Nixdorf et al. 1998, Lessmann et al. 2000), která se podílela na předchozích studiích, se taktéž zabývá experimentálním těžebním jezerem Koyne 113, které se taktéž nachází na území Lužice. Toto jezero patří k nejmenším v oblasti, kdy průměrná hloubka je 1 m (Lessman et al. 2003).

V tomto jezeře bylo nalezeno pouze 5 rodů, které bylo možné určit pomocí morfologie. Nejvyšší míru abundance měly *Chlamydomonas* spp., *Ochromonas* spp. a neurčené zelené kokální řasy. Dále se objevovaly v malém množství *Eunotia exigua* a *Lepocinclis teres* (Lessman et al. 2003).

## **2. Cíle práce**

Cíle mé bakalářské práce byly:

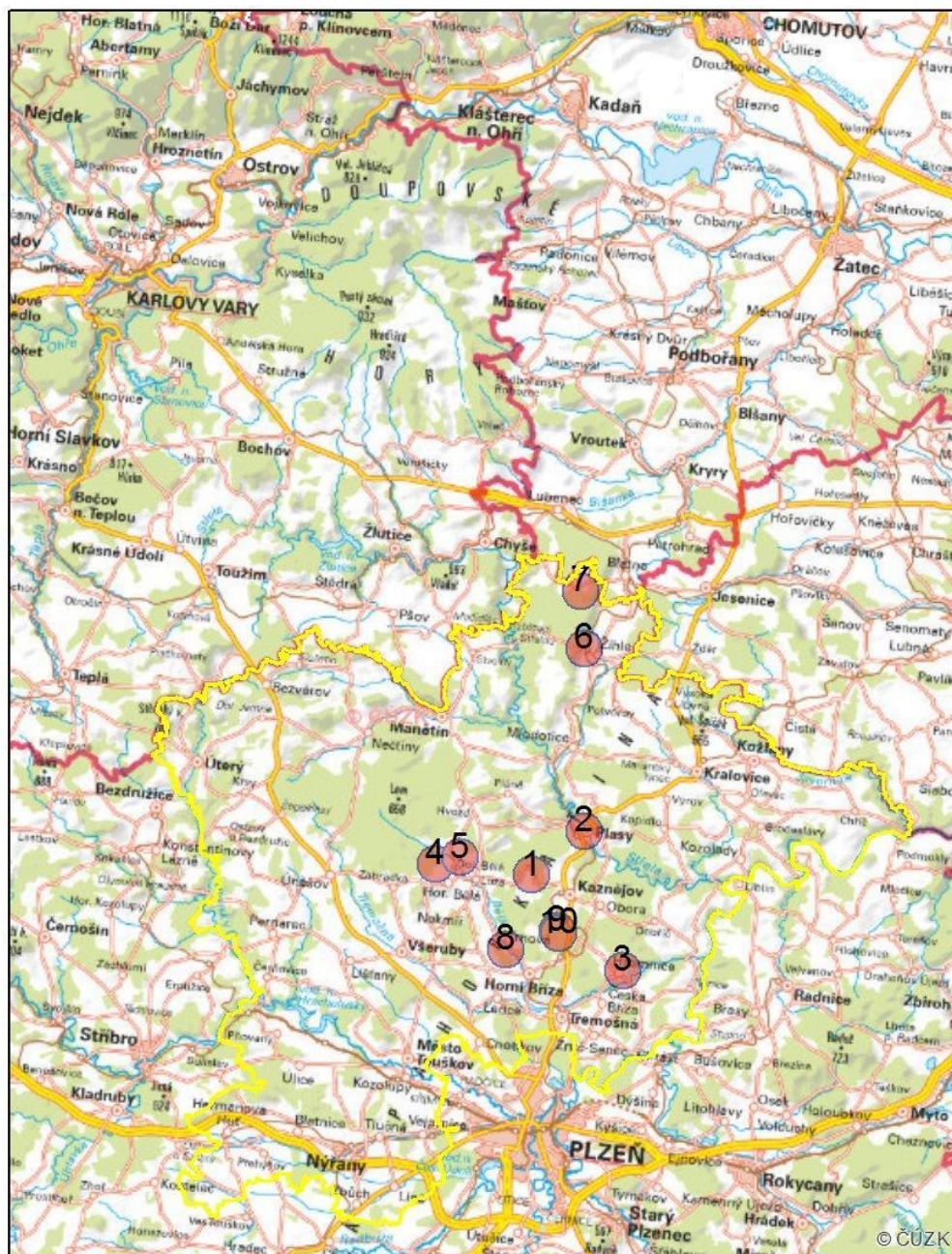
1. Provést literární rešerši k tématu flóry sinic a řas post-těžebních oblastí, především zatopených lomů
2. Provést základní floristický průzkum neprobádaných či málo probádaných lokalit na území okresu Plzeň-sever.
3. Zmapovat druhové složení sinic a řas a jejich zastoupení v planktonních společenstvech a jejich porovnání. Zjistit, zda mají fyzikálně-chemické faktory (pH, vodivost, teplota obsah živin) vliv na druhové složení fytoplanktonu.
4. Naučit se techniky odebrání a determinace sinic a řas.

### 3. Metodika

#### 3.1. Charakteristika a vymezení zkoumané oblasti

Tato práce se zabývá studiem lentických vodních ekosystémů v okrese Plzeň-sever. Jedná se především o vodní plochy post-těžební charakteru a antropogenního původu.

Mapa okresu Plzeň-sever



7. dubna 2021

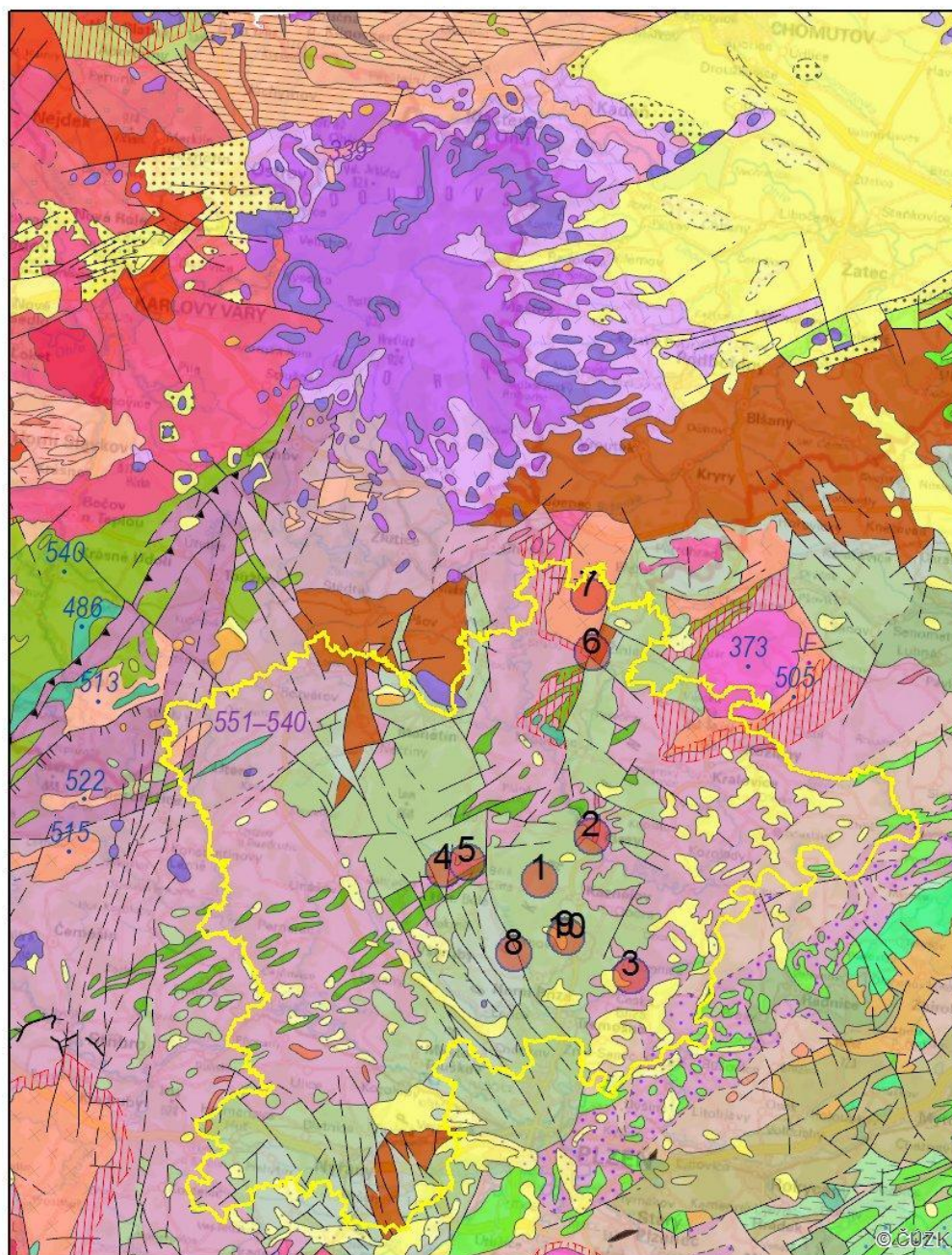
0 5,5 11 16,5 22 km

© Česká geologická služba



Obr.1: Mapa okresu Plzeň-sever s body, které označují jednotlivé lokality. Žlutá linie ukazuje hranice okresu. Lokality jsou vyznačeny červenými s číslicemi: 1 – Zatopený kaolinový lom u Kaznějova, 2 – Rybník Plasy, 3 – Hromnické jezírko, 4 – Černý rybník, 5 – Zelené jezírko, 6 – Zatopený lom u Žihle, 7 – Kamenolom Tis u Blatna, 8 – Rybník Hamr, 9 – Jezírko u Horní Břízy sever, 10 – Jezírko u Horní Břízy jih (lokality 9 a 10 jsou velmi blízko sobě a na mapě se překrývají) (Česká Geologická služba, 2021)

### Geologická mapa okresu Plzeň-sever



7. dubna 2021

0 5 10 15 20 km









S

© Česká geologická služba

Obr.2: Geologická mapa kraje Plzeň-sever s body, které označují jednotlivé lokality. Žlutá linie ukazuje hranice okresu. Lokality jsou vyznačeny červenými kruhy s číslicemi: 1 – Zatopený kaolinový lom u Kaznějova, 2 – Rybník Plasy, 3 – Hromnické jezírko, 4 – Černý rybník, 5 – Zelené jezírko, 6 – Zatopený lom u Žihle, 7 – Kamenolom Tis u Blatna, 8 – Rybník Hamr, 9 – Jezírko u Horní Břízy sever, 10 – Jezírko u Horní Břízy jih (lokality 9 a 10 jsou velmi blízko sobě a na mapě se překrývají) (Česká Geologická služba, 2021)


### Legenda Geologické mapy:

#### Geologické členění oblastí




-  1, Kenozoikum
-  3, Mezozoikum
-  4, Paleozoikum
-  5, Prekambrium a paleozoikum nerozlišené
-  6, Neoproterozoikum
-  7, Prekambrium nerozlišené
-  8, Variská intruziva
-  9, Předvariská intruziva a intruziva neznámého stáří

#### Horniny:


##### Pliocén

-  Pl písky, štěrky, jíly


##### Terciér

-  *tb* leukokratní trachybazalty, trachyandezity, trachyty, nerozlišené trachytické vulkanity, intruzivní trachytické brekcie
-  *b<sub>n</sub>* alkalické bazalty, tefrity, foidity, augitity, melanokratní trachybazalty, essexity, nerozlišené
-  *b<sup>1</sup><sub>o</sub>* olivinické alkalické bazalty a bazanity, olivinické foidity, limburgity, melilitické olivinické horniny, subvulkanické bazaltické brekcie, alterované olivinické bazaltové horniny, (starší výlevy a intruze v středu oherskeho riftu, převážně mělce subakvati


## Neogén

 N písky, štěrky, jíly


## Miocén

 M písky, štěrky, jíly, lignitové sloje


## Paleogén


 Pg písky, štěrky, jíly, dílem redeponované zvětraliny vulkanitů a Vulkanoklastika


## Spodní perm

 Pa rudé i šedé kalovce (prachovité jílovce), pískovce, arkozy, slepence, uhelné sloje


## Svrchní Karbon

 Cs rudé i šedé kalovce (prachovité jílovce), pískovce, arkozy, slepence, uhelné sloje


 Cws rudé i šedé kalovce (prachovité jílovce), pískovce, arkozy, slepence, uhelné sloje

 Cw2 šedé i rudé kalovce (prachovité jílovce), prachovce, pískovce, slepence, uhelné sloje


## Spodní – střední Ordovik


 Ō12 břidlice, prachovce, pískovce, křemence, silicity, bazalty, tufy


## Střední – svrchní Kambrium


 E2 břidlice, prachovce, pískovce


## Neoprotozoikum

 NPb břidlice, droby (rytmické střídání, flyšový vývoj) masivní tělesa drob–anchimetamorfované


 NPb1 břidlice, droby (rytmické střídání, flyšový vývoj) slabě metamorfované (chloritová a biotitová zóna)

 NPb2 středně silně metamorfované sedimenty (granátová a staurolitová zóna)


 NPb3 silně metamorfované siliciklastické sedimenty (kyanitová a sillimanitová zóna)


 o<sub>1</sub>NPolistostromy, anchimetamorfované až slabě metamorfované


Variská intruziva


 gdh amfibol-biotitické a biotiti-amfibolické granodiority


Převariská intruziva a neznámého stáří


 p<sup>x</sup> granitoidní žilné horniny

 s<sup>x</sup> gabroidní žilné horniny


 g<sup>x</sup> biotitické a dvojslídne granity a granodiority, místy deformované a metamorfované


 G<sup>x</sup> muskovit-chloritické, muskovit-chlorit-biotitické, dvojslídne, a biotitické metagranity až metagranodiority a ortoruly

 gd<sup>x</sup> biotitické a amfibol-biotitické granity a granodiority, místy deformované a metamorfované


 n<sup>x</sup> gabra, metagabra

Paleozoikum

 l2 ryolity, dacity, jejich tufy, nejvýš anchimetamorfované


 a2 andesity, alkalické andesity, jejich tufy, nanejvýš anchimetamorfované

Prekambrium

 b1 bazalty, bazaltické andesity a jejich alkalické ekvivalenty a tufy, nejvýš anchimetamorfované

Prekambrium a Paleozoikum

 A zelené břidlice

 B amfibolity, gramatické amfibolity

(Česká Geologická služba, 2021).

### 3.1.1. Charakteristika jednotlivých lokalit

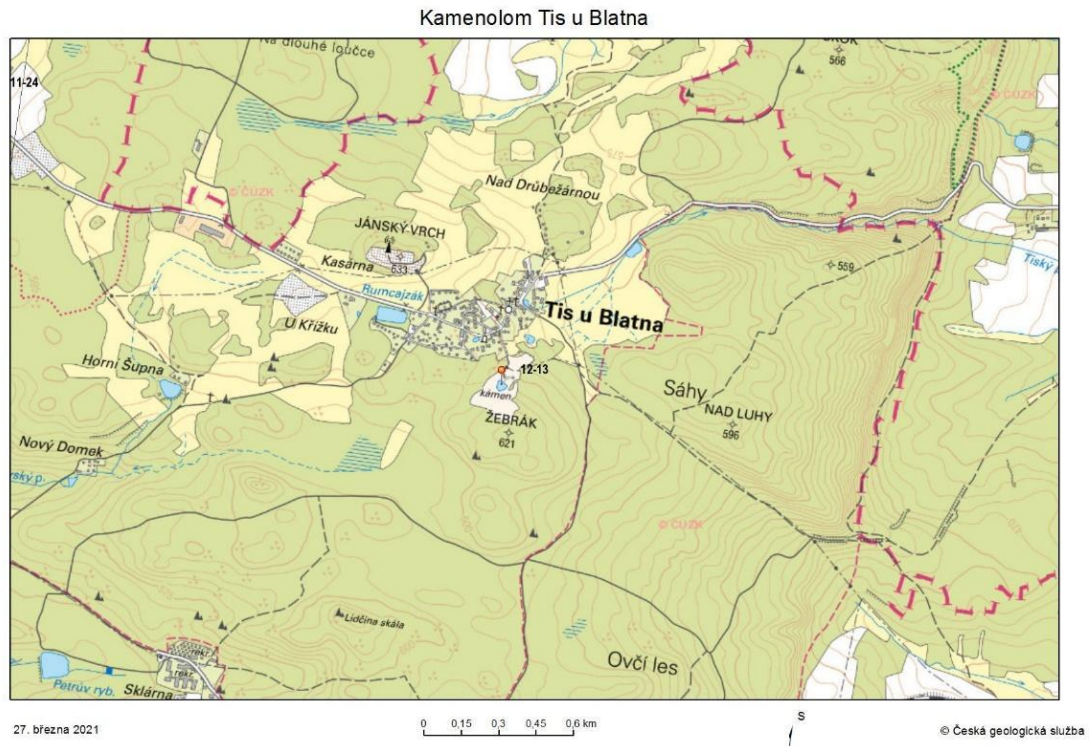
#### 3.1.1.1. Kamenolom Tis u Blatna

V oblasti stále funkčního žulového lomu vzniklo nahromaděním vody jezírko. Místní zaměstnanci společnosti Granio s.r.o. do jezírka nasadili ryby (Gonda, pers. comm.). Jezírko je poměrně hluboké, při měření průhlednosti vody, hloubka přesáhla 2 metry. Břeh tvoří velké žulové balvany a přístup k vodě je velmi omezený. Těžená žula, taktéž známá pod názvem Tiská žula, je tmavší a vysoce kvalitní, používala se při stavbě dlažby Pražského hradu (Granio s.r.o.).

Lom se nachází v oblasti, kde se vyskytují biotitické a dvojslídne granity a granodiority, z období předvariské intruze, které jsou místy deformované a metamorfované.



Obr.3: Fotografie vodní hladiny a břehu jezírka u kamenolomu Tis u Blatna.



