

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze

Katedra botaniky

Bakalářská práce

**Eutrofizace a koloběh dusíku a fosforu na
rašeliništích. Ekologický stav
NPP Swamp.**

Renata Svátková

Školitel:

RNDr. Jiří Neustupa, PhD.

Praha 2007

Obsah

<i>Klíčová slova</i>	3
<i>Úvod</i>	3
<i>Abstrakt</i>	4
<i>Abstract</i>	4
1. Literární rešerše	5
1.1. Eutrofizace vod	6
1.1.1. Koloběh a dostupnost fosforu	6
1.1.2. Koloběh a dostupnost dusíku	9
1.2. Vývoj rašelinišť	10
1.3. NPP Swamp	12
1.3.1. Obecná charakteristika NPP Swamp	12
1.3.2. Výzkum na NPP Swamp	14
2. Praktická část	18
2.1. Popis a charakteristika odběrových míst	18
2.2. Metoda měření pH, konduktivity, teploty vody, rozpuštěných dusíkatých látek a celkového dostupného fosforu ve vodě	20
2.3. Sběr a zpracování materiálu	20
2.3.1 Analýza odebraného organického materiálu	21
2.3.2. Příprava rozsivkových preparátů	21
2.4. Analýza naměřených parametrů	22
2.4.1. Rozdělení biotopů	22
2.4.2. Závislost konduktivity v závislosti na vzdálenosti od Máchova jezera	24
2.4.3. Vývoj pH v závislosti na vzdálenosti od Máchova jezera	25
2.4.4. Vývoj obsahu celkového rozpuštěného fosforu v závislosti na vzdálenosti od Máchova jezera	26
2.4.5. Vývoj obsahu dusíkatých sloučenin v závislosti na vzdálenosti od Máchova jezera dne 15.9.2006	27
2.5. Seznam a popis nalezených druhů	27
<i>Závěr</i>	30
<i>Použitá literatura</i>	31
<i>Příloha</i>	34

Klíčová slova:

Eutrofizace, dusík, fosfor, rašeliniště, NPP Swamp, Máchovo jezero, řasy, sinice

Úvod:

Tato bakalářská práce je zaměřená především na práci s textem a jeho syntézu. V literární rešerši popisují dosavadní znalosti o eutrofizaci rašelinišť, související především s dostupností a koloběhem fosforu a dusíku v těchto ekosystémech. Dále postupným vývojem rašelinišť od vzniku až po zánik, jak v důsledku přirozeném, který se děje v menším rozsahu (například lokálním zazemněním vývojem daného okolí), tak případným důsledkem globálního oteplování klimatu a s tím způsobené změny v živinové dostupnosti hlavně boreálních rašelinišť, což může způsobit jejich možný ústup. Nakonec se v teoretické části věnují obecné charakteristice rašeliniště NPP Swamp, jeho geografickému umístění, klimatickými podmínkami ovlivňujícími Českolipsko, kde se toto rašeliniště nachází a dosavadními poznatky o výzkumu prováděném od počátku 20.století. V praktické části se zabývám vlastním výzkumem NPP Swamp, týkajícím se společenstva sinic a řas nalézajících se podél gradientu od Máchova jezera, přes souvislý porost rákosu až po les, s cílem zjistit, zda jsou rozdíly v druhovém složení řas a sinic mezi těmito jednotlivými částmi. Dalším cílem této práce je osvojit si metody sběru a určování řas a sinic, metody měření chemických parametrů vody a práci s přístroji k tomu určenými. V závěru práce je obrazová příloha s dokumentací jednotlivých vědeckých poznatků během 20.století a můj seznam druhů, včetně obrazové dokumentace vybraných sinic a řas.

Tímto bych ještě chtěla moc poděkovat svému školiteli Jiřímu Neustupovi za vedení mé bakalářské práce, Janě Veselé za pomoc při vysvětlování práce s programem Canoco, Ladislavovi Hodačovi, Honzovi Šťastnému, Pavlovi Škaloudovi, Katce Machové, Kataríně Nemjové a Martině Pichrtové za rady a cenné připomínky, Vladimíru Svátkovi za poskytnutí meteorologických dat a pomoc při odběru vzorků a v neposlední řadě Jiřímu J. Loudovi a Renatě Svátkové za psychickou podporu.

Abstrakt:

Rašeliniště jsou mokřadní ekosystémy s malým množstvím dostupných živin, kyselou reakcí vody a vysokou produkcí organického materiálu (Borics et al., 2003; Lellák & Kubíček, 1992; Kalina et al., 1994). Vyskytují se především v oblastech s rovnoměrnou vysokou distribucí srážek a vlhkým studeným klimatem (Malatoni, 1999; Borics et al., 2003). S eutrofizací souvisí dostupnost dusíku a fosforu (Lellák & Kubíček, 1992). Hlavním zdrojem fosforu boreálních rašelinišť je primární minerál apatit ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) (Schlesinger, 1997; Vitousek & White, 1981). Ty jsou přírodními podmínkami přeměněny na nerozpustné minerály sekundární, které jsou zdrojem fosforu po opětovném převedení do roztoku vody (Lellák & Kubíček, 1992). Dusík se do ekosystému dostává z atmosféry nitrogenními organizmy (Lellák & Kubíček, 1992), organickou hmotou nebo umělými hnojivy (Bragazza et al., 2005). S eutrofizací rašelinišť je spojen pokles druhové diverzity a jejich postupné zazemňování (Lamers et al., 2000). *Sphagnum sp.* reguluje příjem dusíku do pletiv, proto mu větší množství dusíku v ekosystému neškodí přímo (Luca et al., 2005). Problém tkví v kompetičně silnějších rostlinách, které dusík využívají efektivněji a tím rašelinič přerůstají (Luca et al., 2005). Dalším problémem je globální oteplování, které se projeví především ve vyšších zeměpisných šířkách (stanovisko ČHMU, 2007). Oteplením se zvedne poměr oxidace nahromaděného organického materiálu, čímž se uvolní spolu s CO_2 i fosfor a dusík (Walbridge & Navaratnan, 2006). Mým modelovým rašeliništěm je NPP Swamp, kam se živiny dostávají splachem lesní půdy a eutrofní vodou z Máchova jezera (Kalina & Punčochářová, 1996). Tohoto si všiml při průzkumu už Mattauch (1936). Tímto tématem se zabývá ve Zprávě pro Agenturu ochrany přírody a krajiny ČR s cílem zjistit biodiverzitu řas Swampu a její závislosti na stavu vody v Máchově jezeře (Kalina & Punčochářová, 1996). Ve své práci se zabývám společenstvem mikrofyt nalézajících se podél gradientu od Máchova jezera po les a popis charakteristických druhů popisující odlišné lokality.

Abstract:

Peat bogs are wetland ecosystems with a limited amount of available nutrients, acid water and high generation of organic material (Borics et al., 2003; Kalina et al., 1994). Peat bogs are primarily located in areas with abundant and balanced precipitation and wet cold climate (Malatoni, 1999; Borics et al., 2003). Eutrophication is related to nitrogen and phosphorus availability (Lellák & Kubíček, 1992). The major source of phosphorus in boreal peat bogs is the primary mineral apatite ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) (Schlesinger, 1997; Vitousek & White, 1981).

Apatite is transformed by exposure to natural conditions into insoluble secondary minerals, which become a source of phosphorus after their subsequent transfer to aqueous solution (Lellák & Kubíček, 1992). Nitrogen enters the ecosystem through nitrogenic organisms in the atmosphere (Lellák & Kubíček, 1992), from organic material, or from artificial fertilizers (Bragazza et al., 2005).

Peat bog eutrophization is associated with the decline of generic diversity and the gradual filling of bogs with soil (Lamers et al., 2000). *Sphagnum sp.* controls the nitrogen intake in its tissues and therefore, it is not harmed by an increased quantity of nitrogen in the ecosystem directly (Luca et al., 2005). The problem rests with stronger competitive plants that use nitrogen in a more efficient way and consequently, suppress *Sphagnum sp.* (Luca et al., 2005). Another trouble is global warming, which is expected to have more effect in higher latitudes (ČHMU opinion, 2007). Warming will lead to an increase in the oxidization ratio of accumulated organic material and the consequent release of phosphorus and nitrogen along with CO₂ (Walbridge & Navaratnan, 2006). My model peat bog is the Swamp Nature Reserve where nutrients arrive through forest soil erosion and with eutrophic water from the Mácha's Lake (Kalina & Punčochářová, 1996). This phenomenon was observed as early as by Mattauč (1936). Kalina addresses the topic in the Report for the Agency for Nature Conservation and Landscape Protection of the CR focusing on the study of algae biodiversity in the Swamp and the dependence thereof on the condition of Mácha's Lake water (Kalina & Punčochářová, 1996). This thesis discusses the microphyte community situated along the gradient running from the Máchovo jezero to the wood, including a description of characteristic species typical of various localities.

1. Literární rešerše

V této kapitole se věnuji rešerši, která má být syntézou dosavadních poznatků o eutrofizaci rašelinišť obecně, čím je způsobena, jaké prvky v eutrofizaci hrají hlavní úlohu, jejich koloběhy a vliv těchto prvků v hlavních etapách vývoje rašelinišť od jejich vzniku až po možné zánik jak vlivem přirozeným, tak vlivem globálního oteplování. Dále se zaměřuji na mé modelové rašeliniště NPP Swamp u Máchova jezera, kde popisuji geografickou polohu, klimatické podmínky a kapitolu končím utříděním průběhu výzkumů ve 20. století.

1.1. Eutrofizace vod a hlavní prvky toto způsobující

Eutrofizací vody se rozumí obohacování vody živinami, především o sloučeniny dusíku N a fosforu P (Wikipedia, 2007). Vody se podle obsahu živin dělí na oligotrofní, eutrofní a dystrofní (Křísa & Prášil, 1994). Dusík a fosfor, jako základní stavební kameny rostlinných i živočišných organismů, nejvíce ovlivňují stav čistoty vod a často patří mezi limitující prvky pro výskyt určitých druhů organismů, ať už sinic, řas nebo planktonu a s tím spojený i výskyt makrofytních cévnatých rostlin a dalších živočichů, včetně obratlovců (Lellák & Kubíček, 1992; Stevenson et al., 1996). Řasy vyžadují více živin v době, když je nízká teplota okolí a méně světla než je optimum (Stevenson et al., 1996). Obecně platí, že čím je voda bohatší na živiny, to znamená, že v ní je obsaženo více rozpuštěných minerálních látek, je s tím spojena i změna některých chemických a fyzikálních parametrů dané vody (Štěpánek & Červenka, 1974). Jedná se především o pH a konduktivitu. Nárůst obsahu živin ve vodě nemusí mít jen antropický charakter. Jedná se i o přirozený proces, kdy jsou do vody spláchnuty živiny spolu s půdou např. při povodních, ale i při obyčejném dešti vlivem eroze. Dále to je dané i charakterem určitého ekosystému. Například hluboká studená jezera budou mít spíše charakter oligotrofní nádrže s menším množstvím živin, na rozdíl od malého a mělkého jezírka, v kterých se vlivem podzimního a jarního míchání dostanou veškeré živiny ze sedimentu do celého vodního sloupce, kde mohou být využity k tvorbě organického materiálu, který může v případě velkého rozvoje fytoplanktonu v teplém létě způsobit anoxii v hypolimnionu. Tím se změni nerozpustné sloučeniny železitých fosforečnanů na rozpustné železnaté fosforečnany, čímž se dostane do vodního sloupce další množství fosforu a dojde k dalšímu nárůstu obsahu živin a s tím spojený další nárůst organického materiálu a s toho plynoucí další znečištění ekosystému (Lellák & Kubíček, 1992).

1.1.1. Koloběh a dostupnost fosforu

Fosforečnan vápenatý, neboli apatit ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), je limitujícím zdrojem veškerého dostupného fosforu (P) na Zemi (Schlesinger, 1997). Všechny primární minerály vystavené povětrnostním vlivům, byly vlivem vnějších podmínek, jako jsou fyzikální, biologické a chemické, přetransformovány do sekundární minerální formy (Walbridge & Navaratnan, 2006). V zemské kůře je obsah fosforu ve formě sekundárních nerozpustných minerálů asi

0,1 % . Pro fosfor jsou nejběžnější sekundární minerály, sloučeniny s hliníkem (Al), železem (Fe) a Manganem (Mn) v kyselém prostředí a v prostředí alkalickém tvoří sloučeniny s vápníkem (Ca) a hořčíkem (Mg) (Lindsay et al., 1989).