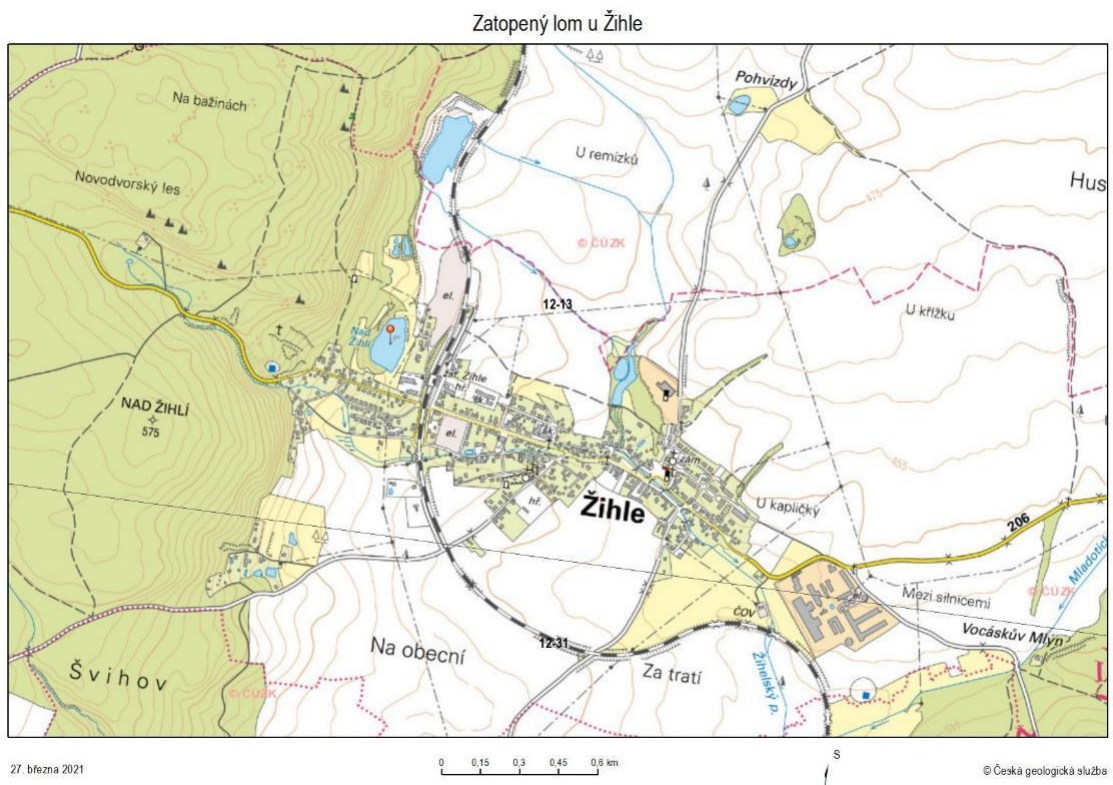
Obr.4: Mapa se špendlíkovým označením lokality (Česká Geologická služba, 2021)

### 3.1.1.2. Zatopený lom u Žihle

V žihelském lomu se těžila žula. Po ukončení provozu byl lom zatopen. Poblíž lomu se v lesích nacházejí žulové útvary, které jsou známé jako viklany. Dnes slouží pro místní obyvatelstvo jako rekreační místo. Menší část břehu je ohraničená smíšeným lesem, kde u břehu hojně rostou Břízy bělokoré. Bývalý lom se nachází v oblasti, kde se nacházejí rudé a šedé kalovce, pískovce, arkózy, slepence či uhelné sloje z období spodního Permu až svrchního Karbonu. Zároveň sousedí s oblastí výskytu biotických a dvojslídnych granitů a granodioritů a také s oblastí výskytu břidlic z období předvariské intruze.



Obr.5: Fotografie hladiny, břehu a blízkého okolí zatopeného lomu u Žihle.



Obr.6: Mapa se špendlíkovým označením lokality (Česká Geologická služba, 2021).

### 3.1.1.3. Rybník Plasy

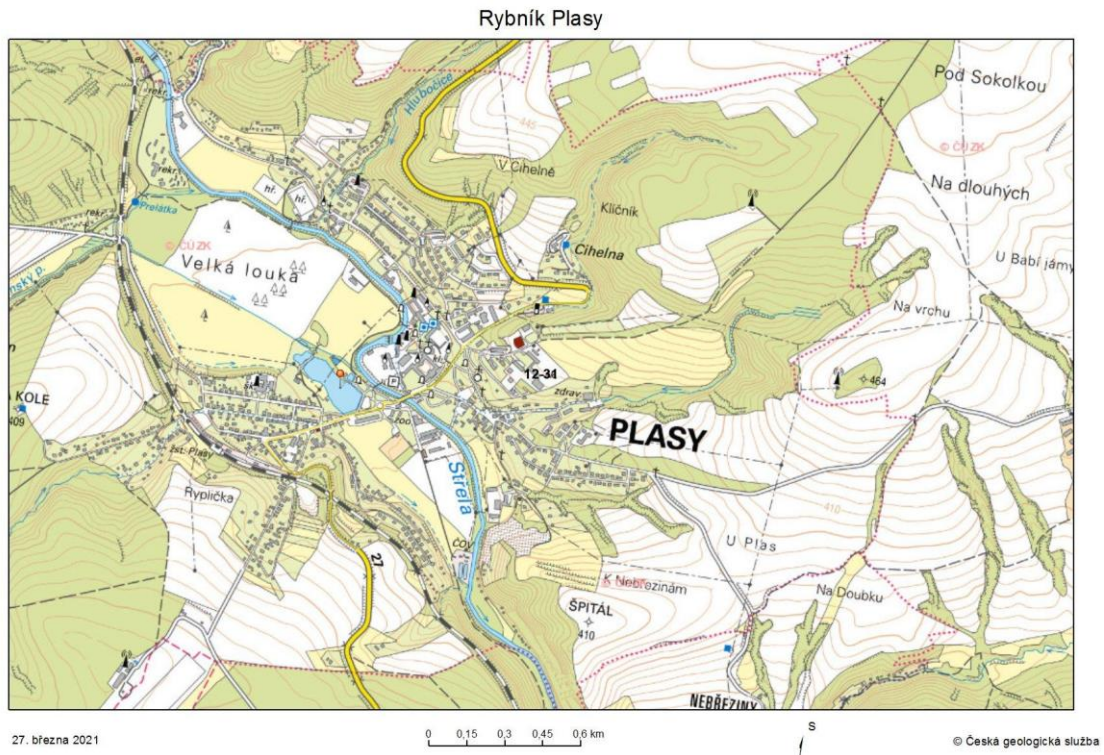
Rybník se nachází v centru města Plasy, kdy na levé části sousedí se silnicí a na pravé části se nachází Velká louka a sádky. V zadní části se od roku 2010 nachází přírodní koupaliště, před rybníkem bylo vystavěno parkoviště. Místní rybářský spolek v rybníce chová ryby a každoročně je pořádán výlov. Vodu do rybníka přivádí Lomanský potok. V sezoně břeh rybníka obrůstá rákos. Zároveň větší část břehu lemují vysoké stromy, hladina tam bývá zastíněná. Místními je využíván hlavně v zimě, když zamrzne, pro rekreaci. V minulosti sloužil jako zásobárna ledu pro místní pivovar, který spadal do majetku Metternichů (Kornatovský, 2011).

Rybník se nachází na hranici výskytu břidlic, mírně metamorfovaných drobů z období Neoproterozoika a granitoidních žilných hornin z období předvariské intruzivy.



Obr.7: Fotografie hladiny, břehu a okolí rybníka Plasy.





Obr.8: Mapa lokality se špendlíkovým označením (Česká Geologická služba, 2021).

#### 3.1.1.4. Zelené jezírko

Jezírko se nachází v soukromém vlastnictví na území obory Háječek. V těchto místech se kdysi těžila vitriolová břidlice a získávalo se oleum. Po ukončení těžby bylo jezírko zatopeno. Oprám se nachází poměrně hluboko oproti zbylému terénu. Přístup k vodní ploše je trochu obtížný, jelikož podloží tvoří haldy břidlice, která se drolí. Barva vody není jako u Hromnického jezírka (rudo-hnědá), ale smaragdově zeleno-modrá. Některé zdroje jezírko popisují i jako Smaragdové. Souvisí to s nedalekou těžbou kaolinu, a tedy se ve vodě nachází kromě roztoku kyseliny sírové i kaolinit (Kuberová & Lederer, 2001). V oboře žije vysoká zvěř, která se pravděpodobně, podle stop, chodí k vodě napít. Jezírko se nachází v oblasti výskytu břidlic a drobů, jenž jsou slabě metamorfované (s chloritovou a biotitovou zónou), z období Neoproterozoika. Sousedí s oblastí kalovců a pískovců z období svrchního Karbonu a sousedí s oblastí amfibolitů z období Prekambria a Paleozoika.



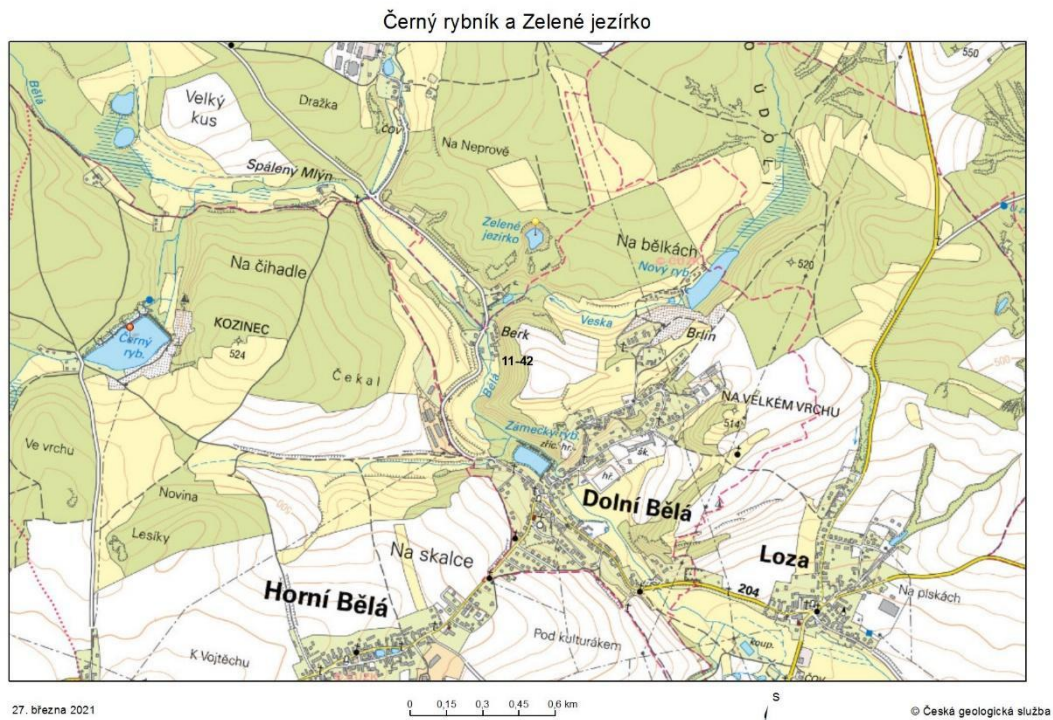
Obr.9: Fotografie hladiny, břehu a blízkého okolí Zeleného jezírka.

#### 3.1.1.5. Černý rybník (u Horní Bělé)

Rybník se nachází poblíž obce Horní Bělá. Dnes je obklopen ze všech stran chatami a místní využívají rybník především k rekreaci a rybaření. Poblíž břehu se nachází i stánek s rychlým občerstvením. Místní nazývají rybník Porájt (Čechurová, *pers. comm.*). Dále za chatami se pak rozprostírá na jedné straně jehličnatý les a na druhé straně dominuje louka. Rybník se nachází v oblasti s prachovitými jílovcí, pískovci, arkózami, slepenci a uhelnými slojemi z období svrchního Karbonu.



Obr.10: Fotografie hladiny, břehu a blízkého okolí Černého rybníka.



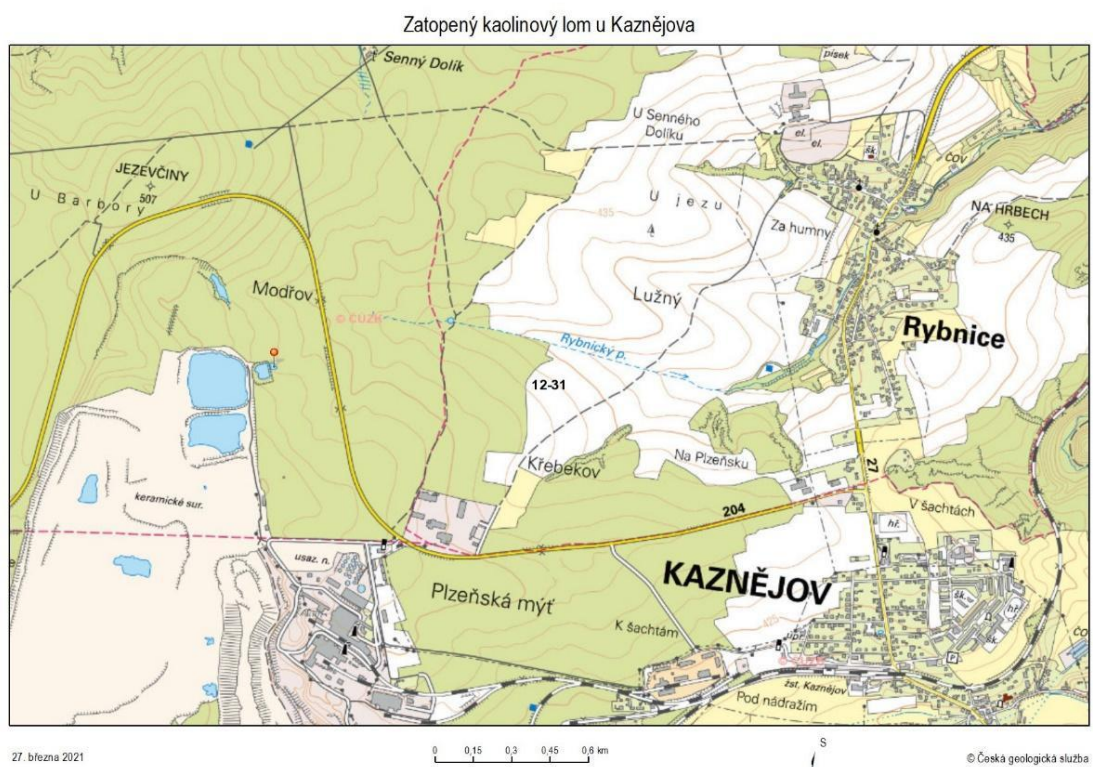
Obr.11: Mapa se špendlíkovitým označením lokalit. Červeně Černý rybník, žlutě Zelené jezírko (Česká Geologická služba, 2021).

### 3.1.1.6. Lom u Kaznějova

Lom se nachází u většího komplexu lomů na kaolin, ve kterých se stále těží. Kaolinka u Kaznějova je v soukromém vlastnictví. U oploceného pozemku je jeden volně přístupný zatopený kaolinový lom. Je skrytý v jehličnatém lese, nicméně poblíž břehu rostou ve větší míře břízy bělokoré. Na břehu lom v sezoně zarůstá orobincem. Kaolinový jíl tvoří i litorál a dle stop zvířat, se místní vysoká a černá zvěř chodí k lomu napít. Bývalý lom se nachází v místech, kde se hojně vyskytují prachové jílovce, pískovce, slepence a arkózy z období svrchního Karbonu.



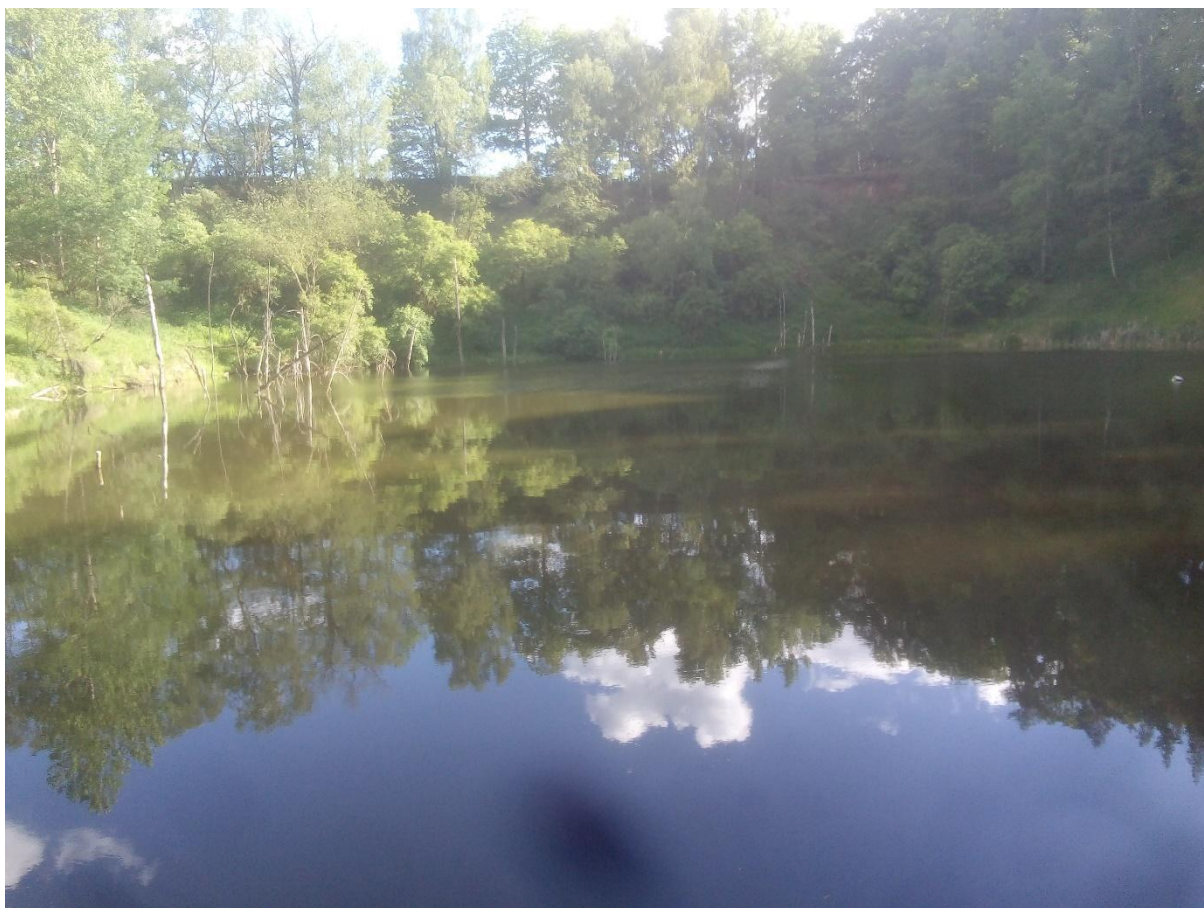
Obr.12: Fotografie hladiny, břehu a blízkého okolí zatopeného lomu u Kaznějova.



Obr.13: Mapa se špendlíkovým označením lokality (Česká Geologická služba, 2021).

### 3.1.1.7. Jezírka u Horní Břízy

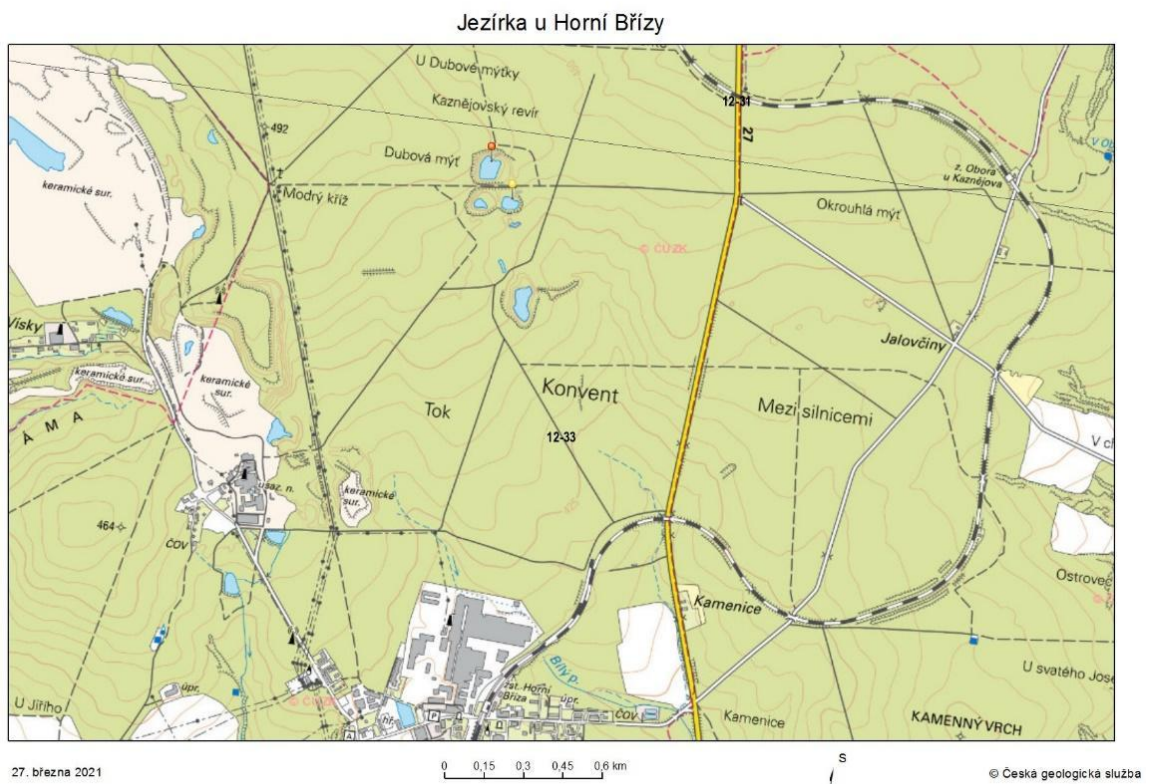
Oprámy vznikly po ukončení těžby kaolinu. V 60. letech místní chemička Lachema nechala vybudovat kalovod, který odváděl toxické látky do jam. Po zjištění, že by toxické látky mohly prosakovat do podzemních vod, byla vybudována síť vrtů. Díky nim se toxicita vody může monitorovat. V rozborech byly nalezeny nadlimitní hodnoty rtuti, kobaltu, niklu, olova, naftalenu, sodíku, chloridů, dusičnanů a manganu (Walter, 2020). Obě jezírka jsou níže, než je ostatní terén. Přístup k severnímu jezírku je v pořádku. Přístup k břehu jižního jezírka byl obtížný. Cesta byla zarostlá vegetací kapradin. Obě jezírka jsou v místech hranice dvou geologických oblastí. Setkávají se zde oblasti výskytu prachovitých jílovců, pískovců, slepenců z období svrchního Karbonu a oblast výskytu písků, jílu, štěrků a lignitových slojí z Miocénu.



Obr.14: Fotografie hladiny, břehu a blízkého okolí severního jezírka u Horní Břízy.



Obr.15: Fotografie hladiny, břehu a blízkého okolí jižního jezírka u Horní Břízy.



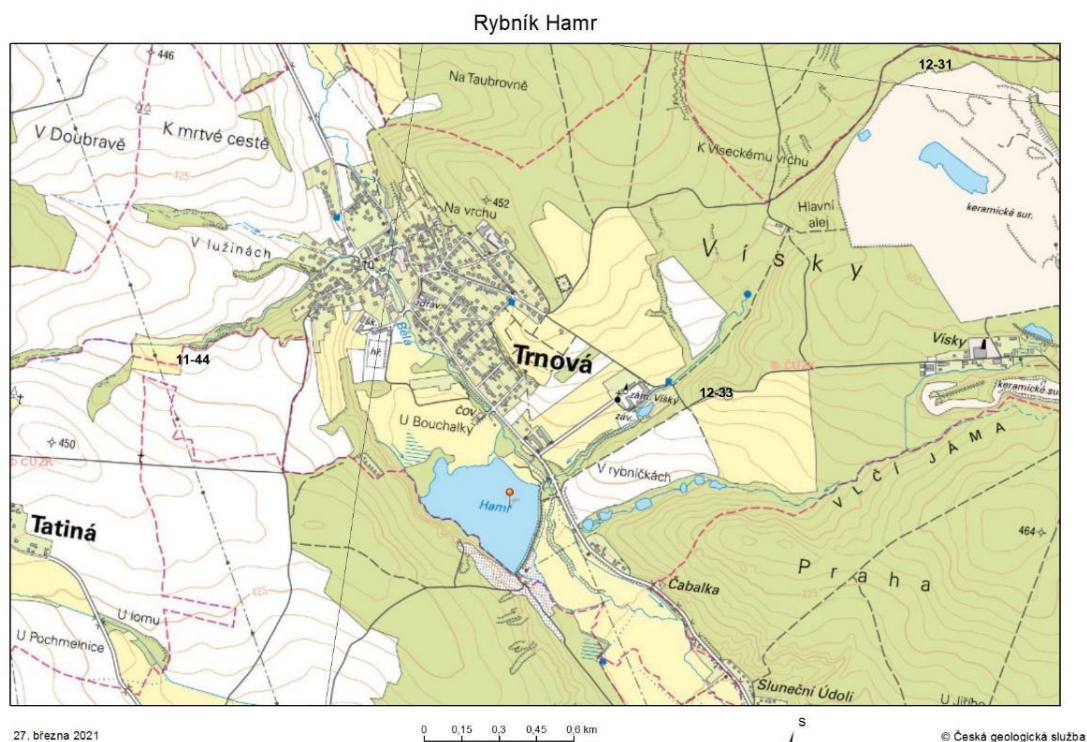
Obr.16: Mapa lokalit se špendlíkovým označením, červeně Jezírko u Horní Břízy sever, žlutě Jezírko u Horní Břízy jih (Česká Geologická služba, 2021).

### 3.1.1.8. Rybník Hamr

Rybník Hamr poblíž obce Trnová, místními nazývaný také Vísecký nebo Labutí, je využíván hlavně k rekreaci a rybolovu. Nachází se mezi lesem a silnicí. Z jedné strany se také nachází chaty rekreatantů. Kdysi také sloužil jako zdroj užitkové vody pro kaolinový závod v Horní Bříze (obecní úřad Trnová, 2021). Dnes slouží jako rekreační místo a při všech odběrech byli pozorováni rybáři, jak rybaří poblíž hráze rybníka. Část rybníka obemývá cesta, po které kromě pěších jezdí i auta. Druhou část lemují stromy a část louky. Rybník se nachází na geologickém území prachovitých jílovců, slepenců, pískovců a uhelných slojí z období svrchního Karbonu.



Obr.17: Fotografie hladiny a blízkého okolí rybníku Hamr.



Obr.18: Mapa se špendlíkovým označením lokality (Česká Geologická služba, 2021).

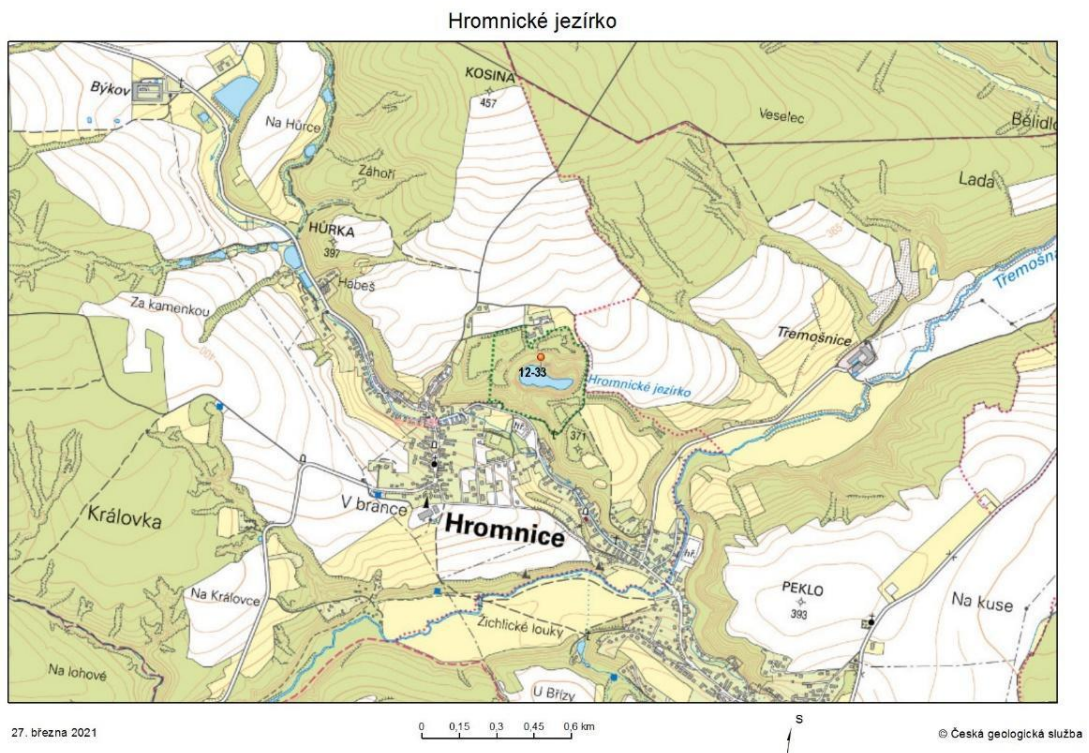
### 3.1.1.9. Hromnické jezírko

Hromnické jezírko je chráněná přírodní památka, která je chráněná z důvodu historického kontextu těžby kamenečných břidlic a je ponechána přirozenému vývoji. Velmi kyselé pH, které se může pohybovat až k 2,6 (Kuberová & Lederer, 2001). Oprám je velmi hluboko, na okrajích ostatního terénu se nachází smíšený les. Stromy rostou i ve svahu, převážně to jsou břízy bělokore. Jezírko je cílem turistů, místní sem chodí relaxovat. Poblíž jezírka se nachází koňský ranč. Břeh a svah tvoří haldy zpevněné břidlice, stezka vedoucí ke břehu je zpevněná kořenovým systémem rostoucí vegetace. Jezírko se nachází v oblasti s výskytem břidlic a drobů, které mají rytmické střídání a flyšový vývoj a jsou slabě metamorfované. Časově lze oblast zařadit do doby Neoproterozoika.





Obr.19: Fotografie hladiny, břehu a blízkého okolí Hromnického jezírka.



Obr.20: Mapa se špendlíkovým označením lokality (Česká Geologická služba, 2021).

### 3.2. Odběry

Ve vybraných lokalitách byly plánované odběry vzorků v rámci sezony 2020 třikrát. První odběry se uskutečnily na jaře, konkrétně 17. 4. 2020. Po zpracování prvního odběru bylo zjištěno, že byl proveden příliš brzy a použitá planktonní síť byla na některé lokality příliš řídká. Druhé jarní odběry proběhly 29. 5. 2020. Letní vzorky byly odebrány 27. 8. 2021. Podzimní sběr dat proběh 1. 10. 2020.

Na daných lokalitách byly vzorky odebírány pomocí planktonní sítě. Při prvních odběrech byla použita síť s velikostí ok 20  $\mu\text{m}$ . Při dalších odběrech s velikostí ok 10  $\mu\text{m}$ , což se ukázalo u některých lomů jako účinnější. Bentos ani perifyton odebírán nebyl, jelikož se ve většině lomů nevyskytoval. Dále bylo odebráno 100 ml vody pro laboratorní chemickou analýzu.

Na každé lokalitě byly měřeny momentální environmentální podmínky jako teplota, pH a vodivost vody, to bylo měřeno pomocí multimetru Hanna Combo pH/EC HI 98129. Dále byla měřena průhlednost vody za pomoci Secciho disku.

### 3.3. Zpracování vzorků a fixace

Vzorky byly po odběru uchovány v lednici. Následně byly jako první zpracovány vzorky určené pro chemickou analýzu. Byl použit fotometr Hanna HI 83200 pro měření množství fosforečnanů, dusíku ve formě amoniaku. K tomu byly využity speciální sady chemikálií určených k měření množství iontů za pomoci spektrofotometrie.

Vzorky pro determinaci druhů byly zafixovány pomocí 38 % formaldehydu na výslednou koncentraci vzorku 1,5 %. Vzorky byly určovány s použitím světelného mikroskopu Olympus BX51 a fotodokumentace byla provedena za pomoci kamery Olympus DP74 a programu CellSens. Druhy byly určovány podle Atlasu sinic a řas České republiky 1 a 2 (Kaštovský et al. 2018). Pro jednotlivé taxony byla použita upravená Braun-Blanquetova stupnice relativní abundance (Poniewozik & Jurán 2018):

- + - jeden zástupce druhu (výskyt druhu byl 1-5 zástupců na sklíčku)
- 1 – řídko zastoupený druhu (výskyt druhu byl 5–10 zástupců na sklíčku)
- 2 – častý zástupce druhu (výskyt druhu byl 10-15 zástupců na sklíčku)
- 3 – velmi častý zástupce druhu (výskyt druhu bylo okolo 20 zástupců na sklíčku)
- 4 – hojný zástupce druhu (výskyt druhu bylo více než 20 zástupců na sklíčku)
- 5 – dominantní druh (druh dominoval v počtu zástupců na sklíčku)

Kvůli některým řidším vzorkům bylo potřeba vzorky stočit na centrifuze Eppendorf 5804 (Eppendorg AG, Humburg, Německo). Vzorky byly již zafixované, takže bylo potřeba je centrifugovat na nižší otáčky a kratší dobu, aby nedošlo k poškození buněk. Byly v centrifuze při rychlosti 1000 otáček za minutu po dobu 3 minut.

## 4. Výsledky

### 4.1. Environmentální parametry

Naměřené hodnoty byly zaznamenány ve vegetační sezóně 2020. Pro přehledovou tabulku byly použity poslední 3 odběry (druhý jarní odběr, letní a podzimní odběr). Nejextrémnější pH mělo Hromnické jezírko, lokalita vykazovala extrémně nízké pH, které při letních odběrech dosáhlo hodnoty 2,1. Naopak alkalické prostředí měl žulový kamenolom Tis u Blatna, což je velmi netypické. Mohlo by to být zapříčiněno i vysazením ryb do lomu.

Tab.1: Přehledová tabulka naměřených hodnot při odebrání vzorků za vegetační sezonu 2020

Lokalita	Roční období	Teplota[°C]	Vodivost [ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ]	pH	Průhlednost [cm]
Rybník Hamr	Jaro	19,30	270,00	7,45	65
	Léto	20,40	241,00	8,30	32,5
	Podzim	15,20	270,00	7,85	47,5
Jezírko u HB jih	Jaro	20,30	595,00	8,81	32,5
	Léto	19,20	610,00	7,40	31
	Podzim	12,50	760,00	7,25	31
Jezírko u HB sever	Jaro	22,20	875,00	8,40	22,5
	Léto	20,50	881,00	7,23	42,5
	Podzim	16,20	1046,00	6,74	51
Lom Kaznějov	Jaro	21,50	216,00	7,49	10
	Léto	20,00	190,00	8,50	10
	Podzim	16,60	188,00	7,10	10
Rybník Plasy	Jaro	19,20	307,00	9,34	41
	Léto	19,50	297,00	8,90	21
	Podzim	13,20	312,00	7,02	21
Černý rybník	Jaro	18,10	217,00	6,68	82
	Léto	20,20	182,00	7,32	51
	Podzim	13,30	184,00	5,22	50,5
Hromnické jezírko	Jaro	18,70	2270,00	3,40	51,5
	Léto	20,60	1307,00	2,10	46
	Podzim	14,00	2880,00	3,50	46,5
Kamenolom Tis u Blatna	Jaro	14,00	166,00	9,60	180
	Léto	18,50	166,00	11,00	172,5
	Podzim	14,00	204,00	7,24	173
Lom Žihle	Jaro	17,00	441,00	9,53	121
	Léto	20,50	400,00	10,00	105
	Podzim	15,10	440,00	7,20	83
Zelené jezírko	Jaro	15,80	325,00	6,50	127,5
	Léto	19,80	325,00	6,00	132,5
	Podzim	14,30	375,00	5,60	128

#### 4.2. Chemická analýza vody

Při porovnání jednotlivých lokalit vychází, že nejúživnější prostředí se vyskytuje v Jezírku u Horní Břízy sever, a to jak obsahem fosforečných iontů, tak iontů amoniakových. Největší množství živin se vyskytovalo v podzimních vzorcích, v porovnání s dalšími lokalitami, jsou Jezírka u HB jednoznačně nejbohatší na živiny.

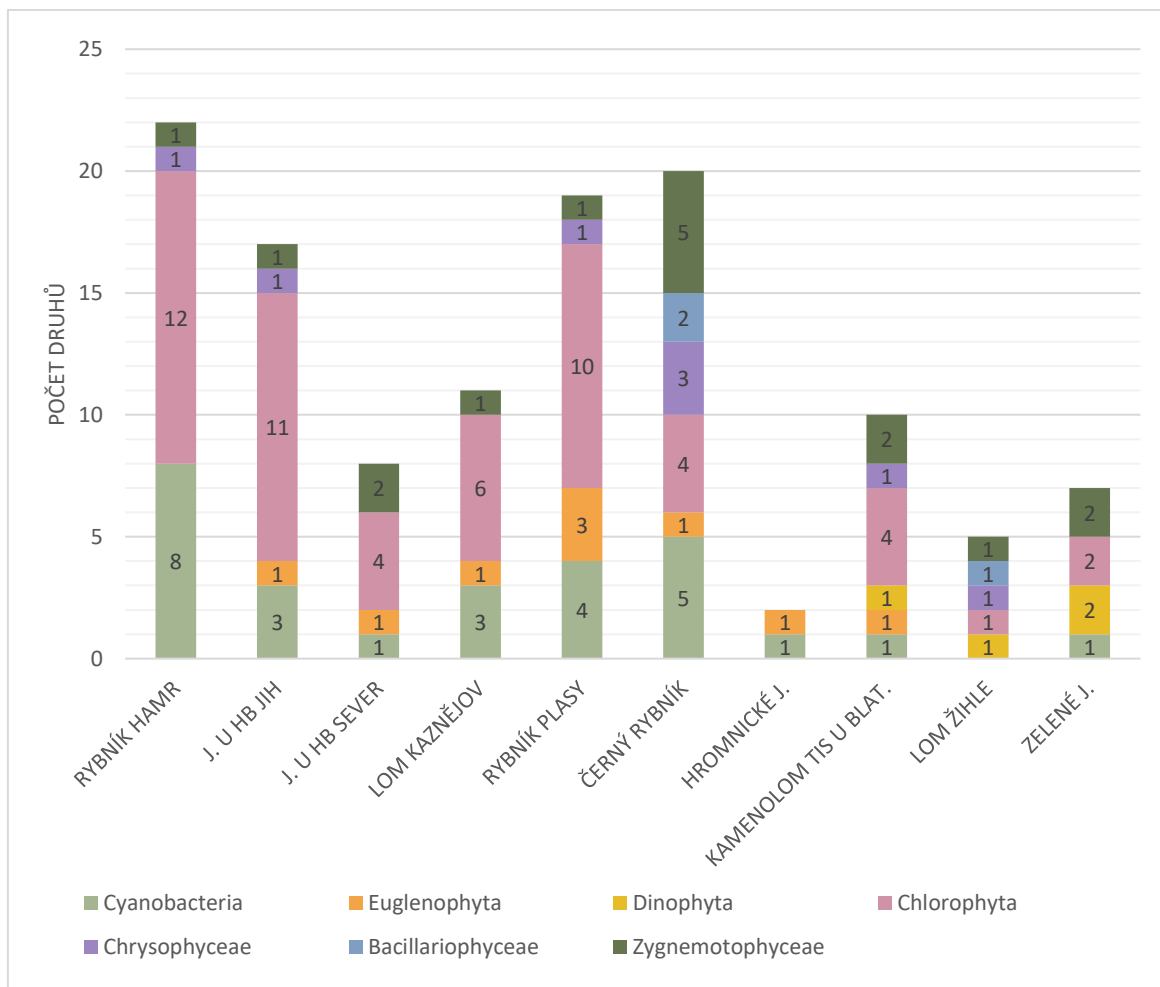
Tab.2: Přehledová tabulka pro fosforečné a amoniakové ionty z jednotlivých lokalit za vegetační sezónu 2020.