Limitující charakter fosforu pro organismy je způsoben jeho „poměrným zastoupením v živých organismech a jeho zdroji v prostředí“ (Lellák & Kubiček, 1992). Aby mohl být fosfor P využit jako zdroj stavební látky pro organismy, tak se musí dostat z těchto nerozpustných sekundárních sloučenin opět do vody, což se děje působením vnějších podmínek, nejčastěji zvětráváním (Lellák & Kubiček, 1992). I za absence vnějších vlivů obsah fosforečnanu vápenatého v půdě s průběhem půdního vývoje postupně klesá a to vlivem vody, která ho vymývá do spodních vrstev půdy (Walbridge & Navaratnan, 2006). Do vodních ekosystémů se dostává nejčastěji ve formě rozpuštěných ortofosforečnanů nebo často jako sraženina fosforečnanu železitého (FePO_4) (Lellák & Kubiček, 1992). Dále povrchová i spodní voda fosforečnan vápenatý (apatit) disolvuje na kationty a anionty a proto se tímto procesem postupem času snižuje ve vodě kromě obsahu fosforečnanu vápenatého i obsah dostupného celkového fosforu (Walbridge & Navaratnan, 2006). Pokles primárního minerálního fosforu v půdě byl studován například v roce 1976 na Novém Zélandu (Vitousek & White, 1981). V této studii bylo zjištěno, že během krátkého období půdního vývoje se snižoval obsah jak primárního apatitu, tak volného celkového dostupného fosforu, zatímco obsah sekundárních nerozpustných sloučenin fosforu v relativním podílu přibývalo. Vývojově nejstarší půdní vzorky byly charakterizovány postupným pomalým snižováním obsahu celkového fosforu a zbývajícím primárním minerálním fosforem (fosforečnan vápenatý). Ten se postupně měnil v sekundární sloučeniny fosforu, které nejsou efektivní dostupnou živinou pro rostliny a z toho vyplývá i vzrůst podílu organicky vázaného fosforu (Vitousek & White, 1981). V ekosystémech je fosfor vázán ve formě organických sloučenin ve stélkách rostlin a v tělech živočichů a následně koluje jako organický fosfor potravními řetězci. Takto v organickém materiálu vázaný fosfor je považován za fosfor limitující, protože ho nemohou využít další organismy, dokud se opět odumřením jiných organismů neuvolí do prostředí (Wieder & Vitt, 2006).

Určité množství fosforu se na druhé straně opět dostává zpět do sedimentů, hlavně v mořích, kde se usazuje na dně. Odtud je částečně získán zpět například rybolovem nebo guanem z trusu mořských ptáků a další lidskou činností, jako je těžba, hnojení apod. (Lellák & Kubiček, 1992)

Předpokládá se, že pro boreální rašeliniště je cyklus a dostupnost fosforu P podobný s dostupností a cyklem dusíku N, akorát obráceně. (Vitousek & White, 1981) předpověděli

podle modelu Walker & Sayers, (1976) pro dusík (N), dostupnost a cyklus fosforu (P), který vyměnili místo dusíku během testů pro primární produkci. Vitousek & White, (1981) předpovídali, že ekosystémy na čerstvě exponovaných půdách, například po ústupu ledovce, budou mít maximální dostupnost fosforu, protože bude v těchto substrátech převládat primární minerální složka fosforu, fosforečnan vápenatý. Naopak, pro dusík (N), bude dostupnost minimální, protože vzdušný dusík ještě nebude v takových podmínkách fixován žádnými organismy a tudíž bude pro většinu organismů nedostupný a tím i limitující. Z toho vyplývá, že čerstvě exponované půdy budou limitující pro dostupnost dusíku a naopak nelimitující pro dostupnost fosforu. Čerstvě exponované půdy se pohybují ve stáří stovky až tisíce let (v případě boreálních rašelinišť, která jsou považována za relativně mladé ekosystémy, 5 000 až 10 000 let od ústupu ledovce), a naopak, starší půdy, které byly vystaveny povětrnostním, biologickým i chemickým vlivům relativně dlouhou dobu, budou charakteristické svou limitující dostupností pro fosfor a nelimitujícím zdrojem bude dusík, protože už bude organicky vázaný a tudíž pro další organismy snáze dostupný. V článku od Borics et al., (2003) je naopak uvedeno, že v rašeliništích je koncentrace anorganického fosforu, tak i dusíku obsažena ve velkém množství. Je ovšem nutno dodat, že se v tomto článku nejedná o rašeliniště boreální, vzniklé během posledních 10 000let, ale o „bog-lakes“ v Maďarsku. To odpovídá teorii „mladých“ boreálních rašelinišť a rašelinišť ostatních, které jako zdroj fosforu využívají sekundární minerály, nebo fosfor již fixovaný jinými organismy.

Obsah fosforu, jak už bylo popsáno výše, se z vrchních vrstev půdy snižuje vlivem vymývání vodou do spodnějších vrstev půdy (podložní horniny), která je většinou od horní vrstvy půdy, tvořené rašelinou, oddělena v případě rašelinišť právě spodní vodou, tudíž se zpět do horních vrstev jen těžko dostane (Walbridge & Navaratnan, 2006). Obsah celkového fosforu je dále snižován činností organismů, především zakořeňováním rostlin. Tato ztráta se sice částečně vyrovnává doplňováním fosforu z atmosféry, ale tento proces je velmi pomalý. Koncentrace fosforu na rozdíl od pH výrazněji kolísá během roční sezóny, tudíž podle něho nelze spolehlivě určovat stupeň eutrofizace rašelinišť (Vitt et al., 1994). I když obecně lze říci, že je koncentrace celkového rozpuštěného fosforu vyšší v bažinách a lesních rašeliništích (Vitt et al., 1995), což je i případ Swampu, který je obklopen lesy z jedné strany a eutrofním Máchovým jezerem ze strany druhé. Větší množství fosforu se v tomto případě do rašeliniště zřejmě dostává spláchnutím lesní půdy za deště a částečným mísením jezerní vody z opačného směru. Hlavní roli, kvůli které se mění koncentrace celkového rozpuštěného fosforu v rašeliništi během roku, hraje teplota vody. Teplota ovlivňuje i koncentrace dalších

rozpuštěných látek. Kromě P to jsou i NH_4 , NO_3 , nebo S (Tolonen & Hosiailuoma, 1978; Vitt et al., 1995).

1.1.2. Koloběh a dostupnost dusíku

Dusík patří spolu s fosforem P, uhlíkem C, vodíkem H a kyslíkem O mezi hlavní makrobiogenní prvky. V atmosféře se vyskytuje jako nejvíc zastoupený plyn (asi 79%) jako inertní (nereaktivní) plyn ve formě molekuly N_2 , dále biologicky využitelný dusík, který se nachází hlavně ve sloučeninách N_2O a NO_x a NH_x . Atmosférický dusík N_2 je hlavním zdrojem dusíku na Zemi pro organismy, ačkoli velká většina organismů ho v této formě neumí využívat (Vitousek & Horwath, 1991). Mezi organismy, které dokážou atmosférický dusík N_2 využít a zároveň ho vázat pro ostatní organismy, patří některé bakterie a sinice (Allan, 1995). Vazači dusíku se dají rozdělit do dvou kategorií. A to symbiotičtí vazači dusíku (např. na kořenech rostlin čeledi bobovitých *Fabaceae* najdeme bakterie rodu *Rhizobium*) a druhá skupina jsou volní vazači dusíku N_2 , jako např. aerobní bakterie rodu *Azobacter*, sinice rodu *Anabaena*, *Aphanizomenon* atd. (Lellák & Kubiček, 1992). Tyto organismy váží atmosférický dusík N_2 do sloučenin, například dusičnanů NO_3 , které jsou pro všechny ostatní organismy snáze využitelné a zabudovávají následně dusík do rostlinných a dále pak i živočišných těl ve formě bílkovin a nukleových kyselin (Lellák & Kubiček, 1992). Odumíráním organického materiálu a také pomocí jeho exkrementů se dusík opět dostává do ekosystému a to ve formě např. kyseliny močové, amoniaku, aminokyselin atd. Následně jsou tyto sloučeniny opět využity bakteriemi, sinicemi a rostlinami. Dusík N, stejně jako fosfor P, se ukládá do sedimentů fosilizováním těl rostlin i živočichů. Takto uložený dusík N je opětovně využíván např. na hnojení, čímž se opět dostává do ekosystémů. Dalším velkým zdrojem pro organismy dostupného dusíku jsou produkty lidské činnosti, jako jsou umělá hnojiva, kyselá deště (Allan, 1995), ale i zdánlivě neškodné nadměrné pěstování luštěnin (Bragazza et al., 2005). A díky všem těmto okolnostem se množství biologicky aktivních forem dusíku přibližně rovná množství fixovaného dusíku N v horninách (Galloway et al., 1995).

Problém se zvýšenými emisemi dusíku mohou mít obzvláště ekosystémy potřebující malé množství živin, jako jsou rašeliniště s dominantní přítomností rašeliničku rodu *Sphagnum sp.* (Bobbing et al., 1998). Příjem dusíku do rašeliniště závisí na přísunu z atmosféry nebo v případě zemědělských oblastí splachem hnojiv, ale ne na příjmu z půdního podloží, protože jak už bylo psáno v úvodu, substrát je od minerálního podloží v rašeliništích oddělen spodní vodou (Bobbing et al., 1998). Výzkum v jedenácti evropských zemích prováděli (Luca et al.,

2005), kde nasbírali vzorky různých druhů *Sphagnum sp.* ze šestnácti rašelinišť v letech 2001-2003, nacházejících se v různě znečištěných oblastech a zjišťovali jak ovlivňuje množství přísunu dusíku N v rašeliništi obsah dusíku v pletivech rašeliníku *Sphagnum sp.* Zjistili přitom, že *Sphagnum sp.* má schopnost eliminovat ve svých pletivech relativní obsah dusíku N. To znamená, že při malém množství dusíku přicházejícího z okolí, dokáží rostliny *Sphagnum sp.* dusík velmi efektivně přijmout a využít, tudíž dokáže *Sphagnum sp.* dobře růst na půdách i s velmi malým přísunem dusíku. Dusík zabudováním do svých pletiv ukládá spolu s fosforem P a uhlíkem C a postupem času po úhynu rostlin se tyto látky zakonzervovávají díky anoxii do rašeliny. Pokud je ovšem přísun dusíku do rašeliniště vyšší (např. v zemědělských oblastech), *Sphagnum sp.* dusík N přijímá téměř ve stejném množství, jako v případě, kdy ho má k dispozici málo. Dále zjistili, že relativní koncentrace dusíku ve vzrostném vrcholu je větší, než na stonku, což posléze vysvětlili větší dělicí činností buněk ve vzrostném vrcholu a větší enzymatickou aktivitou a potřebou základních stavebních látek pro růst rostliny (Luca et al., 2005). Zdálo by se, že díky této schopnosti rašeliníku by se mohlo rašeliniště zachovat neporušeno i přes vysoké koncentrace dusíku v rašeliništi, protože by nedocházelo k přímému úhynu rostlin *Sphagnum sp.* Proč eutrofizace rašeliništím škodí? Problém tkví v tom, že *Sphagnum sp.* nevyužije všechen dusík při jeho velkém a nevyužité sloučeniny dusíku jsou využity jinými rostlinami, které dokáží větší množství dusíku efektivně využít ve svůj prospěch. Následně se postupně rozrůstají a dochází vlivem toho k postupnému zazemňování rašeliniště. (Lamers et al., 2000)

1.2. Vývoj rašelinišť

Rašeliniště se řadí mezi dystrofní nádrže, vyznačující se malým množstvím dostupných živin, kyselou reakcí vody (pH 4,5-6,5) a vysokou produkcí organického materiálu (Kalina & kol., 1994). Boreální rašeliniště jsou jeden z nejrozsáhlejších a nejzajímavějších mokřadních typů na světě (Walbridge & Navaratnan, 2006). Známe dva typy rašelinišť, podle svého původu a zásobování vodou. Prvním typem jsou slatiniště, která vznikají zazemněním bývalé vodní plochy, např. jezera a jsou zásobovány podzemní vodou. V těchto tůních se pH pohybuje většinou v rozmezí 5-6. Druhým typem rašeliniště je vrchoviště, která jsou zásobena hlavně vodou srážkovou a jejich reakce je kyselější než u slatinišť a pH se pohybuje nejčastěji v rozmezí mezi 3,5-4,5 (Lellák & Kubíček, 1992). Boreální rašeliniště pokrývají významnou část pevniny tří kontinentů na severní polokouli (severní Ameriku, Evropu a Asii). Vyskytují se v pásu táhnoucím se zhruba od 40° do 80° zeměpisných šířek na obou

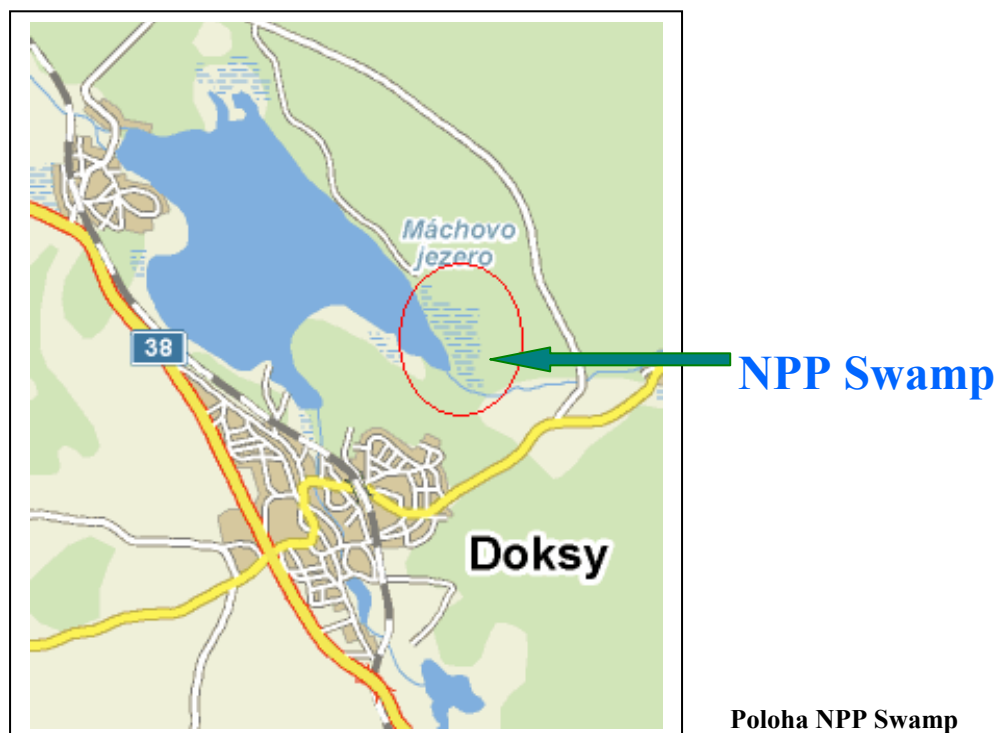
polokoulích (Malatoni, 1999). Představují rozsáhlé mokřady, které mají velice podobný charakter jak v Alpách, Karpatech tak i v severní části Evropy (Borics et al., 2003).