Lokalita	Roční období	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> [mg.l <sup>-1</sup> ]	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg.l <sup>-1</sup> ]
Rybník Hamr	Jaro	1,50	0,22
	Léto	0,00	0,05
	Podzim	0,30	0,00
Jezírko u HB jih	Jaro	1,40	2,89
	Léto	0,40	1,98
	Podzim	1,30	4,77
Jezírko u HB sever	Jaro	3,80	0,19
	Léto	5,20	1,69
	Podzim	5,40	7,87
Lom Kaznějov	Jaro	0,60	0,61
	Léto	0,80	0,00
	Podzim	0,50	2,13
Rybník Plasy	Jaro	0,60	0,21
	Léto	0,90	1,38
	Podzim	1,00	0,13
Černý rybník	Jaro	2,20	0,50
	Léto	1,00	0,00
	Podzim	0,20	0,06
Hromnické jezírko	Jaro	0,00	0,55
	Léto	1,00	0,20
	Podzim	1,00	0,20
Kamenolom Tis u Blatna	Jaro	1,90	0,00
	Léto	3,00	0,00
	Podzim	1,00	0,00
Lom Žihle	Jaro	3,20	0,04
	Léto	1,70	1,64
	Podzim	2,20	0,00
Zelené jezírko	Jaro	2,00	0,45
	Léto	2,40	0,38
	Podzim	2,10	0,29

#### 4.3. Fytoplankton

Celkem bylo nalezeno 77 druhů za vegetační sezónu 2020. Ve většině lokalitách měla největší biodiverzitu skupina Chlorophyta, výjimku tvořily lokality Lom u Žihle, Tis u Blatna

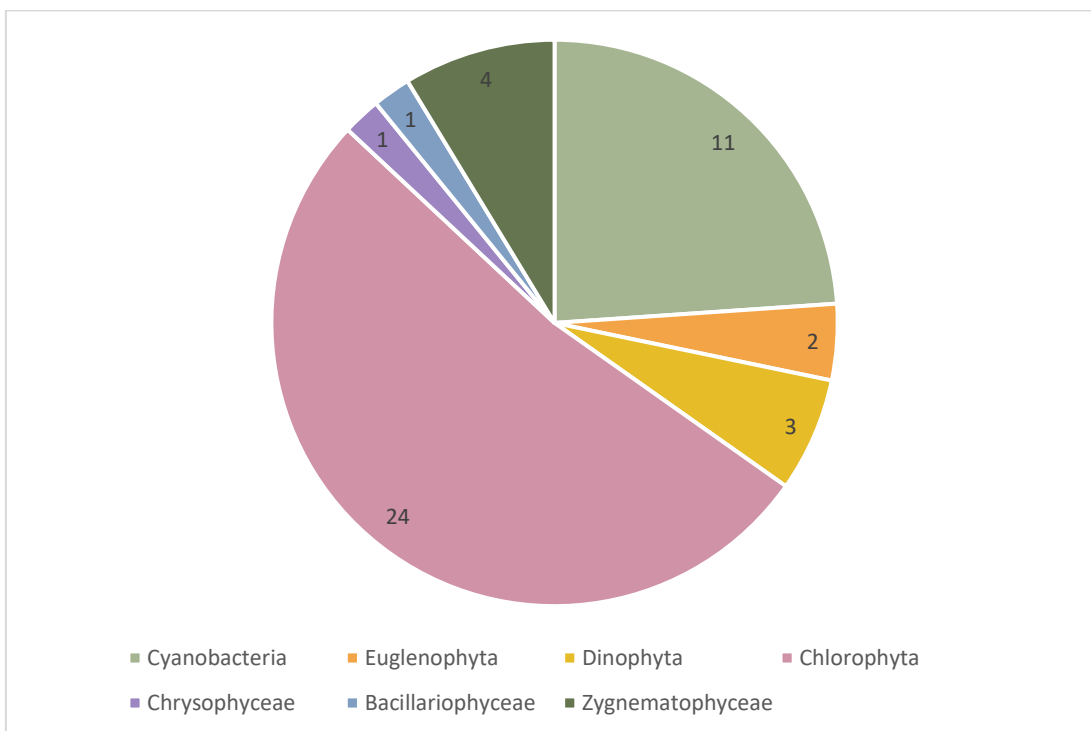
a Hromnické jezírko, kde se nevyskytovali žádní zástupci této skupiny, což zachycuje Obr.21. Další hojnou skupinou byly Cyanobacteria a Zygnematophyceae.



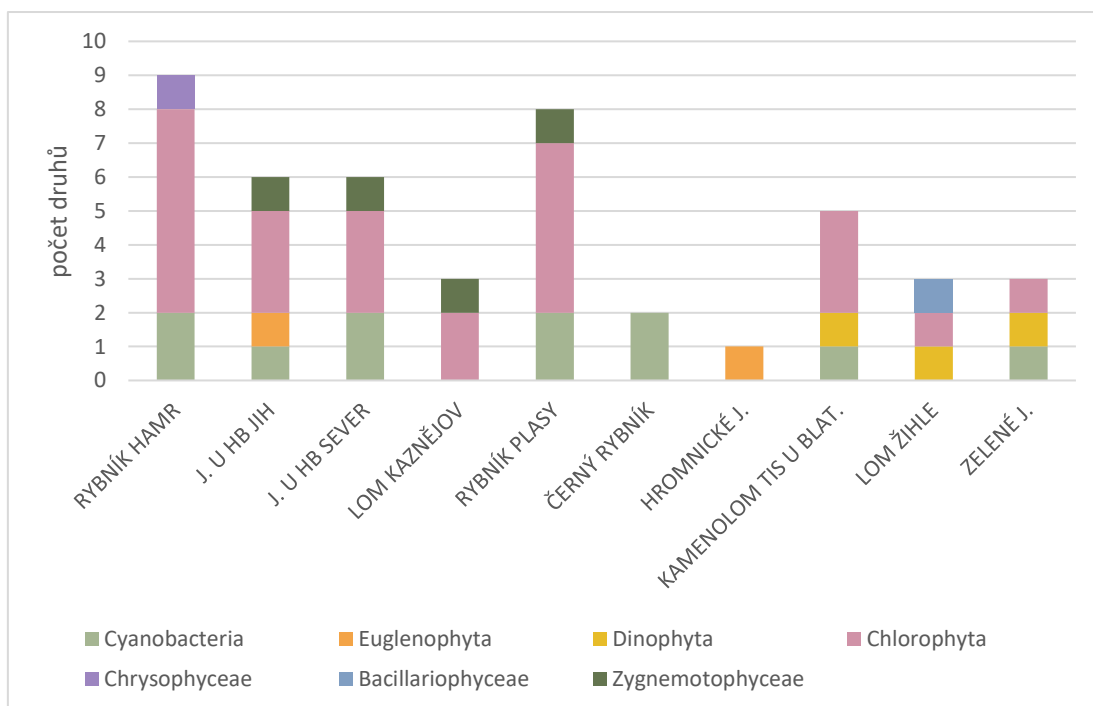
Obr.21: Graf znázorňující počet druhů zastoupených taxonů v jednotlivých lokalitách za sezonu 2020

### 4.3.1. Jarní fytoplankton

Jarní fytoplankton byl bohatý zejména u skupin Chlorophyta a Cyanobacteria.



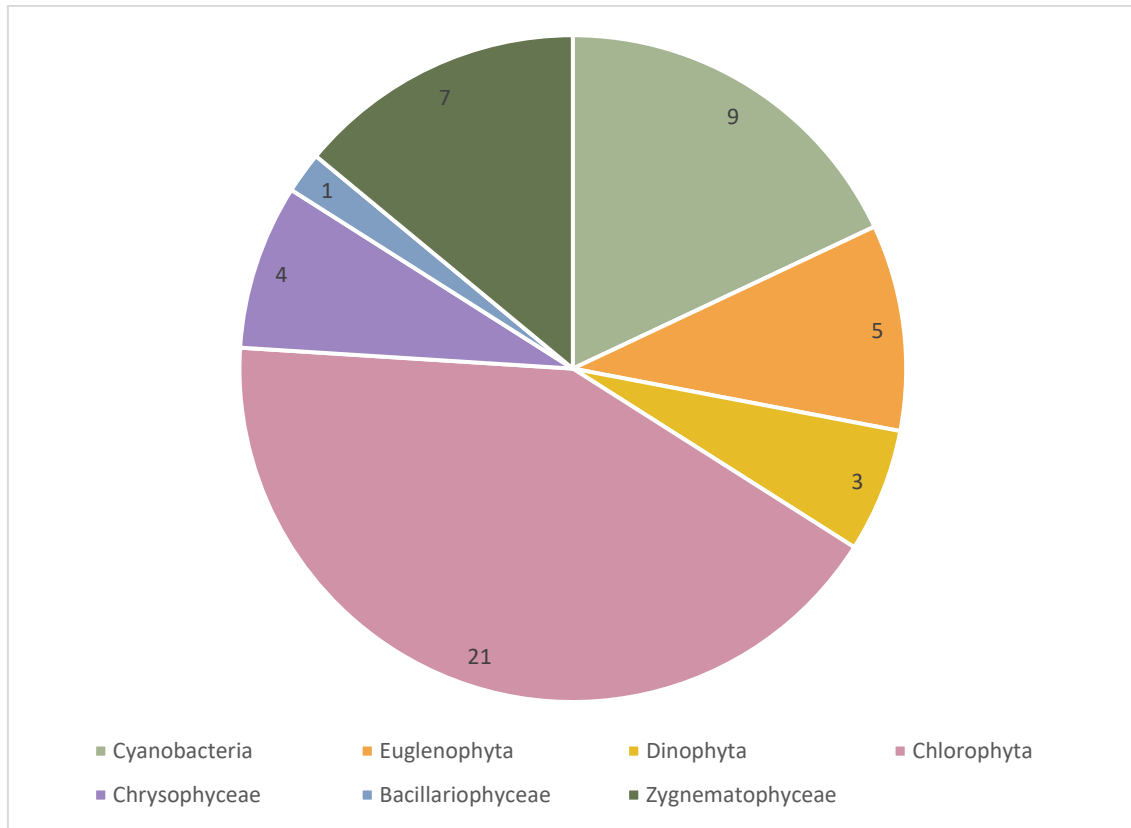
Obr.22: Graf zobrazující počty zastoupených druhů ve všech lokalitách v jarních vzorcích



Obr.23: Graf ukazující přehled zastoupených taxonů v jarních odběrech v jednotlivých lokalitách

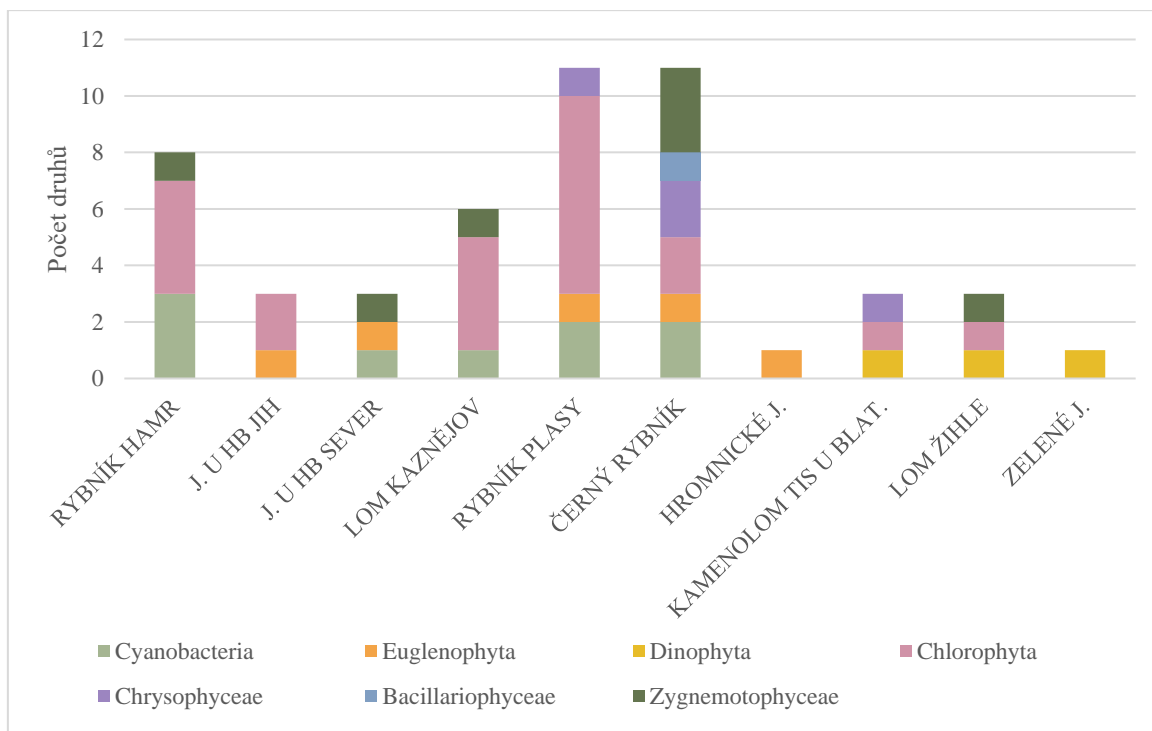
### 4.3.2. Letní fytoplankton

Letní fytoplankton byl, co se týče druhové diverzity, bohatší než jarní. Sice o trochu klesla bohatost Chlorophyta a Cyanobacteria, ale zvýšila se diverzita druhů u skupin Dinophyta, Chrysophyceae, Euglenophyta a Zygnematophyceae.



Obr.24: Graf zobrazující počty zastoupených druhů ve všech lokalitách v letních vzorcích.

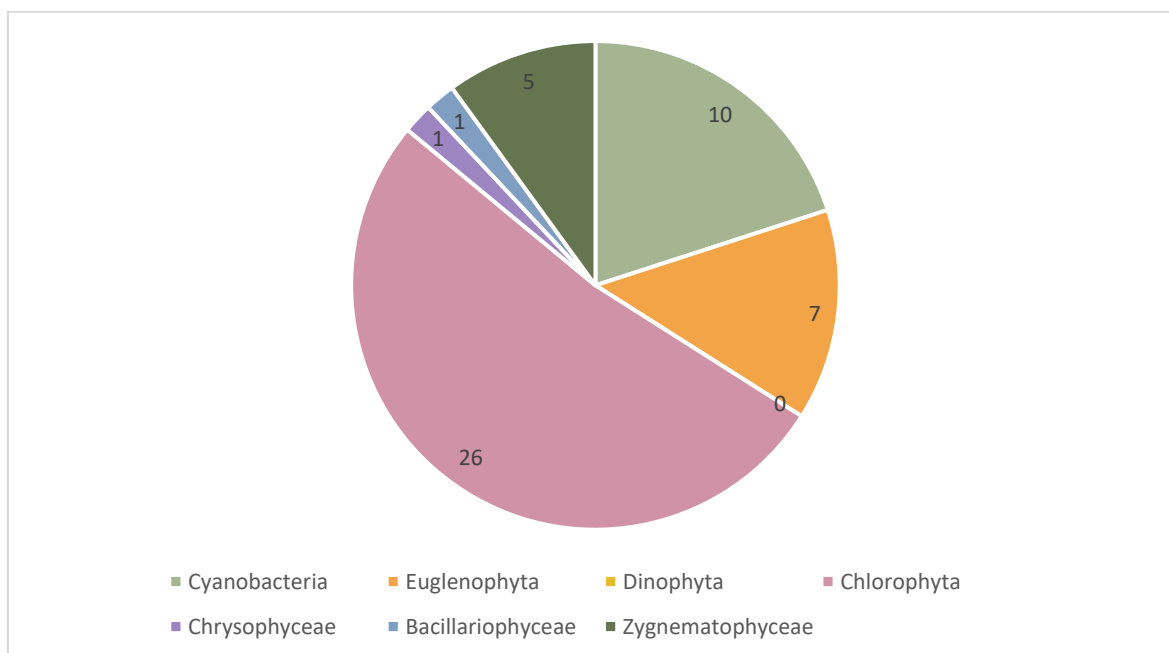




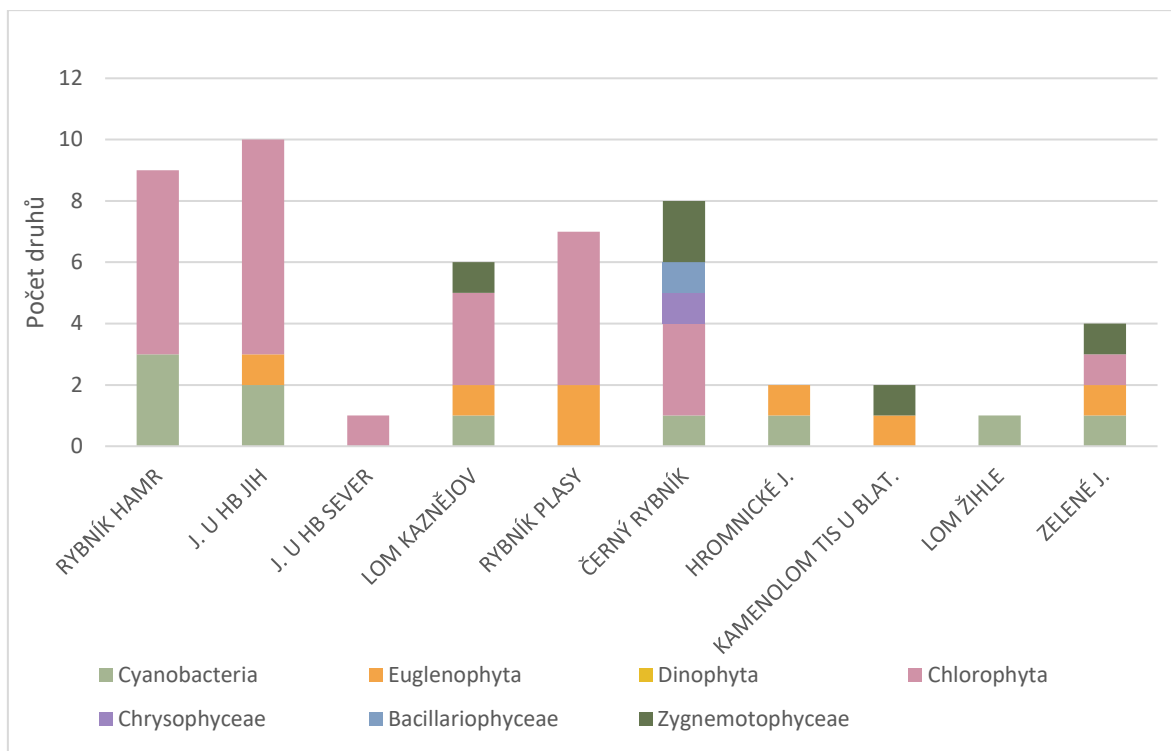
Obr.25: Graf ukazující přehled zastoupených taxonů v letních odběrech v jednotlivých lokalitách

#### 4.3.3. Podzimní fytoplankton

Podzimní fytoplankton opětovný nárůst biodiverzity skupin Chlorophyta a Cyanobacteria, nicméně skupina Dinophyta se v podzimních měsících nevyskytovala vůbec a zbylé skupiny měly chudší druhovou bohatost.