Boreální rašeliniště vznikají v oblastech vyznačujících se vysokými srážkami s rovnoměrnou distribucí, s velkou vlhkostí vzduchu a nízkou teplotou vzduchu (Malatoni, 1999; Borics et al., 2003). Začínají se vytvářet v místech po ústupu ledovce na čerstvě obnažených půdách (Kuhry & Turunen, 2006). Takováto relativně nově vznikající rašeliniště můžeme najít například v Kanadě v jižní části Nunavut, protože zde ledovec ustoupil relativně nedávno, jsou stará zhruba 7 000 let (Zoltai, 1995). Většina boreálních rašelinišť se vyvíjela od časného do středního holocénu (Kuhry & Turunen, 2006). Rašeliniště vznikají za předpokladu, že je vrchní část půdy s vegetací izolovaná od podložního vlivu minerální půdy například vlivem podzemní vody (Bobbing et al., 1998) a je přidružená k matečné hornině akumulací rašeliny (Walbridge & Navaratnan, 2006). Následný vývoj rašeliniště závisí na vzniku a akumulaci rašeliny, což se z velké části odvíjí od obsahu podzemní vody, srážek a obsažených živin (Kuhry & Turunen, 2006). Pokud je živin málo a podzemní vody a srážek hodně, bude na takovém místě především dominovat rašeliník *Sphagnum sp.*, který podporuje následnou kyselou reakci stanoviště (Kuhry & Turunen, 2006),

Rašeliniště hrají velkou roli při globálním cyklu uhlíku C na Zemi (Walbridge & Navaratnan, 2006). Uhlík C z atmosféry akumulují do organické podoby rostlinných těl, tudíž teoreticky jeho uvolněním zpět do atmosféry mohou přispět k nárůstu skleníkového plynu oxidu uhličitého a tím k budoucímu globálnímu oteplování Země. Nárůst teploty se podle výzkumu předpokládá právě „nad pevninou a v nejvyšších severních zeměpisných šířkách a nejnižší v oblastech jižních oceánů (stanovisko ČHMU, 2007). Ve chvíli oteplení klimatu může být hlavním ovládacím prvkem změny cyklu uhlíku C v rašeliništích živinová dostupnost. Ta se hlavně týká dusíku N a fosforu P. Vlivem zvýšené teploty vzduchu se zvedne poměr dekompozice (oxidace) nahromaděného organického materiálu, čímž se do atmosféry uvolní uhlík C ve formě oxidu uhličitého CO₂. Spolu s uhlíkem C se uvolní do té doby v organickém materiálu vázaný, fosfor P a dusík N, což způsobí zvýšení obsahu rostlinnými organismy dostupných živin a tím eutrofizaci rašeliniště a s tím spojený jeho postupný zánik (Walbridge & Navaratnan, 2006).

1.3. NPP Swamp

1.3.1. Obecná charakteristika NPP Swamp



Swamp se nachází na jihovýchodním břehu Máchova jezera asi 2,8 km od Doks v libereckém kraji ve východní části Českolipska (zde se také nachází největší souvislá plocha písčiny podzolů v českých zemích, na něž navazují slatinná a přechodová rašeliniště v okolí Doks a Stráže pod Ralskem). Rašeliniště leží v nadmořské výšce zhruba 265 m nad mořem, je zhruba 1,45 ha (Modrý a Sýkorová, 2004 udávají výměru 47,23 ha) velké rašeliniště s mnoha tůnkami a kolem něj se nachází ochranné pásmo o velikosti kolem 12 ha. Národní přírodní památkou bylo vyhlášeno na doporučení pana prof. RNDr. Bohuslava Fotta, DrSc. dne 29.12.1972.

NPP Swamp patří do povodí řeky Ploučnice, jejíž 88% povodí se nachází právě v tomto regionu (z celkových 1194 Km²). Jako pramen Ploučnice je označován mohutný vývěr podzemní vody poblíž Osečné, nebo také pramen na jihozápadním svahu Ještědu nedaleko Hořených Pasek. Řeka ústí zprava do Labe v Děčíně. Největším levostranným přítokem je Robečský (Břežský) potok, který má plochu povodí 286,50km², délku toku má 25,2 km a průměrný průtok činí 1,6m³/s. Robečský (Břežský) potok postupně protéká Břežským rybníkem, Máchovým jezerem a Novozámeckým rybníkem a do Ploučnice ústí pod Českou Lípou (Mackovčín a kol., 2002)

Nejvýznamnějším prvkem ovlivňujícím charakter regionu po klimatické stránce je teplota vzduchu. Tento region leží na rozhraní vlivu Atlantského oceánu na západě a rozsáhlého kontinentu na východě. Převládá zde vliv oceánického západního proudění větru (Tolasz et al., 2007). Krátkodobě je toto západní proudění vzduchu nahrazováno chladnějším vzduchem ze severu, nebo teplejším prouděním ze Středomoří z jihu. Po celý rok ovlivňuje počasí hlavně výrazná cyklonální činnost na polární frontě, což je jeden z důvodů velké proměnlivosti počasí. Teplota vzduchu je v jižní a západní části regionu teplejší, než odpovídá průměru pro tuto zeměpisnou šířku. Např. Česká Lípa má v tomto ohledu o 7°C vyšší dlouhodobý teplotní průměr (Mackovčín a kol., 2002). Z regionálních faktorů ovlivňuje podnebí absolutní nadmořská výška jednotlivých míst a převažující orientace hlavních horských hřbetů ze severozápadu na jihovýchod (ve směru hlavního proudění vzduchu). Relativní výškový rozdíl mezi jednotlivými lokalitami regionu je až přes 1000m, což hodně ovlivňuje většinu meteorologických jevů. Vzhledem k tomu, že svahy mají často severní a jižní orientaci, tím jsou zde výrazné rozdíly v příjmu sluneční energie na plošně malém území, které se projevují i na skladbě vegetace (Mackovčín a kol., 2002).

Jak už bylo psáno, Swamp se nachází ve východní části Českolipska v okolí Doks, kde spadne asi 28% všech atmosférických srážek regionu, což tuto oblast zařazuje k nejsuššímu místu Liberecka (roční úhrn srážek je zde 588mm, odtud směrem na sever a severovýchod se úhrn srážek zvětšuje až na hodnoty přes 1 700mm v pohraničních Jizerských horách a Krkonoších. Co se týče sněhových srážek, je průměrná výška sněhové pokrývky v okolí Doks asi 20 cm (oproti zhruba 160 cm sněhu na horách). Tento pokles hodnoty srážek je způsoben srážkovým stínem, který vzniká za Krušnými horami. Převládající proudění vlhkého oceánického vzduchu vystoupá do vyšší nadmořské výšky, tím dojde k ochlazení vzduchu, jeho z kondenzování a následný déšť nad pohořím, čímž se srážky nedostanou v takové míře do okolí (ústní sdělení, Svátek). V období posledních let 20. století je i zde možno prokázat postupnou změnu celkového klimatu na Zemi, která se projevuje konkrétně zde růstem průměrné teploty vzduchu a nižších dlouhodobých srážkových úhrnech (Mackovčín a kol., 2002). Podle ČHMU se průměrná roční teplota ČR zvýšila za posledních 40 let od roku 1961 do roku 2000 o 0,025 °C za rok, kde deset nejchladnějších let bylo mezi lety 1961-1970 a naopak nejteplejší desetiletí bylo s kratšími výkyvy období let 1991-2000. Nejvíce se oteplují zimní měsíce. (Tolasz et al., 2007).

Podklad rašeliniště tvoří svrchnokřídové pískovce středního turonu a písčité náplavy, na nichž je vytvořena nízká vrstva humolitu, na němž leží glejová vrstva. Na původ rašeliniště panuje několik názorů, podle (Mackovčín et al., 2002), je Swamp zbytkem rašeliniště, který

zůstal po vytvoření Máchova jezera, původně Velkého rybníka založeného Karlem IV. již roku 1367 (Doksy, 2003), na místě původně menšího rybníka. Podle (Modrý & Sýkorová, 2004) „vzniklo na písčítých náplavech v důsledku zvýšení hladiny podzemní vody při založení Máchova jezera“ a ve zprávě algologického průzkumu (Kalina & Punčochářová, 1996) se uvádí, že Swamp je zaplavované slatiniště, což podle definice (Lellák & Kubíček, 1992) „vzniká zazemněním bývalé vodní plochy,.. Pravda je, že se výskyt vody v rašeliništi odvíjí od hladiny Máchova jezera, s kterým je rašeliniště spojené písčítým propustným podložím (Mattauch, 1932; Kalina & Punčochářová, 1996; Modrý & Sýkorová, 2004). Dnes je plocha Máchova jezera zhruba 284 ha s objemem vody asi 6,3 mil.m³. Od jezera je odděleno úzkou hrázkou, která musela být technicky zpevněna a prodloužena, protože přírodními vlivy docházelo k jejímu narušování a tím k naplavování vody z jezera do rašeliniště, což není žádoucí pro její rozdílné hodnoty nejen v pH (až o 4 stupně), ale i rozdílný obsah minerálních látek (hlavně dusíku N a fosforu P), což by mělo za následek eutrofizaci rašeliniště.

Swamp je významná algologická lokalita a i z cévnatých rostlin se zde vyskytují vzácné druhy, zejména ohrožená rosnatka okrouhlolistá *Drosera rotundifolia*, klikva bahenní *Oxycoccus palustris*, dále pak kriticky ohrožená hrotnosemenka bílá *Rhynchospora alba*. Dále v rašelinných tůních můžeme najít i leknín bělostný *Nymphaea candida*. Z neohrožených druhů cévnatých rostlin se zde nachází hlavně rašeliník *Sphagnum sp.*, rákos obecný (*Phragmites communis*), suchopýr (*Eriophorum sp.*) „Zajímavé je též společenstvo ptáků zastoupené bukačem velkým (*Botaurus stellaris*), motákem pochopem (*Circus aeruginosus*), bekasinou otavní (*Gallinago gallinago*) či ledňáčkem říčním (*Alcedo atthis*)“ (Modrý & Sýkorová, 2004).

1.3.2. Výzkum na NPP Swamp

Swamp je významnou algologickou lokalitou. Vědecký výzkum se zde datuje už od počátku 20. století. Bylo zde popsáno několik desítek nových druhů řas. Veškeré řasy indikují kyselé prostředí, které je chudé na živiny (hlavně na dusík N a fosfor P). První zmínka o výzkumu na rašeliništi Swamp se datuje roku 1909, kdy zde prováděl výzkum „významný německý algolog Adolf Pascher, který se v citované publikaci věnoval chryzomonádám“ (Kalina & Punčochářová 1996). Ten také zřejmě založil ve dvacátých letech v Doksech výzkumnou algologickou stanici. Z tohoto data také s největší pravděpodobností pochází název „Swamp“ (Kalina & Punčochářová 1996).

Od srpna roku 1931 až do října roku 1932, zde Mattauch prováděl opakovaná měření včetně závislosti na vzdálenosti odběrového místa k Máchovu jezeru (Mattauch, 1936). Popisuje polohu rašeliniště, jeho okolí a základní charakteristiku, jako je pH vody v jednotlivých tůňkách na závislosti jejich vysychání a teplotou vody za určitého počasí, okolní makrovegetaci cévnatých rostlin, půdu lesa atd.

Popsal, že v okolí Swampu spadne zhruba 600mm srážek, přestože leží na 700mm izohyetě (což odpovídá i současným pozorováním, že okolí Doks je nejsušší místo libereckého regionu se srážkovým úhrnem 588 mm, než jaký by se dal předpokládat podle polohy (Tolasz et al., 2007; Mackovčín et al., 2002). Půda je tvořena z bílošedých naplavených písků aluviálního původu a v okolních lesích jsou jemnozrnné písky a se slabou vrstvičkou jedlového jehličí (Mattauch, 1936).

Pro stanovení iontové koncentrace rozpuštěných látek v půdě používal nanášecí metodu a koncentraci iontů (neboli pH) ve vodě stanovoval pomocí srovnání barvy vody a barevných sklíček v osmibarevné stupnici. „Nejčastější naměřená hodnota pH vody byla mezi 4,4 - 4,8 (nejčastěji podle barevné metody pH 4,6; i když vyjíměčně během let hodnoty pH vody mírně kolísaly). Nejnižší hodnoty pH vody byly naměřeny v 6. srpna roku 1931 odpoledne při teplém počasí (32 °C ve stínu), kdy voda vymačkaná z rašelínku ukazovala pH 3,2 při teplotě vody 29 °C. Po deštích 14. 8. 1931 opakoval měření a zjistil pH 3,8 pro *Sphagnum ariculatum* a pH 3,4 – 3,6 pro *Sphagnum papillosum*. Nejvyšší pH naměřil 18. 10. 1931, kdy v jedné z prohlubní bylo pH 6 v době výlovu rybníka, kdy „byla celá oblast vysušená a zbyly tam jen ostrůvky vody“. Zjistil též, že postupem k zimě se pH zvyšovalo ve výmolech (až na pH 5,4), kdežto ve *Sphagnum sp.* se moc neměnilo. V důsledku podzimních dešťů se voda ve výmolech zeslaďovala, kdežto ve *Sphagnum sp.* opět nenaměřil větší výkyvy. Odvodil z toho, že *Sphagnum sp.* má pufrací schopnosti, a že pufracích látek je málo a z toho ještě mnohem méně pro pufrování alkality než acidity. Totéž zkoumal i pro půdu pomocí chemické analýzy v tehdejším zemědělském ústavu. V souvislosti s makrovegetací cévnatých rostlin stojí především za zmínku výskyt rákosu, který tehdy tvořil mezi rašeliništěm a Máchovým jezerem souvislý pás o šíři zhruba 2m-5m o s rostlinami vysokými 1m-2,5m. Ve zprávě poukazuje na to, že vlivem kosení rákosu a jeho následném neodnesení z rašeliniště, rákosová stébla ve vodě znovu zakořeňují a dochází tím k jejich vegetativnímu množení a tím k rozšiřování pásu rákosového porostu, kde se usazují naplavený organický i anorganický materiál, čímž se zvyšuje dno. Dalo by se předpokládat, že tímto procesem vznikla postupem let hrázka oddělující Máchovo jezero od zbytku rašeliniště (tato hrázka, byla v druhé polovině

20. století technicky zpevněna a prodloužena, aby se nemíchala voda jezera s vodou rašeliništní).

Při studiu mikroflory sinic a řas se zaměřil kromě floristické studie i na závislost změny druhového složení na ročním období. Zjistil, že v zimě pro řasy neexistuje úplný vegetační klid, přestože je řas málo a jen některé druhy. Pod ledem objevil například *Mougeotia parvula* a *Mougeotia viridis*, ale nikdy nebyla bohatě rozvinutá. Spolu s rodem *Mougeotia sp.* pod ledem nacházel vždy kolem 6 druhů rozsivek (*Anomoneis seriens*, *Eunotia pectinalis*), 4 druhů sinic kolem 9-18 druhů řas, které zařadil mezi ostatní, jako jsou například *Tetmemorus granulatus*, *Chalamydomonas sp.*, *Chromulina sp.* a další. Žádné z forem se však nevyskytovaly ve větším množství. Mattauch během svého výzkumu vyzoroval dvě hlavní vegetační periody, kdy je největší rozvoj sinic a řas je v období jara od března do začátku června, kde pozoroval největší druhovou rozmanitost a druhé období spadá do podzimních měsíců od půli září do října, i když s menší druhovou rozmanitostí. Naopak nejmenší rozvoj řas je v zimě a v létě. Z výzkumu vyvodil, že nejdůležitějším faktorem pro rozvoj mikrofyty je odpovědná, kromě dostatku vody, i teplota vody, kdy pokud má voda méně než 0 °C, nebo více než 20 °C, tak se rozvoj mikrofyty zpomaluje až zastavuje. Přitom tyto oba dva faktory (dostatek vody a její teplota) nejsou jedinými faktory ovlivňující výskyt řas a sinic v rašeliništi. Faktorů je více (expozice slunce, okolní makrovegetace atd.) a jsou spolu tak komplexně provázány, než aby se z toho daly jednoduše odvodit jakékoli podmínky pro rozvoj mikrofyty.

I po druhé světové válce zde pokračoval algologický výzkum, tehdy se s výzkumem pojí jména Fott, Popovský, Javornický, Kalina (Kalina & Punčochářová, 1996).

Další výzkum se zabýval životním cyklem obrněnek z této lokality (Pfiester & Popovský, 1972)

Panče Stojanovski a Tomáš Kalina v roce 1989 studovali na Swampu rozsivky. V té době ještě hrázka mezi Swampem a Máchovým jezerem ještě zřejmě nebyla technicky zpevněna a rozšířená, neboť v článku popisují, že po deštích 26. května 1986 byla voda Máchova jezera a Swampu v kontaktní zóně smíšená (tato zóna odpovídá budoucímu sektoru A podle Kalina & Punčochářová (1996). Toto smíšení bylo i vizuálně zhodnotitelné, neboť barva vody Máchova jezera byla nazelenalá (vlivem fytoplanktonu) a ve Swampu hnědá (díky humínovým kyselinám). Vzorky odebrali dvakrát. Celkem zde našli 85 taxonů rozsivek, z nich nejčetněji se ve vzorcích vyskytovala *Anomoeoneis seriens*, dále pak např. *Frustulia rhomboides* var. *saxonica*, *Eunotia sp.* nebo *Pinnularia gibba* var. *linearis* a další. V této

studii také byl popsáno „společenstvo řas Swampu jako novou asociaci *Tetmemoro granulati-Anomoeoneietum serians*“ (Stojanovski & Kalina 1986)

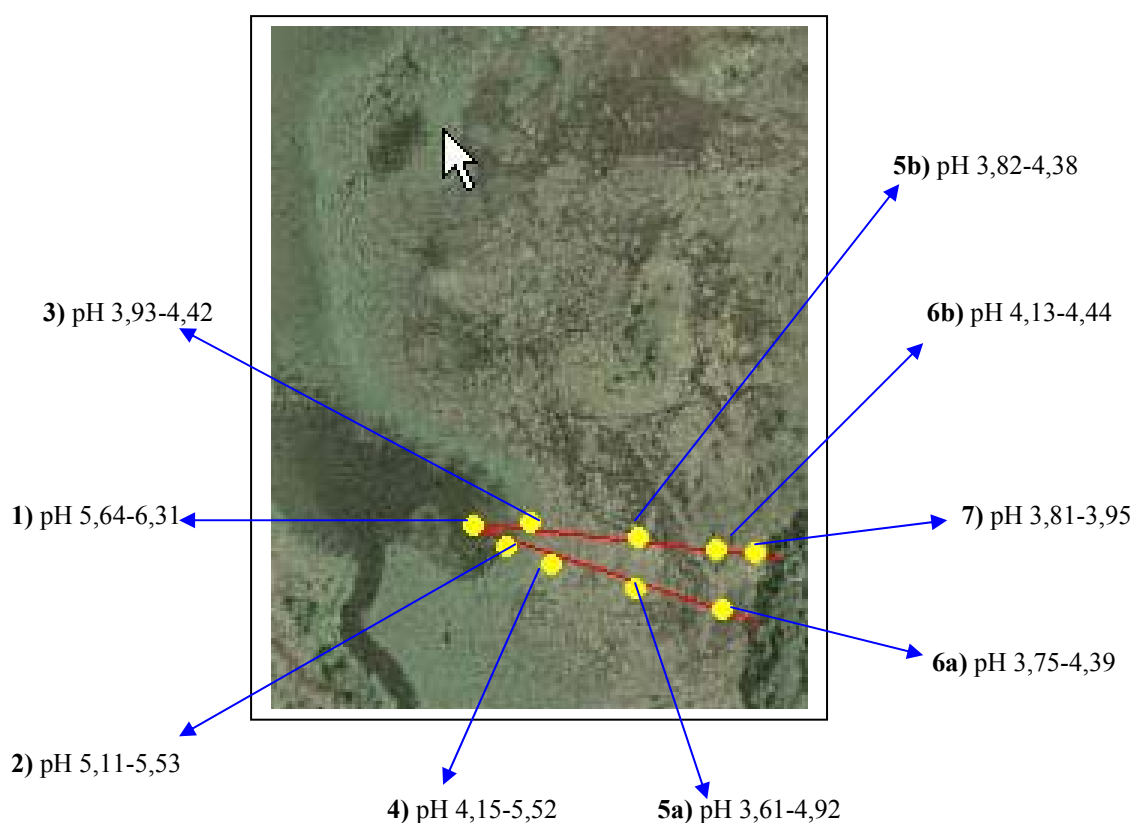
V sezóně od května do října 1996 na Swampu uskutečnil algologický průzkum Kalina a Punčochářová pro Agenturu ochrany přírody a krajiny ČR s cílem zjistit biodiverzitu řasové flory Swampu a její závislosti na stavu vody v Máchově jezeře s návrhem na další postup, jak tuto lokalitu jako celek dále chránit. Pro lepší orientaci a popis rozdělili rašeliniště do čtyř sektorů A až D, kde sektor A sousedil přímo s hrázkou oddělující rašeliniště od Máchova jezera a nejbližší sektor D se nacházel severovýchodně od jezera (příloha obr.3) Sektor D, který byl většinu času sušší a vyznačoval se „postupným zazemňováním rašeliniště, což ve všech případech vede ke znehodnocení lokality“ (Kalina & Punčochářová, 1996). Zazemňování je doprovázeno s rostoucí konduktivitou což koreluje se zvyšujícím se množstvím rozpuštěných minerálních složek s dominujícím H^+ kationtem a zvyšováním pH, což způsobuje následný pokles druhového složení rašeliniště (Mataloni, 1999; Borics, 2003). Kalina proto doporučuje, „aby byly porosty rákosu šetrně odstraněny a podle potřeby vždy včas redukovány“. Sektor A si naopak zachovával charakter rašeliniště s pH vody kolem 4. Typické druhy Máchova jezera, jako jsou *Pediastrum sp.*, *Ankistrodesmus sp.*, nebo sinice rodu *Microcystis sp.*, *Aphanizomenon sp.* a další se v sektoru A nevyskytli. To nasvědčuje významu hrázky a rašeliny. Rašelina spolu s vrstvou sapropelu, nacházejícího se ve vrstvě písku oddělujícího vodu Máchova jezera, působí i jako pufř, který pracuje jako iontoměnič selektivně vázající ionty sodíku Na, draslíku K a vápníku Ca (Gessner, 1959) Proto je zde také patrný rozdíl mezi pH v jezeře a rašeliništi. V tomto sektoru také byly nalezeny 5cm vysoké klkovité slizovité útvary obsahující krásivky *Tetmemorus granulatus* a *Micrasterias jeneri*. Podobné, i když méně výrazné útvary se nacházely i v sektoru B. Sektor C byl na vzorky nejchudší a měl přechodový charakter mezi rašeliništěm sektoru A, B a z velké části rákosem zarostlým a zazemněným sektorem D. Během tohoto výzkumu zde bylo určeno 172 taxonů s dominující skupinou rozsivek (85 taxonů), dále řasy ze skupiny spájivek, krásivek, zlativek či zelených řas.

Nyní provádí v NPP Swamp a nedalekém rašeliništi Břehyně - Pecopala průzkum krásivek Jan Šťastný z algologického pracoviště na UK.

2. Praktická část

2.1. Popis a charakteristika odběrových míst

Z každého odběru jsem si přivezla kolem 8-10 vzorků, které bylo nutno analyzovat. Aby bylo možno lépe zachytit variabilitu mezi tůňkami, snažila jsem se jednotlivé odběry provádět ze zhruba stejných tůňek, pokud to dovolil stav vody v rašeliništi. Někdy se ovšem stalo, že jsem z určitého místa kvůli vyschnutí tůňky nemohla vzorek odebrat, jako například při odběru ze dne 7. května 2006, kdy jsem musela vynechat odběrové místo číslo 6) a 8), nebo dne 15. 9. 2006, kdy jsem neodebírala vzorky z lokality číslo 1), protože tůňka byla zcela vyschlá a ani v nejbližším okolí jsem nenašla vhodnou náhradní lokalitu.



Rozmístění odběrových míst NPP Swamp

Odběrové místo číslo 1) zde jsem odebírala plankton Máchova jezera. Nacházelo se při rozestupu rákosí na břehu jezera. pH se na tomto místě pohybovalo v rozmezí 5,64-6,31. Okolní makrovegetaci kromě převažujícího rákosu tvořil i orobinec a malé stromky osiky.

Odběrové místo 2) se nachází v místě začátku souvislého pásu rákosu, zhruba 10m od břehu Máchova jezera. Rákos je přes 2m vysoký. pH se zde pohybuje mezi 5,11-5,53. Okolní makrovegetace cévnatých rostlin je zde zastoupena ploníkem, rašeliníkem *Sphagnum sp.*, rákosem a dvěma zakrslými stromy osiky.

Odběrové místo číslo 3) se nacházelo v úrovni odběrového místa číslo 1), ale asi 15m směrem k lesu směrem od jezera. pH se zde pohybovalo v rozmezí 3,93-4,42. Makrovegetace se skládala z ojedinele se vyskytujících rostlin rákosu, dále tu byl rašeliník *Sphagnum sp.*, rosnatka okrouhlostá *Drosera rotundifolia*, ostřice *Carex sp.* a pár zakrslých stromků březového náletu.

Odběrové místo 4) se nachází zhruba 30m od jezera a vyznačuje se větší hustotou rostoucího rákosu než v odběrovém místě č. 3), ale ještě nepředstavuje souvislý pás. Od souvislého pásu rákosí je tato lokalita vzdálena asi 5m. pH se pohybuje v rozmezí 4,15-5,52. Kolem můžeme najít rašeliník *Sphagnum sp.*, rákos, ploník a pár zakrslých borovic.