Obr.26: Graf zobrazující počty zastoupených druhů ve všech lokalitách v podzimních vzorcích



Obr.27: Graf ukazující přehled zastoupených taxonů v podzimních odběrech v jednotlivých lokalitách

#### 4.4. Podrobné algologické nálezy jednotlivých lokalit

Podrobný výčet vyskytujících se druhů na jednotlivých lokalitách je zaznamenán v Tab.3 a míra jejich abundancí je vyznačena v příloze I.



	RYBNÍK HAMR	J. U HB JIH	J. U HB SEVER	LOM KAZNĚJOV	RYBNÍK PLASY	ČERNÝ RYBNÍK	HROMNICKÉ J.	KAMENOLOM TIS U BLAT.	LOM ŽIHLE	ZELENÉ J.
<i>Limnococcus limneticus</i> (Lemmermann) Komárková, Jezberová, O.Komárek & Zapomelová	+									+
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	+	+				+				
<i>Microcystis novacekii</i> (Komárek) Compère						+				
<i>Merismopedia punctata</i> Meyen		+								
<i>Phormidium retzii</i> Kützing ex Gomont				+				+		
* <i>Phormidium incrustatum</i> Gomont ex Gomont								+		
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	+									
* <i>Spirulina major</i> Kützing ex Gomont					+					
<i>Woronichinia ruzickae</i> Komárek & Hindák					+	+	+			
<i>Woronichinia naegeliana</i> (Unger) Elenkin				+	+					
<b>Euglenophyta</b>										
<i>Euglena geniculata</i> Dujardin					+					



	RYBNÍK HAMR	J. U HB JIH	J. U HB SEVER	LOM KAZNĚJOV	RYBNÍK PLASY	ČERNÝ RYBNÍK	HROMNICKÉ J.	KAMENOLOM TIS U BLAT.	LOM ŽIHLE	ZELENÉ J.
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli in A.Braun		+								
<i>Choricystis guttula</i> (Skuja) Fott								+		
<i>Closteriopsis acicularis</i> (Chodat) J.H.Belcher & Swale				+						
<i>Crucigenia fenestrata</i> (Schmidle) Schmidle	+									
<i>Desmodesmus abundans</i> (Kirchner) E.H.Hegewald	+		+							
<i>Desmodesmus communis</i> (E.Hegewald) E.Hegewald	+	+	+	+	+	+				+
<i>Desmodesmus</i> spp.		+								
<i>Desmodesmus dispar</i> (Brébisson) E.Hegewald		+								
<i>Desmodesmus armatus</i> (Chodat) E.H.Hegewald						+				
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg	+					+				
<i>Franceia ovalis</i> (Francé) Lemmermann		+						+		
<i>Fusola viridis</i> J.W.Snow								+		
<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius					+					

	RYBNÍK HAMR	J. U HB JIH	J. U HB SEVER	LOM KAZNĚJOV	RYBNÍK PLASY	ČERNÝ RYBNÍK	HROMNICKÉ J.	KAMENOLOM TIS U BLAT.	LOM ŽIHLE	ZELENÉ J.
<i>Lagerheimia wratislawiensis</i> Schröder	+									
<i>Monactinus simplex</i> (Meyen) Corda	+				+	+				
<i>Pandorina morum</i> (O.F.Müller) Bory		+	+					+		
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen					+					
<i>Planktosphaeria gelatinosa</i> G.M.Smith									+	
<i>Parapediastrum biradiatum</i> E.Hegewald					+					
<i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Turpin) E.Hegewald	+				+					
<i>Scenedesmus disciformis</i> (Chodat) Fott & Komárek		+			+					
<i>Stichococcus pelagicus</i> (Nygaard) Hindák					+					
<i>Selenastrum gracile</i> Reinsch				+						
<i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) E.Hegewald										
<i>Tetradesmus acuminatus</i> (Lagerheim) M.J.Wynne	+	+	+	+	+				+	
<i>Tetrastrum komarekii</i> Hindák					+					

	RYBNÍK HAMR	J. U HB JIH	J. U HB SEVER	LOM KAZNĚJOV	RYBNÍK PLASY	ČERNÝ RYBNÍK	HROMNICKÉ J.	KAMENOLOM TIS U BLAT.	LOM ŽIHLE	ZELÉNÉ J.
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i> (Schröder) Lemmermann	+									
<i>Tetraedron regulare</i> Teiling		+								
<i>Tetraedron minutum</i> (A.Braun) Hansgirg	+									
<i>Verrucodesmus verrucosus</i> (Y.V.Roll) E.Hegewald	+			+						
<i>Willea apiculata</i> (Lemmermann) D.M.John, M.J.Wynne & P.M.Tsarenko					+					
Chrysophyceae										
<i>Dinobryon cylindricum</i> O.E.Imhof								+		
<i>Dinobryon divergens</i> O.E.Imhof						+				
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehrenberg						+				
<i>Chrysococcus triporus</i> B.Mack		+								
<i>Mallomonas caudata</i> Iwanoff (Ivanov)	+				+	+				
Bacillariophyceae										
<i>Asterionella formosa</i> Hassall						+				



	RYBNÍK HAMR	J. U HB JIH	J. U HB SEVER	LOM KAZNĚJOV	RYBNÍK PLASY	ČERNÝ RYBNÍK	HROMNICKÉ J.	KAMENOLOM TIS U BLAT.	LOM ŽIHLE	ZELENÉ J.
<i>Aulacoseira subarctica</i> (O.Müller) E.Y.Haworth						+				
<i>Cyclotella ocellata</i> Pantocsek									+	
Zygnematophyceae										
<i>Staurastrum bloklandiae</i> Coesel & Joosten	+		+	+		+		+		
<i>Staurastrum subavicula</i> (West) West & G.S.West						+				
<i>Staurastrum dejectus</i> (Brébisson) Teiling						+				
<i>Staurastrum chaetoceras</i> (Schröder) G.M.Smith		+	+		+					
<i>Staurastrum micron</i> West & G.S.West										+
<i>Staurastrum megacanthus</i> var. <i>scoticus</i> West & G.S.West						+				
<i>Staurastrum avicula</i> Brébisson						+				

#### 4.4.1. Rybník Hamr

V jarních měsících byla druhově bohatá skupina Chlorophyta s nejdominantnějšími zástupci *Desmodesmus abundans* a *Lagerheimia wratislawiensis*. Dalšími méně abundantními zástupci zelených řas byly druhy *Actinastrum hantzschii*, *Tetradesmus acuminatus* a *Pseudopediastrum boryanum*. Ze sinic byly hojné *Microcystis aeruginosa* a *Limnococcus limneticus*.

V letních měsících se stal dominantním druhem *Microcystis aeruginosa*, avšak přestože byl přítomný a velmi abundantní, netvořil vodní květ. Druhá nejhojnější sinice pak byl druh *Dolichospermum compactum*. Byli pozorováni v malém množství také zástupci zelených řas, především *Eudorina elegans*, *Desmodesmus communis* a rovněž se vyskytoval zástupce skupiny Zygnematophyceae *Staurastrum bloklandiae*.

V podzimních měsících nebyl pozorován žádný druh, který by vyloženě dominoval. Všechny pozorované druhy měly hodnoty relativní abundance nízké. Bylo přítomno více druhů sinic než v předchozích sběrech. Byly přítomné druhy *Microcystis aeruginosa*, *Dolichospermum circinate*, *Chroococcus minutus*. Byla pozorována i skupina zelených řas s druhy *Desmodesmus communis*, *Tetradesmus acuminatus*, *Eudorina elegans* a *Tetraedron minutum*. Byl přítomný i druh *Anabaena sphaerica*, nicméně v tomto ekosystému se vyskytuje sekundárně a lze ho označit jako tychoplankton. Tychoplankton jsou organismy, jejichž původní habitat je poblíž vodní plochy a v té je nacházen pouze náhodou (Reynolds 2006).

#### 4.4.2. Jezírko u Horní Břízy jih

V jarních měsících byla druhově bohatší skupina zelených řas. Dominantní byl druh *Tetradesmus acuminatus* společně s *Lepocinclis acus*, který zastupoval skupinu Euglenophyta. Ojedinele byly pozorovány druhy *Actinastrum hantzschii* a *Scenedesmus disciformis* ze skupiny Chlorophyta a *Staurastrum chaetoceras* ze skupiny Zygnematophyceae.

Letní vzorky byly mnohem chudší, byly zaznamenány 3 druhy, z čehož 2 byly ze skupiny Chlorophyta. Konkrétně se jednalo o druhy *Pandorina morum* a *Desmodesmus communis*. Dále pak byla přítomna skupina Euglenophyta skrze druh *Lepocinclis acus*.

Naopak podzimní sběr byl bohatší. Druhově nejbohatší skupinou byly zelené řasy, nicméně nejdominantnější druh byla sinice *Microcystis aeruginosa*, ze skupiny Cyanobacteria byl ještě přítomný druh *Merismopedia punctata*. Ze skupiny Chlorophyta byly hojné druhy

*Tetradesmus acuminatus*, *Desmodesmus subspiculatus*, *Desmodesmus dispar*. Byly přítomné i zlativky s druhem *Chrysococcus triporus*.

#### 4.4.3. Jezírko u Horní Břízy sever

V jarních odběrech byla dominantní skupina Zygnematophyceae díky druhu *Staurastrum chaetoceras*. Druhově nejbohatší byla skupina Chlorophyta s druhy *Tetradesmus acuminatus*, *Desmodesmus abundans* a *Pandorina morum*. Ze sinic byl přítomný druh *Chroococcus minutus*, který se ale v tomto případě řadí k tychoplanktonu.

Letní odběry měly velmi nízkou biodiverzitu, byly nalezeny 2 velmi abundantní druhy. Byl velmi hojný druh *Lepocinclis texta* ze skupiny Euglenophyta a *Staurastrum bloklandiae* ze skupiny Zygnematophyceae.

Podzimní odběry byly ještě chudší než letní. Byl zaznamenán pouze 1 druh a s velmi nízkou abundancí, *Desmodesmus communis* ze skupiny Chlorophyta. Oproti sousedícímu jižnímu jezírku s kolísavou tendencí druhové biodiverzity mělo severní jezírko tendenci sestupnou.

#### 4.4.4. Zatopený kaolinový lom u Kaznějova

V jarních odběrech byla nízká diverzita druhů, nicméně byl nacházen v masách druh *Staurastrum bloklandiae* ze skupiny Zygnematophyceae. Další méně abundantní druhy byly *Selenastrum graciale* a *Tetradesmus acuminatus* ze skupiny Chlorophyta.

V letních odběrech byl stále s přehledem nejdominantnějším druhem druh *Staurastrum bloklandiae*. Druhově nejbohatší byla skupina Chlorophyta s druhy *Closteriopsis acicularis*, *Desmodesmus communis*, *Tetradesmus acuminatus* a *Selenastrum graciale*. Byly zastoupeny i sinice, a to druhem *Woronichinia naegeliana*, který měl relativně průměrnou míru relativní abundance a dále druhem *Aphanizomenon yezoense*.

Podzim měl nejvyšší druhovou biodiverzitu. Druhově nejbohatší byla skupina Chlorophyta, jejíž druhy měly relativně nízkou míru abundance. Byly pozorovány například druhy *Tetradesmus acuminatus*, *Verrucodesmus verrucosus* a *Monoraphidium contortum*. Stále byl nejdominantnějším druhem druh *Staurastrum bloklandiae* ze skupiny Zygnematophyceae. Byla pozorována i krásnoočka s druhem *Lepocinclis texta* a taktéž sinice s druhem *Aphanizomenon yezoense*. Rovněž byla nalezena sinice druhu *Phormidium retzii*, ale jedná se o tychoplankton.

#### 4.4.5. Rybník Plasy

V jarních odběrech měla největší druhovou bohatost skupina Chlorophyta, nicméně žádný pozorovaný druh neměl nijak větší míru relativní abundance. Z této skupiny pozorovány druhy *Pseudopediastrum boryanum*, *Tetradesmus acuminatus* a *Scenedesmus disciformis* a *Monactinus simplex*. Ojediněle byl pozorován i druh *Parapediastrium biradiatum*. Dále byla přítomná i skupina Zygnematophyceae s druhem *Staurastrum chaetoceras*. Ze skupiny sinic se vyskytovali dva zástupci, a to druhy *Chroococcus minutus* a *Spirulina major*, nicméně oba druhy jsou v této lokalitě tychoplanktonem.

V letních odběrech měla největší druhovou diverzitu stále skupina Chlorophyta, nejdominantnější druh byl *Desmodesmus communis*, dále ze zelených řas byly pozorovány druhy *Monactinus simplex*, *Willea apiculata*, *Scenedesmus disciformis*, *Pediastrum duplex* a *Tetradesmus acuminatus*. Byly přítomná i krásnoočka s druhem *Phacus orbicularis*, dále sinice s druhy *Woronichinia ruzickae* a *Woronichinia naegeliana* a skupina zlativek s druhem *Mallomonas caudata*.

V podzimním sběru byla biodiverzita nižší a žádný druh neprojevoval zvýšenou míru abundance, většina byla podobně hojná. Byly pozorované druhy *Desmodesmus communis*, *Tetrastrum komarekii*, *Stichococcus pelagicus* a *Scenedesmus disciformis* ze skupiny Chlorophyta. Z Euglenophyta se byly pozorované druhy *Lepocinclis acus* a *Euglena geniculata*, z čehož *E. geniculata* byla pozorována velmi ojediněle.

#### 4.4.6. Černý rybník

Jarní odběry byly velmi chudé, druhová diverzita byla nízká. Byly přítomné pouze sinice. Průměrnou míru relativní abundance měl druh *Microcystis aeruginosa*, dále byl přítomný druh *Aphanizomenon yezoense*. Navíc se vyskytovala sinice *Chroococcus minutus*, která je v tomto prostředí sekundárně a patří k tychoplanktonu.

V letních měsících se diverzita zvýšila. Druhově nejbohatší skupinou byly Zygnematophyceae, z nichž nejhojněji se vyskytoval druh *Staurastrum bloklandiae*. Dále se vyskytovali další zástupci rodu *Staurastrum* (*Staurastrum subavicula* a *Staurastrum dejectus*.) Nejdominantnějším druhem byla sinice *Microcystis aeruginosa*. Ze sinic s nižší mírou abundance se vyskytoval druh *Woronichinia ruzickae*. Byly přítomné skupiny Chlorophyta s druhy *Monactinus simplex* a *Desmodesmus cummunis*, následně skupina Chrysophyceae s druhy *Mallomonas caudata* a *Dinobryon sertularia*. Byla zaznamenána i rozsivka *Aulacoseira subartica*.

Na podzim neměl žádný druh výraznou míru relativní abundance. Vyšší diverzitu zaznamenala skupina Zygnematophyceae s druhy *Staurastrum megacanthus* var. *scoticus*, *Staurastrum avicula* a *Staurastrum chaetoceras*. Byly pozorované i zelené řasy s druhy *Desmodesmus armatus*, *Eudorina elegans* a *Desmodesmus communis*. Dále byly přítomné zlativky s druhem *Dinobryon divergens* a rozsivky s druhem *Asterionella formosa*.

#### 4.4.7. Hromnické jezírko

Vzhledem k velmi extrémním podmínkám byly za celou sezony nalezeny 2 druhy. Ve všech odběrech bylo přítomné krásnoočko *Euglena mutabilis*. V podzimních odběrech byla ještě pozorována sinice *Woronichinia* spp.

#### 4.4.8. Kamenolom Tis u Blatna

Jarní odběry měly nízkou druhovou diverzitu, nejvyšší měly zelené řasy. Nevyskytoval se vyloženě žádný dominantní druh. Z Chlorophyta byly pozorované druhy *Franceia ovalis*, *Pandorina morum* a *Fusola viridis*. Byla přítomná i obrněnka *Parvodinium inconspicuum*. Ze sinic se vyskytoval druh *Phormidium incrustatum*, který v této lokalitě patří k tychoplanktonu.

Letní odběry byly stále chudé na biomasu. Opět se vyskytla sinice *Parvodinium inconspicuum*, ze zelených řas byla zaznamenána *Chlorocystis guttula*. Místo obrněnek se v létě vyskytla zlativka *Dinobryon cylindricum*.

Podzimní odběry byly stále velmi chudé. Byly pozorovány 2 druhy, krásnoočko *Lepocinclis texta* a ze Zygnematophyceae *Staurastrum bloklandiae*. Voda byla při všech odběrech velmi čirá a měřená průhlednost byla vysoká. I při zvýšeném množství profiltrované vody skrze planktonní síť byla abundance všech zaznamenaných druhů velmi nízká.

#### 4.4.9. Lom u Žihle

V jarních odběrech byly přítomné 3 skupiny, diverzita byla nízká. Nejhojněji byla zaznamenaná obrněnka *Ceatum hirundinella*. Dále byla přítomná zelená řasa *Planktosphaeria gelatinosa* a rozsivka *Cyclotella ocelata*.

Letní odběry byly opět velmi chudé na druhovou diverzitu. Hojněji se opět vyskytovala obrněnka *Ceatum hirundinella*. Dále byl zaznamenán výskyt druhu *Teatradesmus acuminatus* ze skupiny Zygnematophyceae.

Na podzim byla diverzita nejnižší, byl nalezen pouze jeden druh sinice *Dolichospermum smithii*.

#### 4.4.10. Zelené jezírko

Biodiverzita této lokality byla při všech odběrech velmi nízká. V jarních odběrech byly zaznamenány 3 druhy. Nejhojněji se vyskytovala zelená řasa *Desmodesmus communis*, dále se pak objevovaly ojediněle obrněnka *Glochidium penardiforme* a *Cosmarium contractum* ze skupiny Zygnematophyceae.

V létě se vyskytoval pouze jeden druh fytoplanktonu, obrněnka *Glochidium penardiforme*.

Na podzim se vyskytovalo nejvíc druhů, nicméně žádný nedominoval. Ze sinic se vyskytovala *Limnococcus limneticus*, z obrněnek *Parvodinium goslaviense*, ze zelených řas *Botryococcus neglectus* a ze skupiny Zygnematophyceae druh *Staurastrum micron*.