Odběrové místo 5a) se nachází ve vzdálenosti kolem 60m jezera s pH pohybujícím se v jednotlivých odběrech od 3,61-4,92. Okolní makrovegetace je tvořena především rašeliníkem *Sphagnum sp.*, klikvou bahenní *Oxycoccus palustris* a ostřicí *Carex sp.*

Odběrové místo číslo 5b) se nachází také zhruba 60m od jezera směrem k lesu. pH se tu pohybuje v rozmezí 3,82-4,38. Okolní cévnaté rostliny jsou především rašeliník *Sphagnum sp.*, rosnatka okrouhlostá *Drosera rotundifolia*, ostřice *Carex sp.*, klikva bahenní *Oxycoccus palustris* a vedle asi 5m se nachází vzrostlý remízek stromů, tvořený hlavně břízou, borovicí, osikou a blíže nedeterminovaným druhem buku.

Odběrové místo 6a) se nacházela přibližně 90m od jezera, pH vody bylo v rozmezí 3,75-4,39. V okolí se nachází více druhů ostřic *Carex sp.*, klikva bahenní *Oxycoccus palustris*, rašeliník *Sphagnum sp.*

Odběrové místo číslo 6b) je 90m od jezera směrem k lesu, který je vzdálen zhruba 15m. pH je 4,13-4,44. Cévnaté rostliny jsou zde představovány stejnými druhy jako kolem odběrového čísla 1) a to klikvou bahenní *Oxycoccus palustris*, vřesu *Erica sp.*, rašeliníku *Sphagnum sp.* a ostřice *Carex sp.*

Odběrové místo 7) se nacházela přibližně 100m od jezera a 10m od lesa. pH vody se pohybovalo v rozmezí 3,81-3,95. Okolní vegetace se skládala hlavně z klikvy bahenní *Oxycoccus palustris*, vřesu *Erica sp.*, rašeliníku *Sphagnum sp.* a ostřice *Carex sp.* Vizuálně se jednalo o neeutrofizované rašelinitě.

Odběrové místo číslo 8) se nachází zhruba ve středu rákosového pásu na břehu Máchova jezera. Vzorky zde byly odebírány z prohlubně pod rákosím. pH zde bylo 4,95.

Z makrovegetace zde byl přítomen pouze rákos. Vzhledem k tomu, že voda zde byla trvale zastíněna okolní vegetací, obsahovalo toto odběrové místo pouze sinici rodu *Leptolyngbya* sp., proto jsem v následujících odběrech na tomto místě neodebírala žádné další vzorky a do analýz jsem ho též nezahrnovala.

2.2. Metoda měření pH, konduktivity, teploty vody a rozpuštěných dusíkatých látek a obsah celkového dostupného fosforu ve vodě

Teplotu vody, pH a konduktivitu jsem měřila pomocí přístroje Combo pH & EC firmy HANNA INSTRUMENTS přímo v na místě, kde jsem odebírala vzorky. Nejdříve jsem naměřila všechny parametry vody, včetně sloučenin dusíku (NO_3^- a NH_4^+) pomocí přístroje Ion Meter 3205 firmy JENWAY. Poté jsem opatrně, abych nezčeřila sedimenty na dně tůňky, nabrala do půllitrové čerstvě vypláchnuté plastové lahve od nesyčené minerální vody zhruba 350ml-400ml vzorkové vody a láhev popsala permanentním fixem.

Hodnotu celkového dostupného fosforu jsem měřila pomocí přístroje RD/890 Colorimeter HACH až v laboratoři. Před samotným měřením bylo nutno dokonale omýt veškeré pomůcky bez saponátu a pod tekoucí vodou. Následně jsem je ještě opláchla destilovanou vodou, aby bylo zamezeno jakékoli kontaminaci fosforem, což by znamenalo zkreslení výsledků. Vodu jsem přefiltrovala pomocí filtračního papíru do 100ml kádinky, aby měření nezkruslovaly nečistoty, jako jsou například zbytky rostlin, nebo pyl z okolních borovic. Ještě před samotným testováním bylo nutné upravit pH vody pomocí roztoku hydroxidu sodného (NaOH) na pH 6-7. Vzorek vody se odpipetoval do připraveného roztoku ve zkumavce přímo od dodavatele. Po přidání všech chemikálií se voda zbarvila do modra a podle intenzity odstínu se v daném přístroji naměřil obsah celkového rozpuštěného fosforu. Bylo nutno zkumavkou několikrát pootočit a znovu naměřit hodnotu a z výsledných hodnot vypočítat aritmetický průměr, protože zkumavky měly už od výrobce různé defekty ve skle, což zkreslovalo naměřené hodnoty.

2.6. Sběr a zpracování odebraného materiálu

Svůj odběr vzorů jsem prováděla na rašeliništi NPP Swamp sousedícího s Máchovým jezerem. Odběry byly provedeny celkem čtyři a to: 22.října 2005, 9. dubna 2006, 7. května 2006 a 15. září 2006. Pokaždé bylo odebráno kolem devíti vzorků, které byly následně

prohlédnuty a naurčovány. Každý vzorek bentosu byl odebrán do plastové uzavíratelné zkumavky o objemu 12ml a opatřen pořadovým číslem. Materiál byl odebírán z ostrůvků vody, vždy zhruba po 12m-20m, pokud to dovozoval stav vody v rašeliništi. Na každém stanovišti byla po odběru materiálu zaznamenána pomocí Comba č. 3 pH, konduktivita (μS), teplota vody ($^{\circ}\text{C}$) a zaznamenána makrovegetace, která rostla v okolí tůňky, její přibližná orientace vzhledem k lesu a okolním odběrovým stanovištím. Dále byla do předem vylitých půllitrových plastových lahví od nesyčených neochucených minerálních vod nabrána voda z místa odběru vzorků pro pozdější analýzu celkového rozpuštěného fosforu v laboratoři. Při posledním odběru byl měřen pomocí elektrod i množství rozpuštěných dusičnanů (NO_3^-) a kationtu amonného (NH_4^+). Vzorky jsem pro uchování dala v laboratoři do stojánku na zkumavky a umístila do osvětlené ledničky. Vzorky jsem se snažila naurčovat do 4 dnů od odběru a obsah celkového rozpuštěného fosforu ve vodě bylo nutno analyzovat do 24hodin.

2.3.1. Analýza odebraného organického materiálu

Odebraný materiál jsem po příjezdu do laboratoře umístila do stojánku na zkumavky a vložila do osvětlené ledničky. Vzorky jsem ze zkumavky přemísťovala pomocí sterilní pipety na podložní sklo, které jsem přikryla sklíčkem krycím a poté prohlížela pomocí světelného mikroskopu Olympus CX 31. Pokud byl vzorek hustý, rozředila jsem ho destilovanou vodou kápnutou pod krycí sklíčko a na opačné straně přebytečnou vodu odsála cípem buničiny. Pro určení jednotlivých druhů rozsivek jsem používala rozlišení objektivu 100x s využitím imerzního oleje, kde bylo možno lépe zachytit drobné struktury na schránce rozsivky. Některé nalezené druhy jsem vyfotila pomocí světelného mikroskopu Olympus BX 51 s digitálním fotoaparátem Olympus Camedia Digital Camera C-5050 Zoom. U některých druhů jsem opět použila 100x zvětšující objektiv s imerzním olejem. Získané fotky jsem upravovala v programu Adobe Photoshop CS.

2.3.2. Příprava rozsivkových preparátů

Ve vzorcích jsem měla určité množství rozsivek. Aby byly možné určit podle klíče, musela jsem je upravit tak, aby z frustuly byla odstraněna organická hmota a tím se zviditelnila povrchová struktura schránky. To se děje dvěma způsoby, buď vyžiháním pomocí kahanu, nebo vypalováním pomocí peroxidu vodíku (H_2O_2), či kyseliny. Pro své pozorování jsem zvolila žihání. Do kapky destilované vody na podložním sklíčku jsem přikápla pipetou kapku zkoumaného materiálu, podložní sklíčko jsem umístila na azbestovou síťku, kterou jsem držela pinzetou a zahřívala nad kahanem nejdříve zlehka, aby se voda ze sklíčka vypařovala,

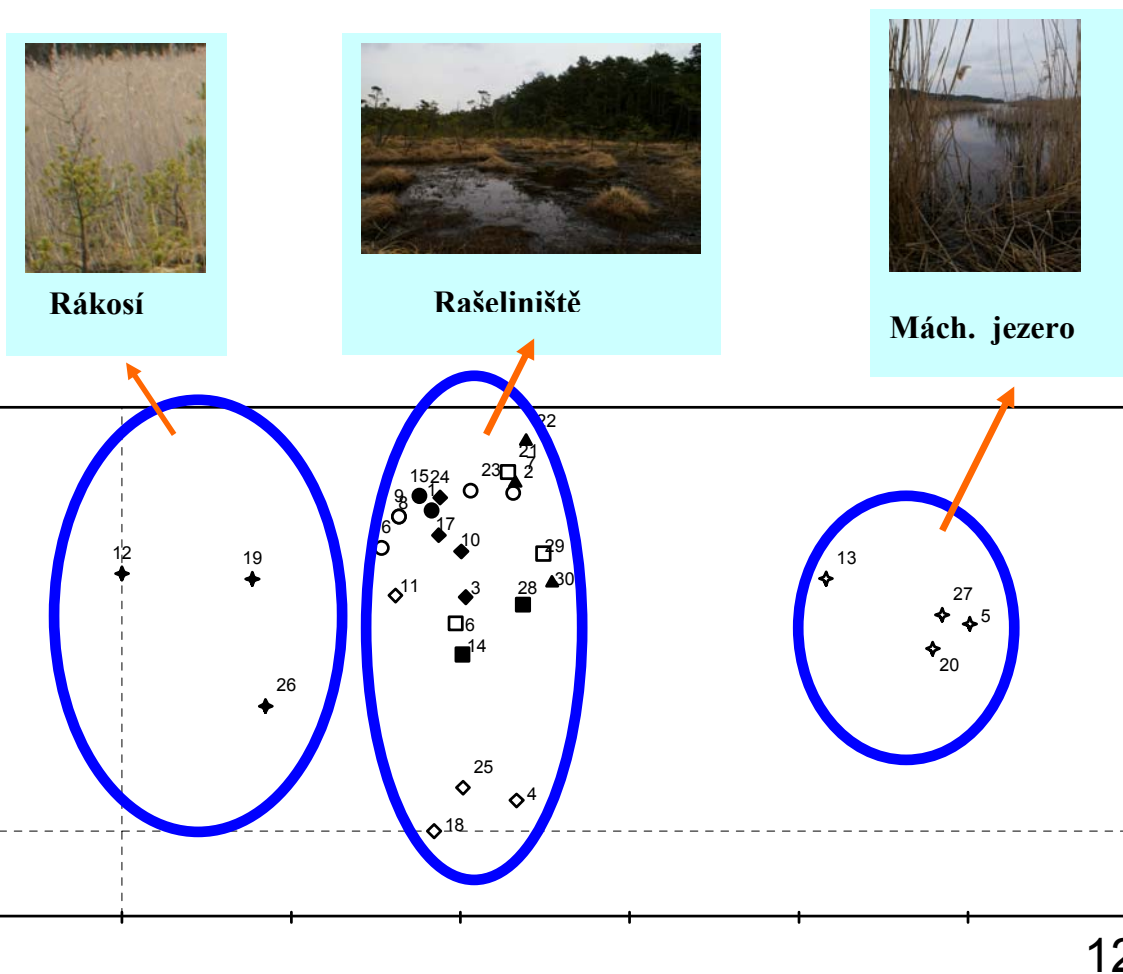
aniž by došlo k varu, protože vznikající bublinky vodní páry by nahloučily rozsivky k sobě a nebylo by pak možné je spolehlivě rozlišit a proměřit. Po odpaření vody se preparát nechá nad plamenem dostatečně silným vyžít, aby se zuhelnatělé organické látky postupně zoxidovaly až na oxid uhličitý (CO₂) (Kalina et al., 1994). To se pozná podle toho, že zprvu zčernalý organický materiál na sklíčku se najednou projasní. Po vychladnutí krycího sklíčka se pomocí lepicí pásky připevní na podložní sklo, čímž se využívá velkého indexu lomu světla přes vzduch, díky kterému je dobře vidět struktura i trojrozměrnost frustul. Takto připravený vzorek se popíše permanentním fixem a je možno uchovat jej i pro pozdější prohlížení jako trvalý preparát.

2.4. Analýza naměřených parametrů

Z naměřených fyzikálních, chemických a biologických parametrů vody jsem sestavila tabulky a grafy v programu Excel, data byla analyzována programem Canoco for Windows 4.5 a ordinační diagramy byly znázorněny programem CanoDraw for Windows 4.

2.4.1. Rozdělení biotopů

K této analýze jsem využila programu Canoco for Windows 4.5. Byla použita metoda DCA analýz. Tuto metodu jsem použila, protože podle odhadu délky gradientu pomocí korespondenční analýzy (DCA), kde byla tato informace obsažena ve výstupu jako lengths of gradient. Pokud je tato délka větší než 4, což v mém případě bylo, je třeba použít unimodulární (gradientovou) analýzu DCA (Lepš. & Šmilauer, 2000).