## 5. Diskuse

Počet nalezených druhů (77) na takto velkém území je, při srovnání s dalšími floristickými pracemi (Delawská 2013–590, Havránková 2014–116, Hazuková 2016–1022, Svobodová 2008–149) poměrně nízký. Tato skutečnost vznikla z důvodu sběru pouze planktonních společenstev. Bentos a perifyton sbírán nebyl, protože se na valné většině lokalit nevyskytoval. Dále za nízký počet nalezených druhů také může počet sběru vzorků, který se konal v sezoně třikrát, a ne každý měsíc, jako ve studii Járové (2017). Složení planktonu se v průběhu sezony velmi dynamicky mění (Kitner & Pouličková 2001). Tedy výčet všech nalezených druhů této práce rozhodně není vyčerpávající, i kdyby se jednalo pouze o složku fytoplanktonu.

I při relativně nízkém počtu nalezených druhů, byly pozorovány zajímavé druhy. Mezi ně se může řadit i tychoplankton, druhy, které se v odebraném vzorku nacházejí až druhotně, jelikož mají jinou ekologii a typicky se vyskytují jinde a v planktonu pouze náhodou (Reynolds 2006). Nejčastěji zaznamenaným tychoplanktonním druhem v této práci byl druh *Chroococcus minutus* (Cyanobacteria). Byl nalezen hned na několika lokalitách, a to konkrétně v lokalitách rybník Hamr, jezírko u Horní Břízy sever, rybník Plasy a Černý rybník. Typicky se vyskytuje roztroušeně ve vodních oligotrofních až mírně eutrofních nádržích jako plankton či metafyton. Dalším nalezeným druhem bylo *Phormidium retzii* (Cyanobacteria), které se typicky vyskytuje v perifytonu a bentosu stojatých nebo mírně tekoucích vod. Navíc to je vzácný druh. Z tohoto rodu byl dále nalezen v tychoplanktonu druh *Phormidium incrustatum*. To se vyskytuje hlavně v bentosu a perifytonu stojatých nebo tekoucích vod. Vyskytuje se hlavně na vápencovém podloží a je vzácný. Dále se jedná o druh *Spirulina major*, která se roztroušeně vyskytuje spíše v mělkých vodách, které jsou mezotrofních až mírně eutrofní (Kaštovský et al. 2018). Důvod nálezu tychoplanktonních druhů byla v tomto případě mělkost daných lokalit. Při odběru vzorku planktonní sítí, síťka klesla až ke dnu, o které zavadila, rozvířila substrát u dna, a tedy zachytila i tyto druhy.

Vodní tělesa v oblasti severního Plzeňska byly vybrány z důvodu bohaté těžební a průmyslové historie Plzeňského kraje. Tedy velké množství dnešních vodních ploch v tomto kraji má historii spojenou s těžbou hornin. V tomto kraji byly hojně těženy vyvřelé horniny jako žula či sedimentární horniny jako je kaolinit a břidlice. Práce se zabývá převážně lokalitami, které jsou spjaté s povrchovou těžbou, tedy bývalými i funkčními povrchovými lomy, nicméně v této oblasti se nacházejí i doly, kde se těžilo uhlí, hloubkově těžený kaolin

či stříbro. Plzeňský kraj, a tedy i okres Plzeň-sever je bohatý na nerostné suroviny (Michlová 2016).

Díky tomu, že některé zkoumané lokality vznikly zatopením lomů, mají dnes jedinečné podmínky a některé utvářejí i extrémní biotopy. Lidská činnost velmi ovlivňuje charakter přírody, vodní plochy nevyjímaje. Zvláště zajímavé byly extrémně kyselé lokality Hromnické a Zelené jezírko. Obě lokality jsou zatopené lomy na těžbu krystalických břidlic, nicméně podloží mají různé a rovněž lokality jsou různě staré. Starší Zelené jezírko má v podloží horniny jílovitého charakteru a ve vodě je rozpuštěný kaolinit. Hromnické jezírko je bohaté na ionty železa (Kuberová & Lederer 2001). Díky historické těžbě krystalických břidlic voda tvoří mírný roztok kyseliny sírové, ve kterých se vyskytují jedinci, kteří se těmto podmínkám museli přizpůsobit. Tyto kyselé podmínky kromě umělých post-těžebních oblastí mají rašeliniště a vody v sopečných kráterech. Takto kyselé prostředí se na území ČR vyskytuje ještě v CHKO Soos. Častými jedinci, kteří jsou acidofilní nebo acidotolerantní jsou Euglenophyta (Prát 1955).

Tato práce se zabývala i chemismem vody obou lokalit. Při porovnání naměřených hodnot se Hromnické jezírko příliš nevychylovalo od výsledků práce Kuberové a Lederera (2001), nicméně Zelené jezírko mělo mnohem vyšší naměřené pH než u zmiňované studie. Práce uvádí hodnotu pH 3,12 z roku 1998. V roce 2020 mělo Zelené jezírko pH hodnoty mnohem vyšší, průměrná hodnota byla 6,03. V posledních letech se značně zvedla hladina jezírka (Mgr. Anna Müllerová, pers. comm.) a to pravděpodobně mohlo způsobit vyšší hodnoty pH.

Již výše zmiňovaná studie Kuberové a Lederera našla 5 druhů řas v Hromnickém jezírku a 34 druhů v Zeleném jezírku. Tato práce nelezla mnohem méně druhů v obou lokalitách. Obě práce se shodovaly v nálezu druhu *Euglena mutabilis*, který byl nalezen v Hromnickém jezírku.

Dalším zajímavým typem extrémních podmínek byla zkoumaná jezírka u Horní Břízy, které mají velmi úživné podmínky vysokou měrou iontů fosforu a dusíku. Jezírka se vyskytují na hranici 2 geologických oblastí, na oblasti hojně na jílovce, slepence, pískovce a na oblasti hojně na písky, jíly, šterky a lignit. Zároveň je voda a bahno na dně jezírek bohaté na těžké kovy, kvůli kdysi přivedenému kalovodu z objektu Lachema Kaznějov. Dále byly do oprávněně ukládány externí kalové odpady, především sulfátové výluhy z papírenského průmyslu.



V těchto lokalitách mají vysoký obsah především měď, zinek, olovo, nikl, kadmium a kobalt (Ministerstvo Životního prostředí 2012). I tyto extrémní lokality mají své typické obyvatelé. Studie prováděná polskou skupinou vědců (Plachno et al. 2015), která se věnovala řasám v prostředích znečištěných těžkými kovy, našla typické řasy pro tyto ekosystémy. Studie uvádí, že častými druhy sinic pro tyto lokality bývají rody *Phormidium*, *Plectonema* a *Schizothrix*. Největší diverzitu v těchto vodách měla skupina Euglenophyta, kteří podle vícero studií prokazují značnou toleranci k výskytu těžkých kovů ve vodě. Především jsou odolné kovům jako je železo, zinek, měď, kadmium, mangan, olovo, nikl a hliník (Albergoni et al. 1980, Tam et al. 1981, Walne & Kivic 1990, Plachno et al. 2015). Další studie uvádějí, že Euglenophyta jsou nacházena i v lokalitách znečištěných látkami jako je nafta (Dennington et al. 1975) či fenol (Pawlitz & Werner 1978), dokonce dokážou přežít v radioaktivní vodě (Lackley 1968). Ze skupiny Euglenophyta jsou druhy *Euglena mutabilis* a *Euglena gracilis* typickými obyvateli kyselých oblastí, nicméně se i často vyskytují v lokalitách, které jsou znečištěné těžkými kovy. V těchto lokalitách mohou být i dominantní. Při pH hodnotách, které se blíží spíše neutrálnímu pH či jsou pouze lehce kyselé, se objevují ve větším množství druhy rodu *Phacus*. Studie našla v znečištěných vodních nádržích několik zástupců tohoto rodu, z čehož druhy *Phacus caudatus*, *Phacus curvicauda* a *Phacus parvulus* byly shledány jako druhy, které se v těchto nehostinných podmínkách vyskytují velmi často (Plachno et al. 2015).

Tato práce výskyt výše jmenovaných druhů v tímto způsobem znečištěných lokalitách bohužel nepotvrdila. Z Euglenophyta byl nalezen pouze druh *Lepocinclis texta* a *Lepocinclis acus*. Tato skutečnost může být zapříčiněna i vyšším zaznamenaným pH v jezírkách u Horní Břízy, než je pH v lokalitách zkoumané studií zmíněné výše. Studie uvádí, že zaznamenaná *E. mutabilis* se sice vyskytovala, nicméně ne v masách. Odůvodnění pro to tvoří pro ni vyšší pH (7,0 – 7,5). Jezírka u Horní Břízy měla ještě o něco vyšší pH a rozsah byl u jižního jezírka 7,3 – 8,8 a u severního jezírka 6,7 – 8,4, tedy i možná proto se tam tento druh nevyskytoval.

Nicméně byl zaznamenan druh ze skupiny Chrysophyceae, *Chrysococcus triporus*. Tento druh je rovněž velmi tolerantní vůči znečištěným vodám. Studie, která zkoumala vliv solí a naftenátů na planktonní společenstva z jezera, které se vyskytuje poblíž těžebních institucí, nicméně ekologicky zatížena tato vodní plocha není. Studie se zabývala provedením experimentů. Odebrané vzorky vody byly vystaveny vlivu naftenových kyselin. Experiment probíhal několik dní a na konci byly vzorky zmikroskopovány. Byl zkoumán jak zooplankton, tak fytoplankton. Ve většině vzorků, které byly vystaveny vysokému množství naftenových

kyselin, byla dominantní skupina Chrysophyta. Další odolné druhy byly roztroušené mezi skupinami Euglenophyta (*Euglena* spp.), Bacillariophyta (*Navicula radiosa*, *Nitzschia* spp.), Cryptophyta (*Cryptomonas* spp., *Cryptomonas depressum*) a Chlorophyta (*Botryococcus braunii*, *Chlamydomonas* spp., *Pandorina morum*) (Leung 2001).

Další zajímavou v této práci zkoumanou lokalitou, byl zatopený Kaolinový lom poblíž města Kaznějov. Jednalo se velmi mělkou lokalitu, která měla po celou dobu sezony, nebo alespoň vždy, když byly sbírané vzorky, charakteristickou olivově zelenou barvu a charakteristický zápach. Podloží zcela jistě tvoří kaolinit a další podobné jílovce z období svrchního Karbonu. Břeh tvořilo typické šedavé jílovité bláto. Zatopeným kaolinovým lomem se zabývá práce Zavřelové (2017), konkrétně se jedná o Maršovské jezírko. Maršovské jezírko má z geologického hlediska starší podloží než kaolinový lom u Kaznějova. Maršovské jezírko má jílovité podloží pocházející ze spodního Miocénu a lom u Kaznějova má mladší podloží, jílovité pocházející ze svrchního Karbonu. Z hlediska chemismu vody na tom byly lomy podobně, i když Maršovské jezírko mělo v průměru pH vyšší (8,49) než bylo pH kaolinového lomu u Kaznějova (7,7).

Co se týče druhového složení oproti Maršovskému jezírku, kde byly ve fytoplantonu hojně spíše Euglenophyta a Bacillariophyta, v Kaznějovském lomu dominovaly hlavně Zygnematophyceae, i když druhově bohatší byla Chlorophyta.

Zcela podobný typ lomu tomu Kaznějovskému pak představuje lom u Chotíkova zkoumaný Járovou (2017). Jedná se o bývalý kaolinový lom, jenž svou činnost ukončil a zdroj vody činí dešťové srážky a zároveň je zarostlý makrofyty. V případě lomu u Kaznějova je to podobné, jen není zarostlý makrofyty uvnitř vodní plochy, pouze okolo břehu. Průměrná hodnota pH v lomě u Chotíkova byla 6,73, tedy byla nižší než průměrná hodnota lomu u Kaznějova. Pravděpodobně je to způsobené i podložím, které v lomu u Chotíkova tvoří kaolinitový pískovec, který by měl mít kyselejší charakter (Járová 2017).

Z hlediska druhového složení se nalezené druhy lišily. U Chotíkova se nejhojněji vyskytovaly rozsivky, dále Euglenophyta a Chlorophyta. Svým počtem u Kaznějovského lomu dominovaly Zygnematophyceae, ale druhově bohatší byly Chlorophyta a Euglenophyta.

Mimo již zatopených a dnes již nevyužívaných lomů se práce zabývala jedním stále funkčním lomem na žulu, který je v soukromém vlastnictví společnosti Granio, s.r.o. Vodní lokalita se nachází pouze pár metrů od těženého ložiska. Tedy je neustále ovlivňována

člověkem. Přístup se v průběhu roku několikrát změnil a byl velmi složitý. Břeh tvořily velké balvany, které zároveň tvořily hráz, aby voda nevytekla. Jak již bylo zmiňováno výše, někdo vysadil do vody ryby. Voda měla tyrkysově modrou barvu, nicméně oproti podobně barevné vodní ploše, Zelenému jezírku, tato vodní plocha se pohybovala svým pH mezi 7,3 a 11 v průběhu sezony. Tato plocha byla odebírána okolo poledne a podloží tvoří především ložiska granitů a granodioritů z období převariské intruze. Opět je velmi překvapivá naměřená hodnota pH pro tuto lokalitu. Opět se domnívám, že za takové hodnoty může vychýlení Uhličitanové rovnováhy ve vodě a také možná ryby.

Kamenolomy jsem zkoumala 2, jeden funkční a jeden zatopený v Žihli. Studie Svobodové () se zabývala několika kamenolomy v okolí Skutečska. Všechny již byly nefunkční. Při porovnání geologie, bylo zjištěno, že na Skutečsku jsou horniny podobného složení, nicméně jsou starší. Pochází období Devonu, kdežto Kamenolom Tis u Blatna a zatopený lom u Žihle pochází z o něco mladšího období prvohor, z Karbonu. Zároveň jsou i lokality jako takové na Skutečsku starší než lokality na severním Plzeňsku. Na Skutečsku většina těžebních prací skončila ve 40. letech 20. století. Žihelský lom byl taktéž uzavřen v podobném období, nicméně Kamenolom v Tisu u Blatna je stále funkční.

Kromě lokalit s post-těžebním charakterem byly zkoumány i další umělé lokality vytvořené člověkem, rybníky. Rybník je chápán jako vodní dílo, které je určené především k chovu ryb, vodní drůbeže a plní funkci zadržování vody v krajině, jak udává Zákon o vodách č. 254/2001 Sb. Ve všech rybnících, kterými se zabývala tato práce, byly vysazené ryby. Plaský rybník má navíc poblíž sádky a typicky bývá každý podzim rybník vyloven, zároveň na něm byly pozorovány hojně se vyskytující kachny divoké (*Anas platyrhynchos*). U Hamru a Černého rybníku byli v průběhu sezony pozorováni rybařící rybáři. Černý rybník je ještě navíc v létě využíván místními ke koupání.

Na rybami osídlených rybnících se dle studie Svobody (2019) velmi často tvoří vodní květy, především kvůli stylu obhospodařování člověka dané vodní plochy. Jak uvádí Kroupová (2015), do těchto typů lokalit je často sypán hnůj či jiné organické hnojivo, která má napomoci zvýšit produkci ryb rybníka. To v historii vedlo k eutrofizaci velkého množství rybníků v letech 1980–1990. Způsobilo to nejen zvýšení produkce ryb, ale i častější výskyt vodního květu, který zapříčinily v té době především sinice druhu *Planktothrix agardhii* a *Limnothrix redekei* (Pechar 2000). To, jak se člověk stará a hospodaří s rybníky má přímý vliv na organismy žijící v rybníce. Eutrofizace rybníků a zároveň vysazením příliš velkého

množství jedinců ryb, má negativní vliv na společenstvo ekosystému. Snižuje se biodiverzita druhů fytoplanktonu i zooplanktonu. Při příliš velké biomase fytoplanktonu hrozí udušení ryb vlivem nedostatku kyslíku a ryby pak nedokážou využít biomasu zooplanktonu ani fytoplanktonu k potravě. Jsou tedy plně závislé na obilovinném krmění, a to moc neprospívá jejich vývoji. Nevyužitá potrava následně sedimentuje a zatěžuje ekosystém hromaděním organické hmoty v sedimentech. Tento současný stav některý rybníků napomohl k většímu výskytu vodních květů způsobených sinicí *Woronichinia naegeliana* (Kroupová 2015). Dále pak dle studie Svobody (2019) se typicky v rybochovných rybnících vyskytují po celou vegetační sezonu Chlorococcales a Cryptophyta. V letních měsících se hojně vyskytují druhy Chlorophyta *Lemmermannia tetrapedia*, *Coleastrum astroideum* a *Oocystis marssonii*. Mohou taktéž se objevovat vláknité sinice rodu *Pseudoanabaena*, které ve vhodných podmínkách mohou tvořit vodní květ (Svoboda 2019).

Tato práce se zabývá konkrétně třemi rybníky, z čehož jeden je zcela určitě rybochovný (rybník Plasy), a v ostatních vysazené ryby jsou taktéž, možná jen v menší míře než v tom plaském. Vodní květy byly pozorované především v letních vzorcích. Jednalo se hlavně o vodní květy tvořené sinicí rodu *Microcystis*, která tvořila vodní květ v rybníce Hamr a taktéž byla velmi hojně se vyskytující v Černém rybníce. Další takto výrazný vodní květ utvořen nebyl, nicméně v průběhu vegetační sezóny byly pozorované další druhy, které při vhodných podmínkách vodní květy utváří. Jednalo především od druhy *Dolichospermum compactum*, *Aphanizomenon yezoense* a *Woronichinia naegeliana*. V plaském rybníce sinice nedominovaly vůbec, hojněji se vyskytovaly druhy Chlorophyta. V jarních a letních vzorcích se vyskytovaly druhy *Monactinus simplex*, *Scenedesmus disciformis* a *Tetradesmus acuminatus*. V letních a podzimních se pak vyskytovaly druhy *Desmodesmus communis* a *Scenedesmus disciformis*. Plaský rybník se nachází na granitoidním podloží žilných hornin z období předvariské intruzivy, nicméně Černý a Plaský rybník se nachází na podloží jílovců, pískovců, slepenců z období svrchního Karbonu, díky tomu se také pravděpodobně tyto lokality liší.

Zajímavý úkaz tedy byl při měření pH na těchto lokalitách. Jelikož se Plaský rybník nachází na granitoidním podloží, je očekávatelné, že pH bude spíše kyselejší, nicméně pozorované pH se pohybovala spíše k alkalickým hodnotám (Pouličková 2011). Na jaře byla pozorovaná nejvyšší hodnota pH, a to 9,34. Důvodem takto vysokého pH pravděpodobně bude výkyv Uhličitanové rovnováhy, jelikož tato lokalita byla odebírána okolo mezi 12. až 1.

hodinou odpolední, kdy vodní producenti už měli zafixovanou větší část rozpuštěného CO<sub>2</sub>. Černý rybník takové výkyvy neměl, při většině odběrů se pH pohybovalo přibližně mezi 5,5 a 7,3. Hamr taktéž neměl výrazné výkyvy, pohyboval se mezi 7,5 a 8,3.

## 6. Závěr

Byly analyzované hlavně vzorky společenstev planktonu, sinic a řas z 10 umělých, člověkem vytvořených vodních těles v okrese Plzeň-sever, z čehož 3 byly rybníky a zbytek byla různá vodní tělesa s post-těžebním charakterem. Celkem bylo pozorováno 77 druhů, z čehož 4 druhy patřily mezi tychoplankton a zbytek byl fytoplanktonní. V tychoplanktonu se nacházel i vzácný druh sinice *Phormidium retzii*. Studium společenstev ukázalo, že různé typy umělých vodních nádrží mají různé chemicko-fyzikální podmínky pro život v dané lokalitě. Pozorované rybníky byly mnohdy druhově bohatší než některé pozorované post-těžební oblasti s extrémními životními podmínkami.

## 7. Literatura

Amaral, L. A., Gómez, F., Zettler, E., Keenan, B. G., Amils, R. & Sogin, M. L. 2002. Eukaryotic diversity in Spain's river of fire. *Nature*. 417:137.

Aguilera, A., Souza-Egipsy, V., Gómez, F. & Amils, R. 2006a. Development and structure of eukaryotic biofilms in an extreme acidic environment, Río Tinto (SW, Spain). *Microbia Ecology*. 53:294-305.

Aguilera, A., Gómez, F., Lospitao, E. & Amils, R. 2006b. A molecular approach to the characterization of eukaryotic communities of an extreme acidic environment. *Systematic and Applied Microbiology*. 29:593-605.

Aguilera, A., Manrubia, S., Gómez, F., Rodríguez, N. & Amils, R. 2006c. Eukaryotic community distribution and its relationship to water physicochemical parameters in an extreme acidic environment, RíoTinto (southwestern Spain). *Applied and Environmental Microbiology*. 72:5325-30.

Aguilera, A. 2013. Eukaryotic organisms in extreme acidic environments, the Río Tinto case. *Life*. 3:363-74.

Akcil, A. & Koldas, S. 2006. Acid Mine Drainage (AMD): causes, treatment and case studies. *Journal of Cleaner Production*. 14:1139-45.

Albergoni, V., Piccini, E. & Coppellotti, O. 1980. Response to heavy metals in organisms. Excretion and accumulation of physiological and non-physiological metals in *Euglena gracilis*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 67:121-7.

Brake, S.S., Danelly, H. K. & Connors, K. A. 2001. Controls on the nature and distribution of an alga in coal mine-waste environments and its potential impact on water quality. *Environmental Geology*. 40:458-69.

Cejpek, J. 2018. Vodní režim půd rekultivovaných a nerektulivovaných výsypek po těžbě uhlí. Disertační práce, Univerzita Karlova, Praha, 53 pp.

Delawská, K. 2013. Floristika a ekologie sinic a řas v oligotrofních a mezotrofních stojatých vodách okolí Nové Bystrice. Bakalářská práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice, 81 pp.

- DeNicola, D. M., Smol, J. P. & Meriläinen, J. 2000. A review of diatoms found in highly acidic environments. *Hydrobiologia*. 433:111-22.
- Dennington, V. N., George, J.J. & Wyborn, C.H.E. 1998. The effects of oils on growth of freshwater plankton. *Environmental Pollution*, 8:233-7.
- Dominy, J. N. & Manoylov, K. M. 2012. Algal community composition from kaolin recovery ponds located in middle Georgia. *Southeastern Naturalist*. 11(2):263-78.
- Freitas, A. P. P., Schneider, I. A. H. & Schwartzbold, A. 2011. Biosorption of heavy metals by algal communities in water streams affected by the acid mine drainage in the coal-mining region of Santa Catarina state, Brazil. *Minerals Engineering*. 24:1215-18
- Frouz, J., Keplin, B., Pižl, V., Tajovský, K., Starý, J., Lukešová, A., Nováková, A., Balík, V., Háněl, L., Materna, J., Düker, Ch., Chalupský, J., Rusek, J. & Heinkele, T. 2001. Soil biota and upper soil layer development in two contrasting post-mining chronosequences. *Ecological Engineering*. 17:275-84.
- Gray, M. W. 2017. Lynn Margulis and the endosymbiont hypothesis: 50 years later. *Molecular biology of the cell*. 28(10):1285-7.
- Gremlica, T., Cílek, V., Vrabc, V., Zavadil, V. & Lepšová, A. 2012. *Využívání přirozené a usměrňované ekologické sukcese při rekultivacích území dotčených těžbou nerostných surovin*. Ústav pro ekopolitiku, o. p. s., Praha, 108 pp.
- Gross, W. 2000. Ecophysiology of algae living in highly acidic environments. *Hydrobiologia*. 433:31-7.
- Gruzdev, E. V., Beletsky, A. V., Kadnikov, V. V., Mardanov, A. V., Ivanov, M. V., Karnachuk, O. V. & Ravin, N. V. 2020. Diversity of Eukaryotic Microorganisms in the Drainage Waters of a Coal Open-Cast Mine. *Microbiology*. 89:641-6.
- Havránková, M. 2014. Sinice a řasy zatopených lomů v okolí Štěnovic. Bakalářská práce, Západočeská Univerzita v Plzni, Plzeň, 61 pp.
- Hazuková, V. 2016. Příspěvek k poznání vegetace sinic a řas vodních biotopů na Nepomucku. Bakalářská práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice, 119 pp.



- Hejtman, B. 1984. *Petrografie vyvřelých hornin Českého masívu – Část první Intruzivní vyvřelé horniny z. a sz. Čech*. Univerzita Karlova, Praha, 185 pp.
- Hindák, F. & Hindáková, A. 2003. Diversity of cyanobacteria and algae of urban gravel pit lakes in Bratislava, Slovakia: a survey. *Hydrobiologia*. 506-509:155-62.
- Hindák, F. & Hindáková, A. 2014. Mikroflóra siníc a rias pieskoviskových jazier Mláky pri Sekuliach na Záhorí (západné Slovensko). *Bulletin Slovenskej botanickej spoločnosti*. 36:135-43.
- Járová, K. 2017. Řasová flóra mělkých vodních nádrží v okolí Plzně. Bakalářská práce, Západočeská Univerzita v Plzni, Plzeň, 57 pp.
- Johnson, D.B. 2006. Biohydrometallurgy and the environment: intimate and important interplay. *Hydrometallurgy*. 83:153-66.
- Kalina, T. & Váňa, J. 2005. *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Karolinum, Praha, 608 pp.
- Kaufnerová, V. 2006. Řasová flóra zatopených lomů na Poběžovicku. *Školská fyzika mimořádné číslo*. 1:43-5.
- Kaštovský, J., Hauer, T., Geriš, R., Chattová, B., Juráň, J., Lepšová-Skácelová, O., Pitelková, P., Puzstai, M., Škaloud, P., Šťastný, J., Čapková, K., Bohunická, M. & Mühlsteinová, R. 2018. *Atlas sinic a řas České Republiky 1*. 1st ed. powerprint, Praha, 383 pp.
- Kaštovský, J., Hauer, T., Geriš, R., Chattová, B., Juráň, J., Lepšová-Skácelová, O., Pitelková, P., Puzstai, M., Škaloud, P., Šťastný, J., Čapková, K., Bohunická, M. & Mühlsteinová, R. 2018. *Atlas sinic a řas České Republiky 2*. 1st ed. powerprint, Praha 480 pp.
- Kitner, M. & Pouličková, A. 2001. Sezónní dynamika fytoplanktonu dvou rybníků u Protivanova. *Czech Phycology*, 1:45-51.
- Kroupová, K. 2015. Vliv rybářského obhospodařování rybníků, zemědělské činnosti v povodích a změn klimatu na druhové složení vodních květů sinic. Bakalářská práce, Univerzita Karlova v Praze, Praha, 33 pp.

- Křtěnová, M. 2006. Limnologické poměry vybraných pískoven v povodí Lužnice. Diplomová práce, Univerzita Karlova, Praha, 70 pp.
- Kuberová, M. & Lederer, F. 2001. Sinice a řasy extrémně kyselých biotopů Plzeňska (Hromnické jezírko, Zelené jezírko Berk). *Erica*. 9:21-6.
- Lackey, J.B. 1968. Ecology of *Euglena*. In Buetov, D. E. [Eds.] *The Biology of Euglena, Vol. 1*. Academic Press, New York, USA, pp. 28-44.
- Lee, R. E. 2008. *Phycology*. 4th ed. Cambridge University Press, New York, 547 pp.
- Lessmann, D., Fyson, A. & Nixdorf, B. 2000. Phytoplankton of extremely acidic mining lakes of Lusatia (Germany) with pH  $\leq 3$ . *Hydrobiologia*. 433:123-8.
- Lessmann, D., Fyson, A. & Nixdorf, B. 2003. Experimental eutrophication of a shallow acidic mining lake and effects on the phytoplankton. *Hydrobiologia*. 506-509:753-58.
- Leung, S. S. C., MacKinnon, M. D. & Smith, R. E. H. 2001. Aquatic reclamation in the Athabasca, Canada, oil sands: Naphthenate and salt effects on phytoplankton communities. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20:1532-43.
- Lukešová, A. & Komárek, J. 1987. Succession of Soil Algae on Dumps from Strip Coal-mining in the Most Region (Czechoslovakia). *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica*. 22:355-62.
- Lukešová, A. 2001. Soil Algae in Brown Coal and Lignite Post-Mining Areas in Central Europe (Czech Republic and Germany). *Restoration Ecology*. 9(4):341-50.
- Macholdová, M. 2013. Acidofilní sinice a řasy. Bakalářská práce, Univerzita Karlova, Praha, 39 pp.
- Michlová, N. 2016. Tektono-sedimentární vývoj plzeňské pánve a její ložiskově-geologická charakteristiky. Bakalářská práce, Univerzita Karlova v Praze, Praha, 44 pp.
- National Research Council (NRC), 1992. Restoration of aquatic ecosystems: Science, technology, and public policy. *National Academic Press*, 552 pp.
- Navrátil, M. & Pouličková, A. 2001. Fytoplankton štěrkoviště Chomutov u Olomouce. *Czech Phycology*. 1:53-61.

- Nixdorf, B., Mischke, U. & Lessmann, D. 1998. Chrysophytes and chlamydomonads: pioneer colonists in extremely acidic mining lakes (pH <3) in Lusatia (Germany). *Hydrobiologia*, 369/370:315-27.
- Novis, P. & Harding, J. S. 2007. Extreme acidophiles: fresh water algae associated with acid mine drainage. In Seckbach, J. [Eds.] *Algae and Cyanobacteria in Extreme Environments*. Springer, Dordrecht, 811 pp.
- Pawlitz, H. & Werner, D. 1978. Differential elimination of phenol by diatoms and other unicellular algae from lower concentrations. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 20:303–12.
- Pechar, L. 2000. Impacts of long-term changes in fishery management on the trophic level water quality in Czech fish ponds. *Fisheries Management and Ecology*, 7:23-31.
- Plachno, B. J., Wołowski, K., Augustynowicz, J. & Łukaszek, M. 2015. Diversity of algae in a thallium and other heavy metals-polluted environment. *Annales de Limnologie – International Journal of Limnology*, 51:139-46.
- Poniewozik, M., & Juráň, J. (2018). Extremely high diversity of euglenophytes in a small pond in eastern Poland. *Plant Ecology and Evolution*. 151(1):18-34.
- Pouličková, A. 2011. *Základy ekologie sinic a řas*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 91 pp.
- Prát, S. 1955. Vegetace v silně kyselých vodách a regenerace železitých slatin. *Preslia*, 27:225-33.
- Reynolds, C. 2006. *The Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press, New York, 535 pp.
- Rowland, A. 2014. A comparative survey of Ackland's moor pond and Widow's tenement pond. *Journal of the Lundy Field Society*. 4:19-38.
- Sádlo J. & Tichý L., 2002. *Sanace a rekultivace po lomové a důlní těžbě: Tržné rány v krajině a jak je léčit*. ZO ČSOP Pozemkový spolek Hády ve spolupráci s neziskovou organizací rezekvítek, Brno, 35 pp.

- Skácelová, O. 2002. Předběžné výsledky algologického průzkumu šterkových jezer Moravičany – Mohelnice (CHKO Litovelské Pomoraví). *Czech Phycology*. 2:101-6.
- Sokolyanskaya, L.O., Ivanov, M.V., Ikkert, O.P, Kalinina, A.E., Evseev, V.A., Glukhova, L.B. & Karnachuk, O.V., 2020. Copper precipitation as insoluble oxalates by thermotolerant *Aspergillus* spp. From burning wastes of coal mining. *Microbiology*. 89: 498–501.
- Søndergaard, M., Lauridsen, T. L., Johansson, L. S. & Jeppesen, E. 2018. Gravel pit lakes in Denmark: Chemical and biological state. *Science of the total environment*. 612:9-17.
- Souza-Egipsy, V., González-Toril, E., Zettler, E., Amaral-Zettler, L., Aguilera, A. & Amils, R. 2008. Prokaryotic community structure in algal photosynthetic biofilms from extreme acidic streams in Río Tinto (Huelva, Spain). *International Microbiology*. 11:251-60.
- Svoboda, M. 2019. Dynamika fytoplanktonu kaprových rybníků. Bakalářská práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice, 48 pp.
- Svobodová, I. 2008. Řasová a sinicová flóra v zatopených lomech na Skutečsku. Bakalářská práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice, 57 pp.
- Šejnohová, L. & Maršálek, B., 2005. Pohled do mikroskopického světa sinic. *Živa*. 3:105-8.
- Tam, D., Nakatsu, C. & Hutchinson, T. C. 1981. Multiple metal tolerances and co-tolerances in algae. *In Heavy Metals in the Environment International Conference*, Amsterdam, 300-304 pp.
- Tavernini, S., Nizzoli, D., Rossetti, G. & Viaroli, P. 2009. Trophic state and seasonal dynamics of phytoplankton communities in two sand-pit lakes at different successional stages. *Journal of Limnology*. 68:217-28.
- Valešová, E. 2015. Biodiverzita sinic a řas zatopených lomů v okolí Stoda. Bakalářská práce, Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň, 60 pp.
- Van der Valk, A. G., 2006. *The biology of freshwater wetlands*. Oxford University Press Inc., New York, 192 pp.
- Visviki, I. & Santikul, D. 2000. The pH tolerance of *Chlamydomonas applanata* (Volvocales, Chlorophyta). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 38:147-151.

Vondráček, J., Lovecká, P., Uhlík, O., Musilová, L. & Macková, M. 2012. Biodiverzita – definice a vysvětlení základních pojmů. *Chemické listy*. 106:246-52.

Walne, P. L. & Kivic, P. A. 1990. Phylum Euglenida. In Margulis, L., Corliss, J.O., Melkonian, M. & Chapmann, D. J. [Eds.] *Handbook of Protoctista*, Jones and Barlet, Boston, USA, pp. 270–287.

Wolowski, K., Turnau, K. & Henriques, F. S. 2008. The algal flora of an extremely acidic, metal-rich drainage pond of São Domingos pyrite mine (Portugal). *Cryptogamie Algologie*. 29:313-24.

Wunderlin, T. F. 1971. A Survey of the Freshwater Algae of Union County, Illinois. *Castanea, The Journal of the Southern Appalachian Botanical Club*. 36:1-53.

Závodníková, J. 2007. Začlenění lomů do krajiny. Diplomová práce, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, 62 pp.

Zavřelová, V. 2017. Řasová flóra Maršovského jezírka na Brněnsku. Bakalářská práce, Masarykova Univerzita, Brno, 59 pp.

Zischka, D. 2018. Rekultivace krajiny po povrchové těžbě kaolinu na Podbořansku. Bakalářská práce, České Vysoké Učení Technické, Praha, 55 pp.

## 7.1. Internetové zdroje

Česká břidlice. Historie těžby. Dostupné na: <https://www.ceskabridlice.cz/clanky/historie-tezby/> staženo 15.12.2020

Česká Geologická služba, 2021. Geovědní mapy 1:50 000. Informace dostupné na: <https://mapy.geology.cz/geocr50/#> staženo 3.4.2021

Dufková, M. 2018. Největší lom na kaolin v Evropě. Dostupné na: <https://www.3pol.cz/cz/rubriky/reportaze-cestovani/2229-nejvetsi-lom-na-kaolin-ve-stredni-evrope> staženo 15.12.2020

Granio s.r.o. Informace dostupné na: <http://www.granio.cz/> staženo 5.3.2021

Kaštovský, J., Hauer, T. & Juráň, J. 2020. Skripta fykologie. Dostupné na: <https://www.sinicearasy.cz/skripta/fykologie> staženo 30.1.2021

Kornatovský, I., 2011. Plasy a voda. Informace dostupné na: <http://www.envic.cz/plasy-a-voda.htm> staženo 10.3.2021

Ministerstvo Životního prostředí, 2012. List opatření. Informace dostupné na: [http://www.pvl.cz/portal/pdp2020/PDP\\_BER/VI\\_OPATRENI\\_K\\_DOSAZENI\\_CILU/4\\_LIS TY\\_OPATRENI/VI\\_1\\_10/BER31004003.pdf](http://www.pvl.cz/portal/pdp2020/PDP_BER/VI_OPATRENI_K_DOSAZENI_CILU/4_LIS TY_OPATRENI/VI_1_10/BER31004003.pdf) staženo 6.4.2021

Neužil, M. 1999 Vliv povrchové těžby uhlí na životní prostředí. Dostupné na: [https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/B18C18B302379CCCC1256FC000407A70/\\$file/e-02-5.htm](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/B18C18B302379CCCC1256FC000407A70/$file/e-02-5.htm) staženo 1.3.2021

Obecní úřad Trnová. Informace dostupné na: <https://www.trnova.cz/obec-7/soucasnost/pruvodce-obci/#V%C3%ADseck%C3%BD%20rybn%C3%ADk> staženo 1.3.2021

Walter, J., oficiální webové stránky města Horní Bříza. Informace dostupné na: <https://www.hornibriza.eu/turista/opramy-v-horni-brize/> staženo 1.3.20

## **8. Přílohy**

### **8.1. Příloha I.: Tabulka druhů s abundancemi**

Tabulka je v podobě elektronické přílohy MS Excel.