Ordinační analýza DCA znázorňuje pozici odběrových míst pomocí prvních dvou os. První osa vysvětluje 14,7 % variability a druhá osa popisuje dalších 9,9% variability dat.

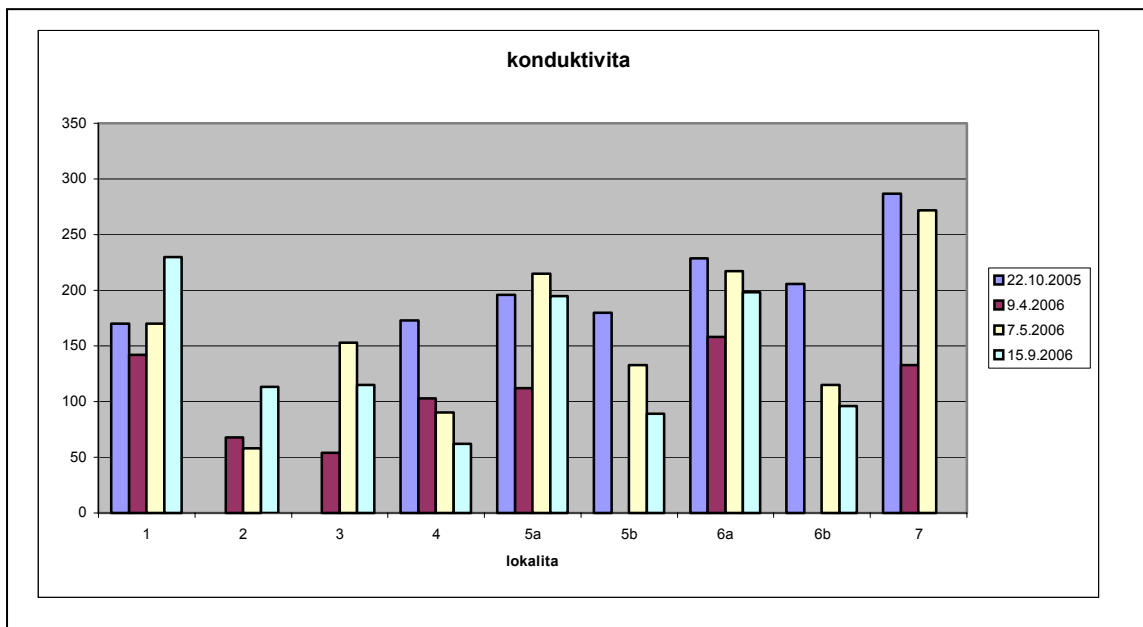
Tento graf od sebe jasně odděluje podle výskytu různých druhů tři rozdílné biotopy:

- 1) **Máchovo jezero**, které je eutrofizováno a kde se nachází typicky mezotrofní až eutrofní druhy sinic řas, jako jsou například sinice rodu *Microcystis*, nebo řasy rodu *Pediastrum*.
- 2) Druhým biotopem je **počátek souvislého pásu rákosí**, které je 10m-15m široké a odděluje břeh jezera od zbytku rašeliníště. Tam je voda eutrofnější, než ve zbytku rašeliníště, ale zase méně než v jezeře. V nejbližším okolí se vyskytuje kromě rašeliníku i mech ploník, kterého je v těchto místech i více než rašeliníku. Z řas a sinic se zde nachází především vláknitá *Anabaena sp.*, *Phormidium sp.*, nebo *Microspora sp.*
- 3) Třetím biotopem, který je jasně oddělený od dvou předchozích je zbytek **rašeliníště**. Nacházejí se zde řasy a sinice typicky oligotrofních vod s nízkým pH, jako je

například sinice *Chroococcus turgidus*, nebo řasa *Xanthidium armatum*. Tato lokalita je algologicky významná svými vzácnými druhy řas, za zmínku stojí například *Micrasterias jenerii*. I v této lokalitě je patrný jistý rozdíl v druhovém složení podle gradientu mezi jezerem a lesem. Druhy, které vyžadují čistě rašeliništní podmínky s nízkým pH kolem 4, se nejčastěji a nejhojněji vyskytují zhruba uprostřed rašeliniště ve vzdálenosti kolem 60m od jezera a zhruba 50m od lesa, převážně se jedná o řasy z čeledi Zygnemophyceae, jako je například *Xanthidium armatum*, *Micrasterias jenerii*, nebo *Netrium oblongum*.

2.4.2. Závislost konduktivity v závislosti na vzdálenosti od

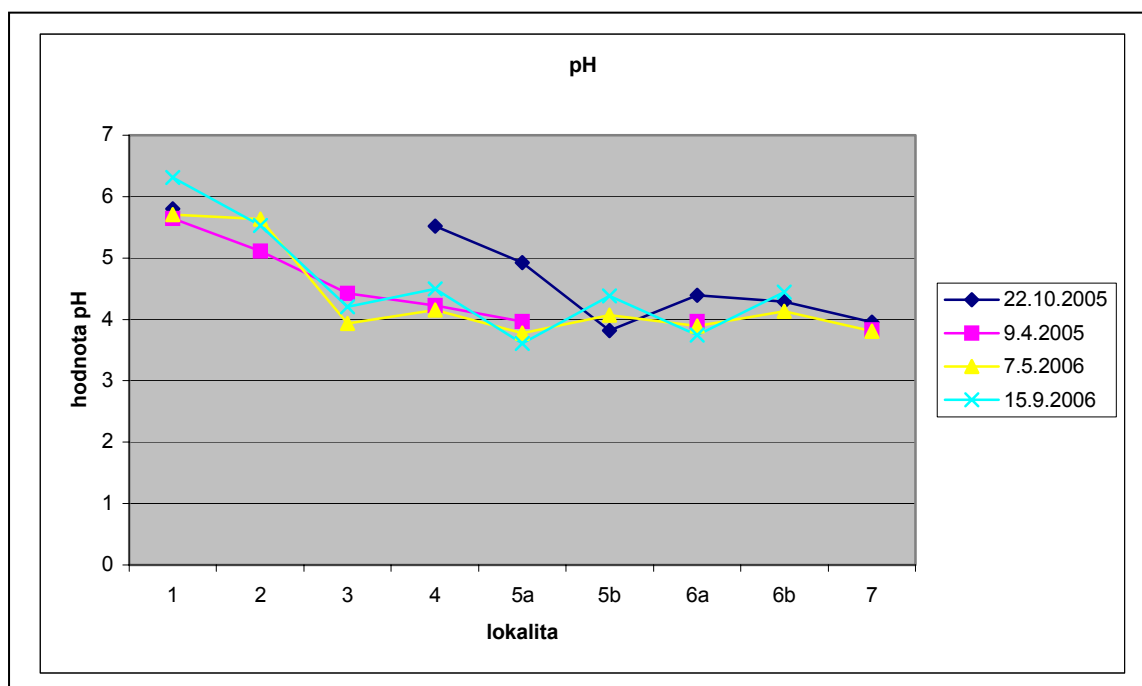
Máchova jezera



Legenda osy x: 1) Máchovo jezero; 2) 10m od jez.; 3) 15m od jez. napravo; 4) 30m od jez.; 5a) 60m od jez.; 5b) 60m od jez. napravo; 6a) 90m od jez.; 6b) 90m od jez. napravo

Tento graf ukazuje závislost konduktivity v jednotkách μS . Konduktivita (vodivost) ukazuje obsah rozpuštěných minerálních látek ve vodě. Z grafu je patrné, že zde není žádná závislost na vzdálenosti od Máchova jezera. Hodnota závisí spíše na tom, jak moc byla odběrová lokalita vyschlá oproti předchozím měřením. Pokud byla tůňka menší, rozpuštěné minerály v ní byly hustěji zastoupené a tím vzrostla i hodnota konduktivity.

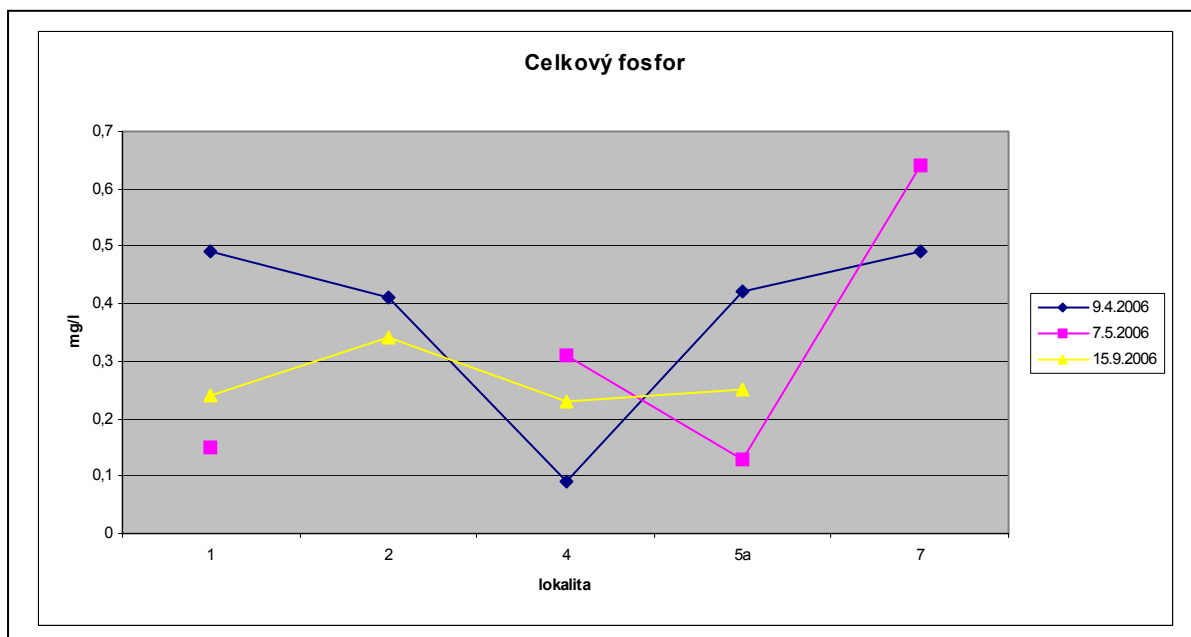
2.4.3. Závislost pH v závislosti na vzdálenosti od Máchova jezera



Legenda osy x: 1) Máchovo jezero; 2) 10m od jez.; 3) 15m od jez. napravo; 4) 30m od jez.; 5a) 60m od jez.; 5b) 60m od jez. napravo; 6a) 90m od jez.; 6b) 90m od jez. napravo; 7) 100m od jez. napravo

Na tomto grafu je vidět závislost pH na vzdálenosti odběrové lokality od Máchova jezera. Je zde možno vysledovat klesající tendenci pH směrem od jezera k lesu. Jistá eutrofizace od lesa, kterou je možno pozorovat na následujících grafech s celkovým fosforem a dusíkatými sloučeninami, zde pozorována není. Dalo by se předpokládat, že by se projevila zvyšujícími se hodnotami pH na odběrových lokalitách blížících se k lesu. Dá se to vysvětlit pufrací schopností rašeliníku, kterou ve své práci na této lokalitě popsal i Mattauch (1936). Další trend, který je možno zde vysledovat jsou větší výkyvy pH jednotlivých tůňek v pozdním létě, oproti odběrům jarním. To by mohlo být způsobeno větší fotosyntetickou aktivitou řas a sinic.

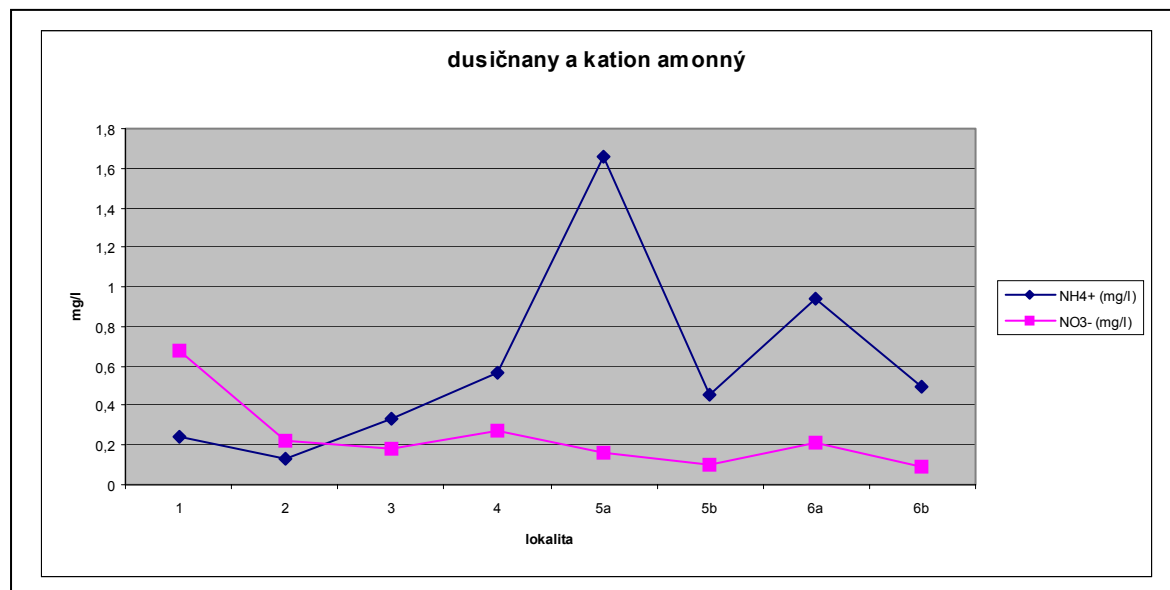
2.4.4. Závislost obsahu celkového rozpuštěného fosforu v závislosti na vzdálenosti od Máchova jezera



Legenda osy x: 1) Máchovo jezero; 2) 10m od jez.; 4) 30m od jez.; 5a) 60m od jez.;
7) 100m od jez. napravo

Tento graf vyjadřuje závislost celkového rozpuštěného fosforu ve vodě v mg/l. Je zde stejně jako u předcházejícího grafu s pH vidět, že rašeliniště je eutrofizováno dvěma směry a to od Máchova jezera a z opačné strany od lesa. Dále je zde vidět, že narozdíl od pH, kde jsou větší výkyvy hodnot v pozdním létě, je na tomto grafu trend opačný. Větší výkyvy v obsahu fosforu jednotlivých odběrových tůňek jsou na jaře a menší v pozdním létě. To může být způsobeno tím, že na jaře je větší rozvoj fytoplanktonu, než v pozdním létě, který ve vodě dostupný fosfor vyčerpává.