## **8.2. Příloha II.: Obrazové tabule**

Tabule I. – Cyanobacteria

Tabule II. – Chlorophyta

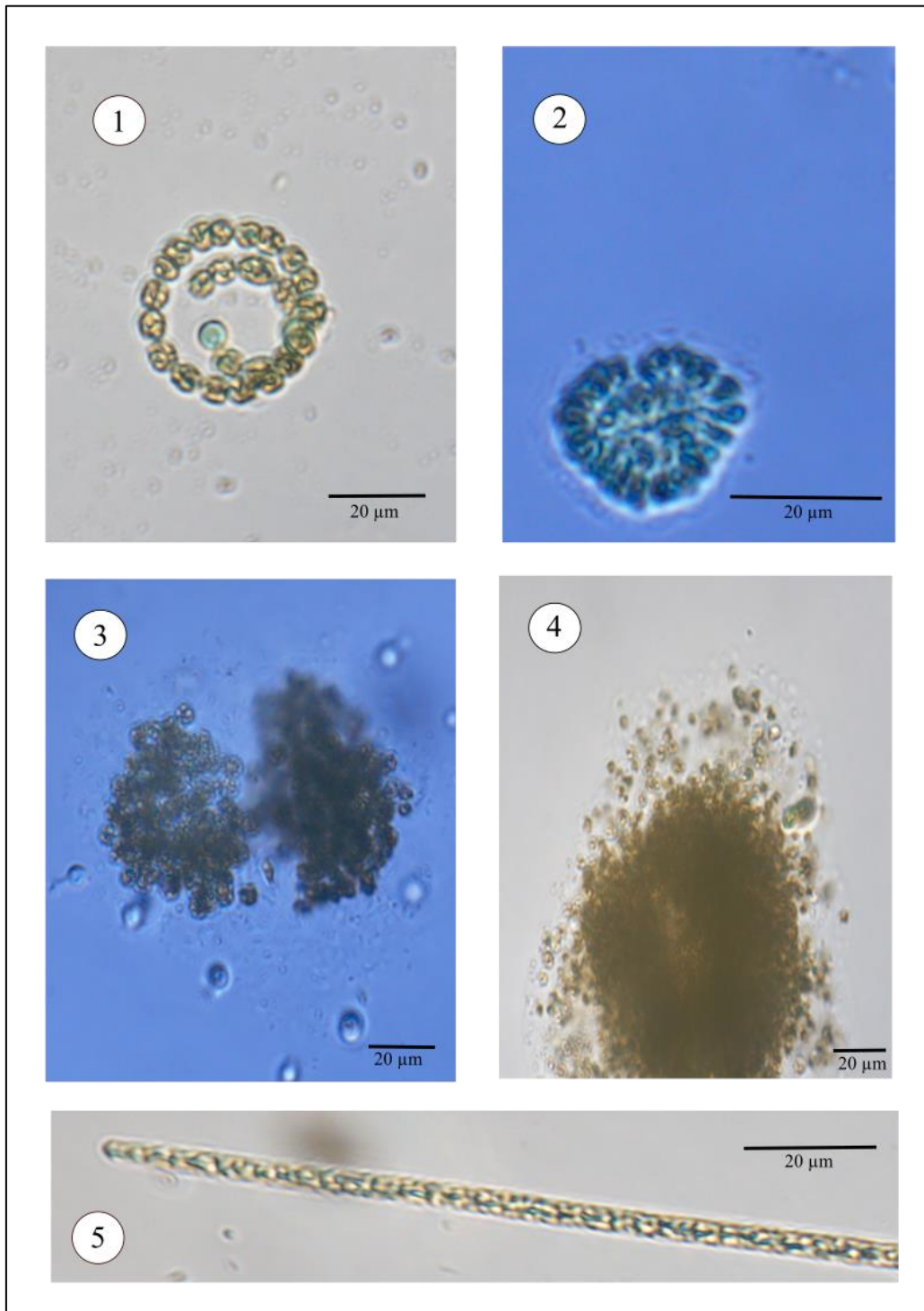
Tabule III. – Euglenophyta

Tabule IV. – Dinophyta

Tabule V. - Chrysophyceae

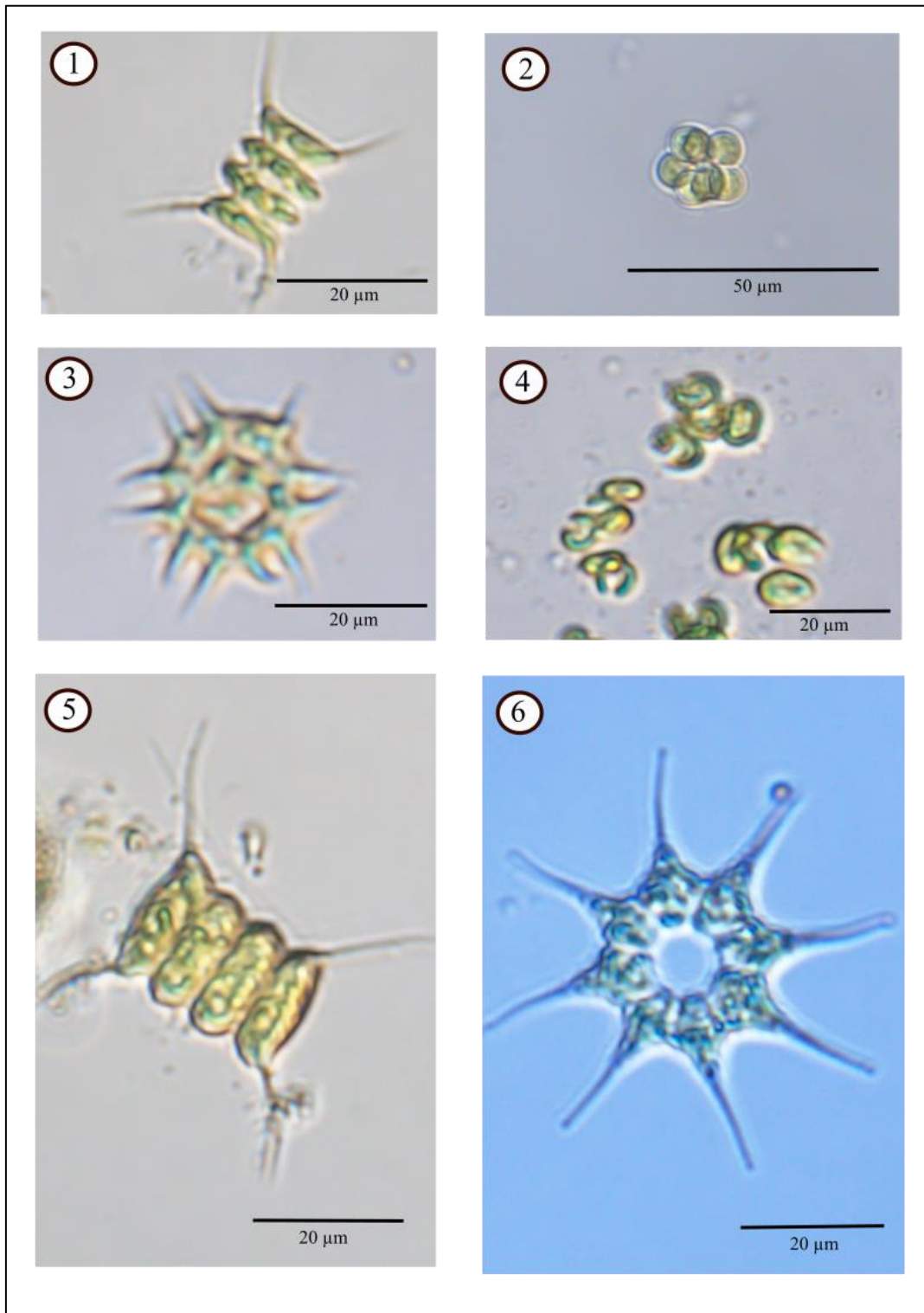


Tabule I.: Cyanobacteria



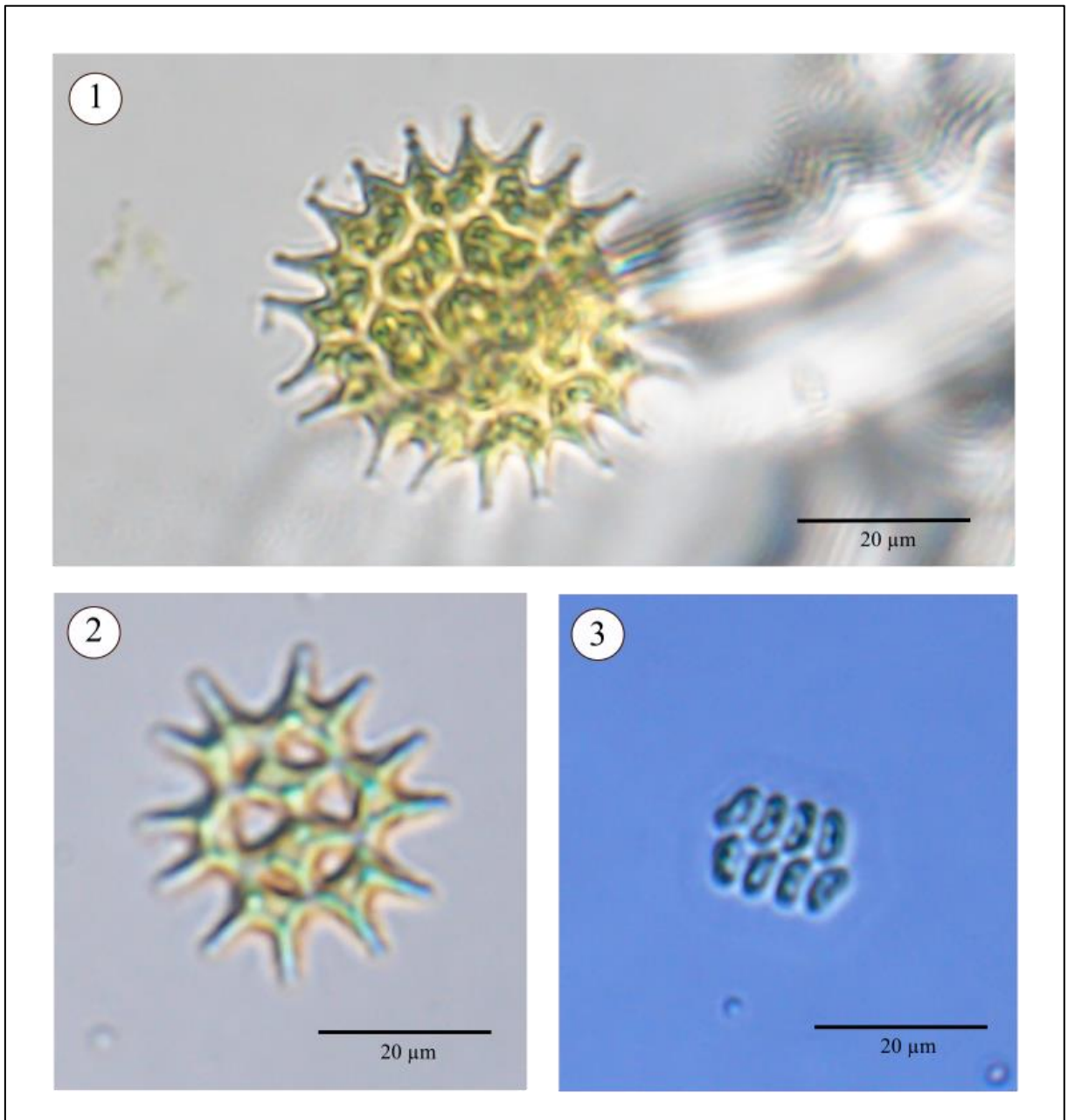
**1:** *Dolichospermum circinale* (Ralfs ex Bornet & Flahault) Wacklin, L. Hoffmann et Komárek, **2:** *Woronichinia naegeliana* (Unger) Elenkin, **3:** *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing, **4:** *Microcystis novacekii* (Komárek) Compère, **5:** *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek

Tabule II.: Chlorophyta I



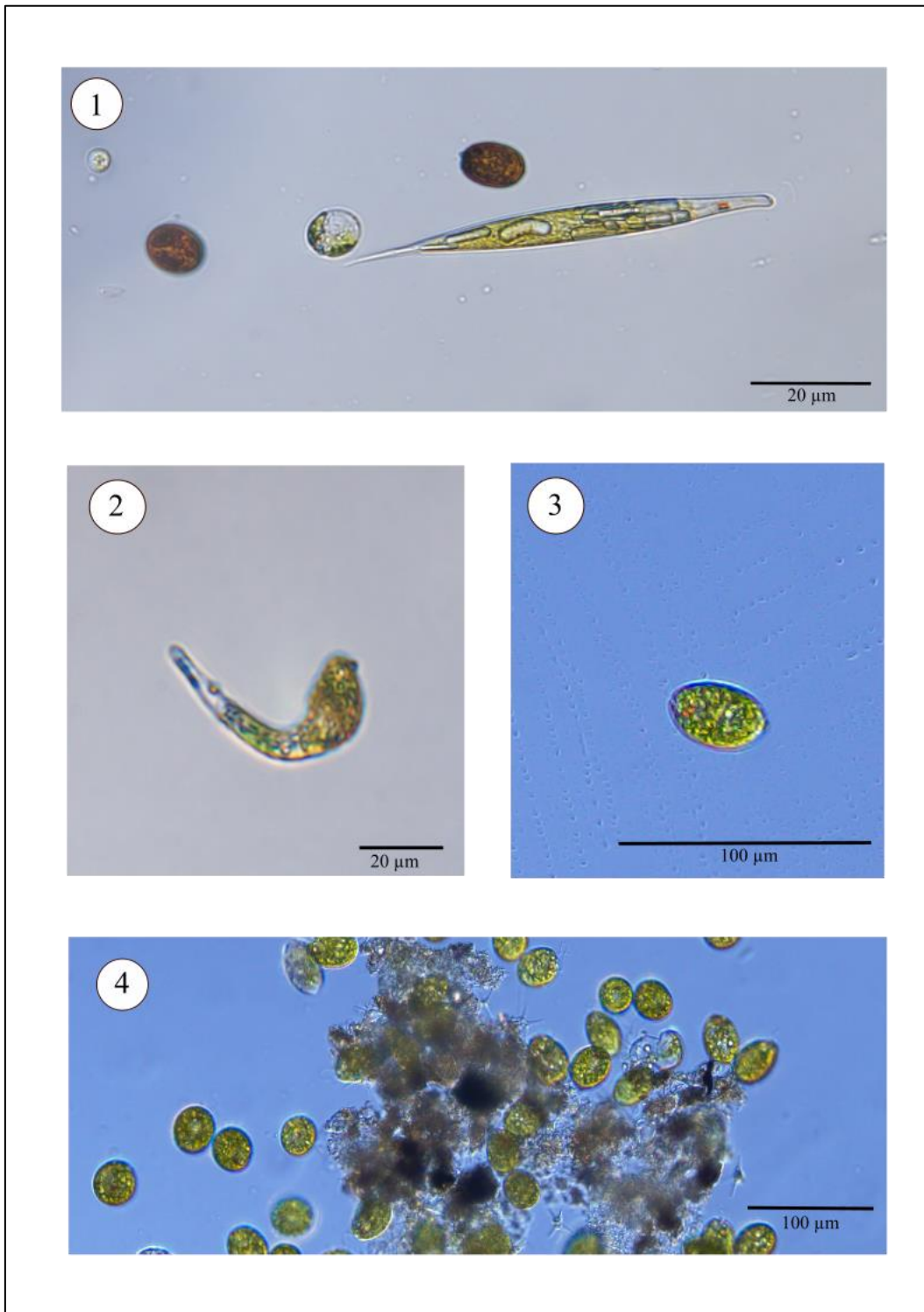
**1:** *Desmodesmus communis* (E.Hegewald) E.Hegewald, **2:** *Coelastrum microporum* Nägeli in A.Braun, **3:** *Stauridium tetras* (Ehrenberg) E.Hegewald, **4:** *Kirchneriella lunaris* (Kirchner) Möbius, **5:** *Desmodesmus dispar* (Brébisson) E.Hegewald, **6:** *Monactinus simplex* (Meyen) Corda

Tabule II.: Chlorophyta II



**1:** *Pseudopediastrum boryanum* (Turpin) E.Hegewald, **2:** *Pediastrum duplex* Meyen, **3:** *Scenedesmus disciformis* (Chodat) Fott & Komárek

Tabule III.: Euglenophyta



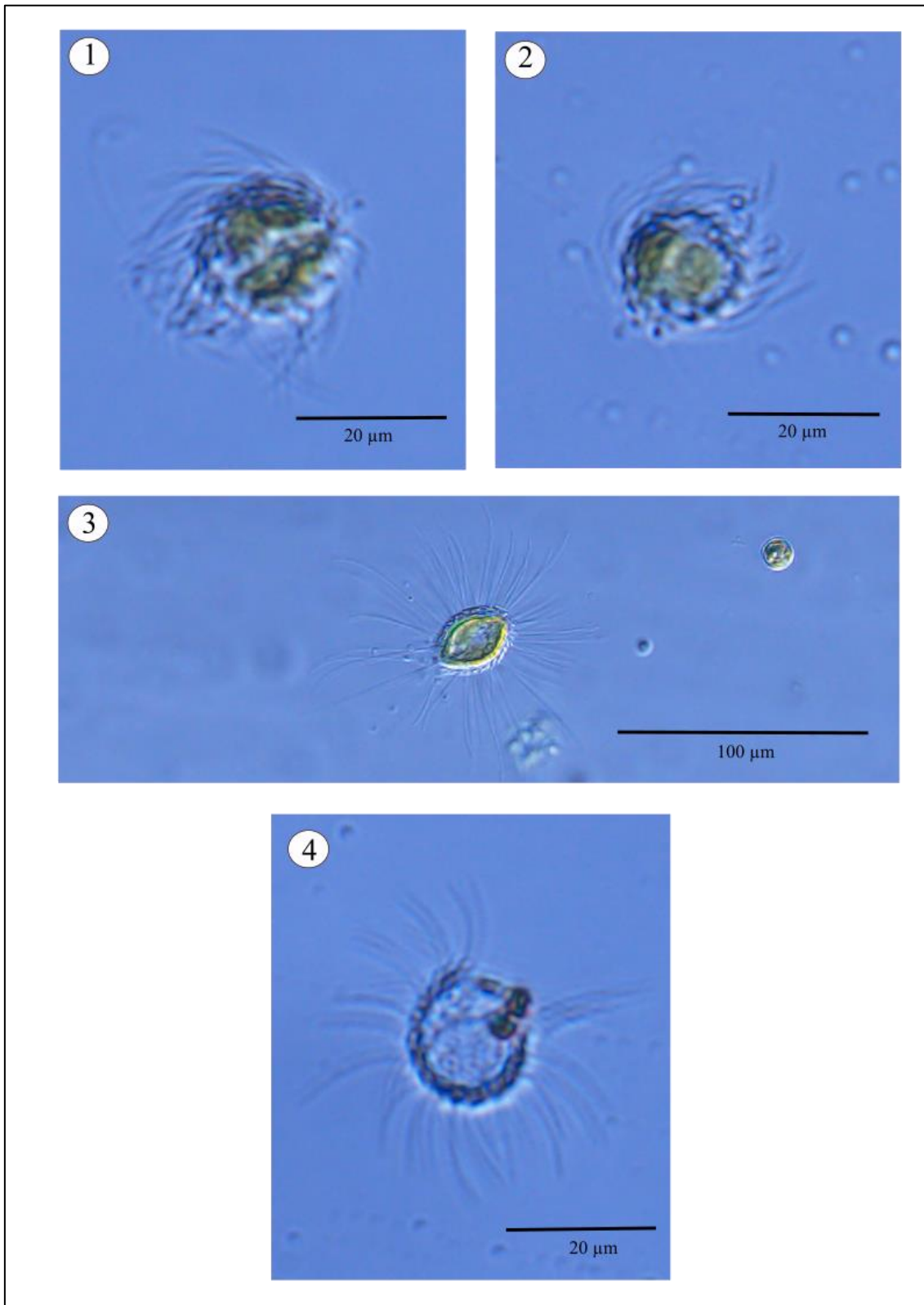
**1:** *Lepocinclis acus* Marin, B., Palm, A., Klingberg, M. & Melkonian, M., **2:** *Euglena mutabilis* F.Schmitz, **3,4:** *Lepocinclis texta* (Dujardin) Lemmermann

Tabule IV.: Dinophyta



**1:** *Ceratium hirundinella* (O.F.Müller) Dujardin, **2:** *Parvodinium goslaviense* (Woloszynska) Carty, **3:** *Glochidium penardiforme* (Lindemann) Boltovskoy

Tabule V.: Chrysophyceae



1, 2, 3, 4: *Mallomonas caudata* Iwanoff (Ivanov)