2.4.5. Závislost obsahu dusíkatých sloučenin v závislosti na vzdálenosti od Máchova jezera dne 15.9.2006



Legenda osy x: 1) Máchovo jezero; 2) 10m od jez.; 3) 15m od jez. napravo; 4) 30m od jez.; 5a) 60m od jez.; 5b) 60m od jez. napravo; 6a) 90m od jez.; 6b) 90m od jez. napravo

Tento graf ukazuje kromě závislosti obsahu dusíkatých sloučenin na vzdálenosti od jezera i závislost, jak spolu souvisí obsah kationtu amonného a aniontu dusičného. NH_4^+ řasy využívají nejdříve a teprve v případě nedostatku tohoto kationtu začínají využívat NO_3^- . Z toho vyplývá, že obě křivky by měly jít proti sobě, což odpovídá i naměřené skutečnosti. Velké množství fytoplanktonu v Máchově jezeře vyčerpalo NH_4^+ , proto je zde větší množství NO_3^- . 10m od břehu se rozdíl mezi těmito dvěma sloučeninami vyrovnává, 15m od břehu už je o něco více NH_4^+ , který směrem dál od břehu postupně narůstá, maxima dosahuje zhruba uprostřed rašeliniště a pak blíže k lesu opět jeho obsah klesá, zatímco obsah NO_3^- se od 10m od břehu výrazněji nemění a je ve všech tůňkách relativně konstantní, protože díky dostatečnému obsahu NH_4^+ ho dané organismy nevyužívají.

2.5. Seznam a popis nalezených druhů

V odebraných vzorcích jsem našla 83 druhů řas a sinic. Některé řasy se mi nepodařilo určit do druhu, v takovém případě jsem použila za jejich rodovým jménem zkratku *sp.* Nejčastější příčiny neurčení objektu do druhu byla nejednoznačná rozměrová charakteristika objektu, jeho malá četnost ve vzorku, v případě několika rozsivek doplněná i orientací po

vyžihání na sklíčku (například zboku), kdy nebylo možno zjistit počet strií na schránce. Určitým problémem byla také má zatím malá začátečnická zkušenost s determinací objektů.

Ve svých vzorcích jsem celkem našla 68 druhů řas a 10 druhů sinic. Druhově nejpočetnější třídy řas jsou Zygnemophyceae se svými 28 druhy a Bacillariophyceae s počtem 15 druhů. Ve vzorcích jsem našla druhy jak typicky rašeliništní a obecně rozšířené, jako je například *Chroococcus turgidus*, *Anomoneis serians*, nebo *Euglena mutabilis* atd. i druhy poměrně vzácně se vyskytující, například z třídy Zygnematophyceae, jako je *Micrasterias jenerii*. Dále se budu podrobněji zabývat některými vzácnějšími druhy nalezenými v odebraných vzorcích. Úplný seznam nalezených druhů je umístěn v příloze č.1)

Micrasterias jenerii: Našla jsem ho pouze v tůňce č. 5b) a 6b). pH se pohybovalo v rozmezí



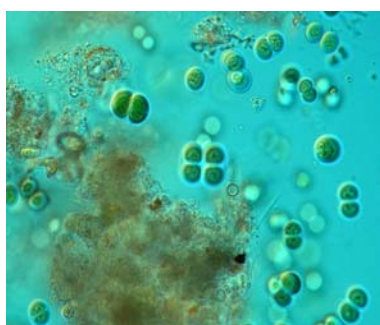
3,82-4,44. Tento druh je velice vzácný ve střední Evropě (Růžička, 1981), z ČR jsou známy dva nálezy a to z této lokality, na které ho našel Mattauch v roce 1932 a Kalina v roce 1996. Druhý nález je z roku 1906 ze Šumavy (Pascher, 1906). Jedná se o striktně acidofilní druh, žijící v nenarušeném prostředí. Proto se vyskytuje převážně jen ve středu rašeliniště.

Euglena mutabilis: Byla přítomna v tůňkách od 60m od Máchova jezera do 90m od Máchova



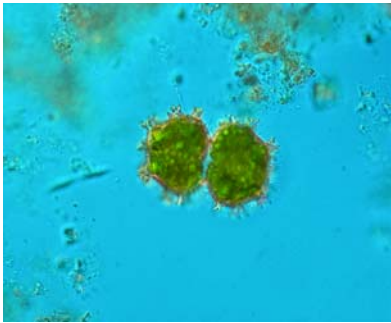
jezera s pH 3,61-4,44. Tyto lokality odpovídají svým charakterem nejméně eutrofizované části rašeliniště. Podle (Hindák et al., 1977) se nachází na povrchu sedimentu v rašeliništích, často i v extrémně nízkém pH.

Chroococcus turgidus: Jedná se o kokální sinici patřící do řádu Cyanophyceae.



V NPP Swamp se nacházela v pásu od odběrového místa č.3) do č.7), to znamená v celém rašeliništi, ne v pásu rákosí a jezeru. Kolonie jsou 2 – 4 – (32) buněčné s kulovitými buňkami ve slizovém bezbarvém obalu (Hindák et al., 1977).

Xanthidium armatum: Jedná se o rašeliništní druh z čeledi Zygnemophyceae. V NPP Swamp



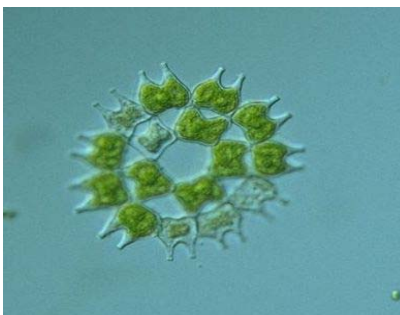
je nacházel v odběrové tůňce číslo 5a) a 5b), to znamená jen ve středu rašeliniště kolem 60m od jezera a zhruba 50m od lesa, kde se pH pohybovalo v rozmezí 3,61-4,92. Buččná stěna pórovitá, kruhem ostének na každé polovici buněk. Každý z chloroplastů má několik drobných pyrenoidů. Nachází se v rašelinných tůňkách (Hindák et al., 1977).

Rod *Melosira*: Tuto rozsivku jsem našla v planktonu Máchova jezera. Buňky jsou spojené do



vláken v místě cingula (Round et al., 1990).

Rod *Pediastrum*: Z tohoto rodu jsem měla ve svých vzorcích zástupce *Pediastrum duplex*, *P.*



simplex, *P. tetras* a *P. boryanum*. Všechny se nacházeli v Máchově jezeru. Typicky planktoní, méně často v metafytonu. Vyskytuje se v mezotrofních vodách (Komárek & Jankovská, 2001).

Na snímku *Pediastrum duplex*.

Rod *Phormidium*: Jedná se o vláknitou sinici z čeledi Cyanophyceae. Našla jsem ji na



odběrovém místě č.3) a č.4), což je v místech počátku souvislého pásu rákosu. Jedná se o vláknité sinice bez heterocytu a vlákno je nerozvětvené (Hindák et al., 1977).

Závěr:

Množství dostupného fosforu a dusíku v rašeliništích značně ovlivňuje jejich charakter i druhové složení přítomných řas, sinic i okolní makrovegetace cévnatých rostlin. Fosfor je ve většině rašelinišť přítomen ve velkém množství, tudíž není limitující. U boreálních rašelinišť se nachází ve formě primárního minerálu apatitu, který do půdy uvolňuje dostatečné množství fosforu a ostatní druhy rašelinišť jsou zásobovány rozpuštěnými sekundárními minerály a přítomnou organickou hmotou. Z daného vyplývá, že hlavním nebezpečným prvkem rašelinišť, který způsobuje eutrofizaci, je dusík, který v boreálních rašeliništích je přítomen ve velmi malém množství (pod 10 $\mu\text{g/l}$ u NO_3^- a pod 20 $\mu\text{g/l}$ u NH_4^+ v případě boreálních rašelinišť západní Kanady) (Vitt et al., 1994). V ostatních rašeliništích, například v Maďarsku, se obsah dusíku pohybuje v řádech jednotek mg/l u obou sloučenin dusíku (Borics et al., 2003). Dusík se ve větším množství do ekosystému dostává především antropogenní činností a do budoucna k tomu může přispět globální oteplení, které změní poměr oxidace již uložených vrstev rašeliny, což způsobí opětovný vstup dusíku a fosforu do koloběhu (Walbridge & Navaratnan, 2006). *Sphagnum sp.* je sice schopno regulovat příjem dusíku do svých pletiv, ale bývá přerůstán kompetičně silnějšími rostlinami a tím se rašeliniště zazemňuje (Borics et al., 2003).

Vliv eutrofizace na druhové složení řas a sinic bylo potvrzeno i výzkumem na NPP Swamp, který prováděl Kalina a Punčochářová, (1996) a jak je patrné i z mých výsledků, v kterých se jasně odlišily tři lokality, Máchovo jezero, pás rákosí v rašeliništi a zbytek rašeliniště, kde v rašeliništi je gradient vzdálenosti od jezera též prokazatelný.

Tímto tématem bych se ráda zabývala i v následujícím magisterském studiu, kde bych se ráda zaměřila na konkrétní řasové společenstvo bentosu NPP Swamp se zaměřením pouze na lokalitu rašeliniště bez oblasti rákosí a jezera, kde se budu snažit postihnout druhovou diverzitu v gradientu od zhruba 20m od jezera směrem k lesu.

Seznam literatury:

- Allan J.D.** (1995), Stream ecology, Structure and function of running waters, Springer, 399 pp.
- Bobbing R., Hornung M., Roelofs J. G. M.** (1998), The effects of air-borne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural European vegetation, *Journal of Ecology*, 86, 717-738 pp.
- Borics G., Tóthmérész B., Grigorszky I., Padisák J., Várbíró G., Szabó S.** (2003), Algal assemblage of bog-lakes in Hungary and their relation to water chemistry, hydrological conditions and habitat diversity, *Hydrobiologia*, 502, 145-155 pp.
- Bragazza L., Limpens J., Gerdol R., Grosvernier P., Hájek M., Hájek T., Hájková P., Hansen I., Iacumin P., Kutnar L., Rydin H., Tahvanainen T.** (2005), Nitrogen concentration and $\delta^{15}\text{N}$ signature of ombrotrophic *Sphagnum* mosses at different N deposition levels in Europe. *Global Change Biology*, 11, 106-114 pp.
- Doksy (2003), http://www.doksy.com/index.php?par=5*1*27*1*0
- Felix J., Toman J., Hísek K.** (1978), Přírodou krok za krokem, 180 pp., Artia, Praha
- Galloway J. N., Schlesinger W. H., Levy H.** (1995), Nitrogen fixation: anthropogenic enhancement-environmental response, *Global Biogeochemical Cycles*, 9, 235-252 pp.
- Hindák F.** (eds.) (1978), Sľadkovodné riasy, SNP Bratislava
- Hindák F.** (1996), Valachovič M., Hauskrecht M. (eds.), Kľúč na určovanie nerozkonárených vláknitých zelených rias (Ulotrichineae, Ulotrichales, Chlorophyceae), Slovenská botanická spoločnosť pri SAV, Bratislava, 1, 31, 51 pp.
- Hodač L.** (2005), Morfológie a fenotypická plasticita druhu *Pediastrum duplex* (Chlorophyceae), Bakalárska seminárna práca, PŘF UK v Praze
- Kalina T.** (1994), Křísa B. a Prášil K. (eds.), Sběr, preparace a konzervace rostlinného materiálu, PŘF UK v Praze, 5-44 pp.
- Kalina T. & Punčochářová M.** (1996), Algologický průzkum NPP Swamp
- Komárek J., Jankovská V.** (2001), Review of the Green Algal Genus *Pediastrum*; Implication for Pollen – analytical Research, *Bibliotheca Phycologia*, J. Cramer, Stuttgart, 108, 3 pp., 46 pp., 47 pp., 56-58 pp.
- Krammer K., Lange-Bertalot H.** (1986), Ettl, H., Gerloff H., Heynig D. Mollenhauer (eds.), Bacillariophyceae Teil 1., Süsseasserflora von Mitteleuropa, 2/1, VEB Fisher Verlag, Jena, 179, 199 pp.

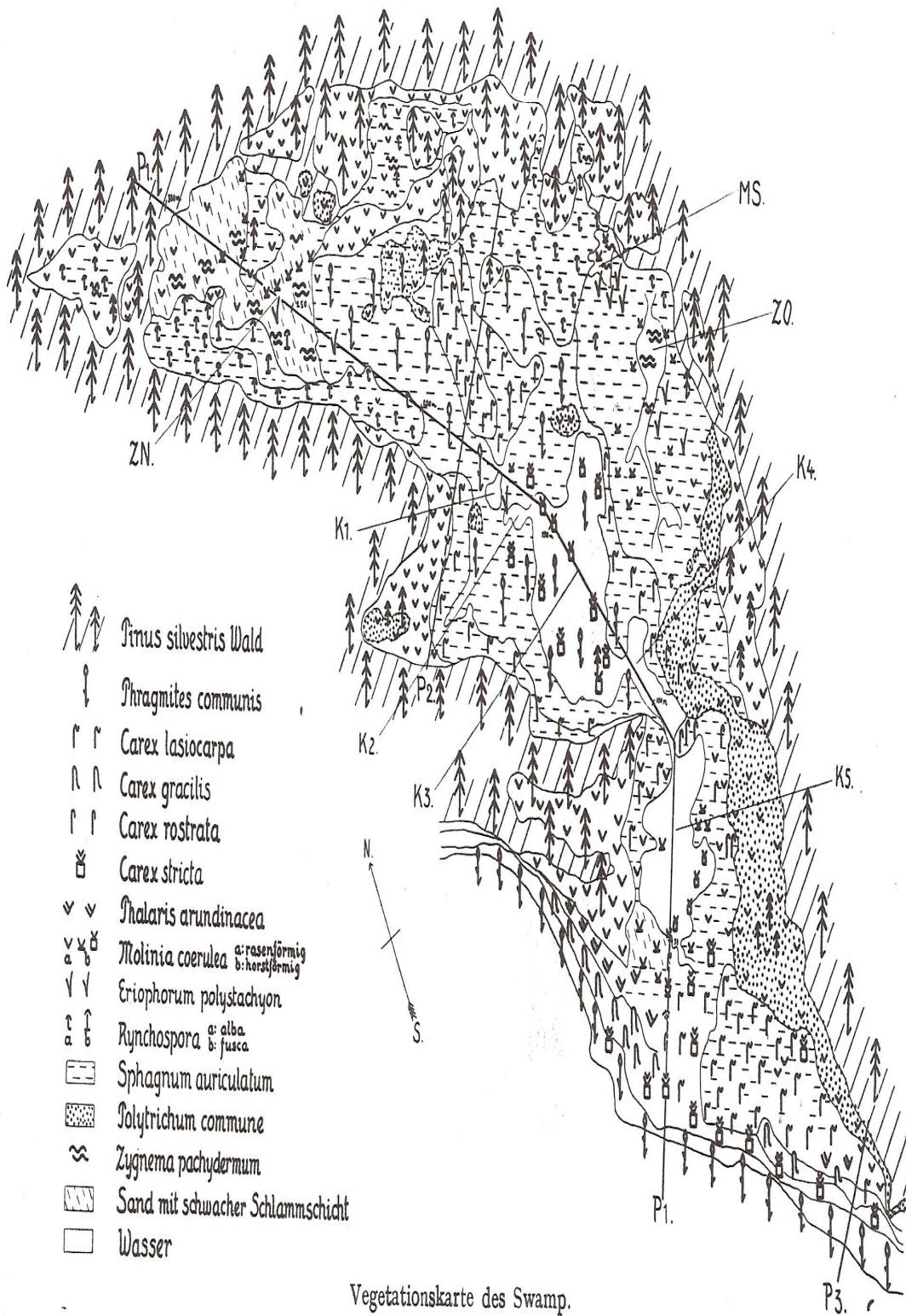
- Kuhry P. & Turunen J.** (2006), Wieder /R. K., Vitt D. H. (eds.), The post glacial development of boreal and subarctic peatlands, *Boreal Peatland Ecosystems*, Springer, 25-46 pp.
- Lamers L. P. M., Bobbing R., Roelofs J. M. G.** (2000), Natural nitrogen filter fails in polluted raised bogs. *Global Change Biology*, **6**, 583-586 pp.
- Stanovisko ČHMU** (2007), Klimatická změna na počátku 21. století a její předpokládaný další, Praha 2007
- Lellák J. & Kubíček F.** (1992), *Hydrobiologie*, str. 50-52 pp., 80 pp., Karolinum, Praha
- Lepš. J. & Šmilauer. P.** (2000), Mnohorozměrná analýza ekologických dat, Biologická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, České Budějovice, 102 pp.
- Lindsay W. L., Vlek P. L. G., Chien S. H.** (1989), Phosphate minerals. In“ Dixon JB, Weed SB (eds) *Minerals in soil environments*, 2nd edn., Soil Science Society of America, Madison, 1089-1130 pp.
- Mackovčín P., Sedláček M., Kuncová J.** (eds.) (2002) *Chráněná území ČR III*, Liberecko, 68-81 pp., 97 pp., Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha
- Mataloni G.** (1999), Ecological studies on algal communities from Tierra del Fuego peat bogs, *Hydrobiologia*, **391**, 157-171 pp.
- Mattauch F.** (1936), Ein Beitrag zur Kenntnis der Verlandungsercheinungen am Hirschberger Grossteiche. *Beih. Bot. Cbl.*, **54**, 377-426 pp.
- Modrý M. & Sýkorová J.** (2004), Maloplošná chráněná území Libereckého kraje, 48 pp., Liberecký kraj, resort životního prostředí a zemědělství, Geoprint Liberec
- Pascher A.**, (1906), Neuer Beitrag zur Algenflora des südlichen Böhmerwaldes, *Lotos*, **54**, 147–182 pp.
- Round F. E., Crawford R. M., Mann D. G.** (1990), *The diatoms, Biology & Morphology of the Genera*, Cambridge University Press, III. Title (reprinted 1992, 1996, 2000), 154 pp.
- Růžička J.** (1981), *Die Desmidiaceen Mitteleuropas*, **1, 2. Lieferung.**, E. Schweizerbart`sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart
- Schlesinger W. H. (1997), **Biogeochemistry: an analysis of global change. 2nd edn. Academic, New York**
- Stevenson R. J., Bothwell M. L., Lowe R. L. (eds) (1996), **Algal ecology, freshwater bentic ecosystems, Academic press, 753 pp.**

- Stojanovski P. & Kalina T.** (1989), Diatom flora and syntaxonomy of an oligotrophic-dystrophic algal community in nature reservation Swamp (Doksy, Northern Bohemia), *Preslia*, **61**, 97-105 pp.
- Šťastný J.** (2005), Diverzita a ekologie krásivek ve vybraných oblastech České republiky, diplomová práce, PřF UK v Praze
- Štěpánek M. & Červenka R.** (1974), Problémy eutrofizace v praxi, Avicenum, Praha, 231 pp.
- Tolasz R., Brázdil R., Bulíř O.,** Perůtková I., Bednaříková J., Dziková H. (eds.) (2007), Atlas podnebí Česka (Climate atlas of Czechia), Český hydrometeorologický ústav v koedici s Univerzitou Palackého v Olomouci, Grasp CZ a.s.
- Tolonen K. & Hosiainluoma V.** (1978), Chemical properties of surface water in Finnish ombrotrophic mire complexes with special reference to algal growth, *Ann. Bot. Fennici*, **15**, 55-72 pp.
- Veselá J.** (2005), Sinice a řasy malých vodních toků Národního parku České Švýcarsko, Bakalářská seminární práce, PřF UK v Praze
- Vitousek P. M. & White P. S.** (1981), Process studies in succession. In: West DC, Shugart HH, Botkin DB (eds) *Forest succession, concepts and application*. Springer, Berlin Heidelberg New York, 267-276 pp.
- Vitt D. H., Suzanne E. B., Tai-Long J.** (1995), Seasonal variation in water chemistry over a bog-rich fen gradient in Continental Western Canada, Department of Botany, The University of Alberta, Edmonton, AB T6G 2E9, Canada, *Sci.*, **52**, 587-606 pp.
- Vitousek, P.M. & Horwath, R.W.** (1991), Nitrogen limitation on land and in the sea: how can it occur?, *Biogeochemistry*, **13**, 87-115 pp.
- Walbridge R. M. & Navaratnan J. A.** (2006), Phosphorous in Boreal Peatlands, Wieder R. K., Vitt D. H. (eds.), *Boreal Peatland Ecosystems*, Springer, 233-255 pp.
- Walker T. W. & Sayers J. K.** (1976), The fate of phosphorus during pedogenesis. *Geoderma*, **15**, 1-19 pp.
- Wikipedia** (2007), <http://cs.wikipedia.org/wiki/Eutrofizace>
- Wotowski K. & Hindák F.** (2005), *Atlas of Euglenophytes*, VEDA, 32 pp.
- Zoltai S.C.** (1995), Permafrost distribution in peatlands of west-central Canada during the holocene warm period 6000 years BP., *Geogr Phys Quat*, **49**, 37-43 pp.

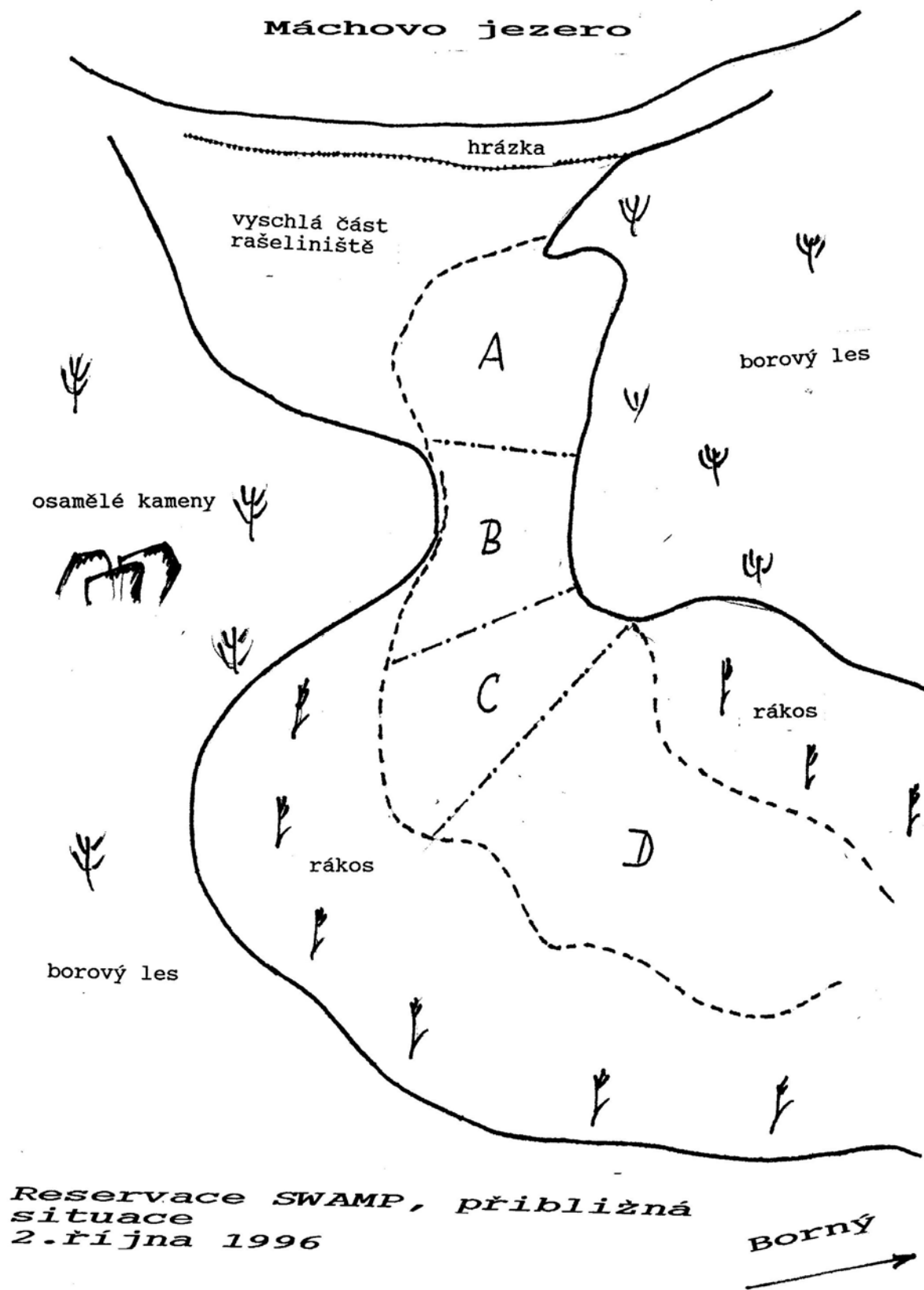
Druh / lokalita	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7	8
<i>Klebsormidium flaccidum</i>								X		
<i>Oedogonium sp.</i>	X			X						
<i>Microspora amena</i>								X		
<i>Microspora stagnorum</i>		X						X		
<i>Microspora tenuiderma</i>		X		X						
<i>Microspora witrockii</i>						X		X		
<i>Oocystis sp.</i>		X								
<i>Pediastrum boryanum</i>	X									
<i>Pediastrum duplex</i>	X									
<i>Pediastrum simplex</i>	X									
<i>Pediastrum tetras</i>	X									
<i>Tetraedron sp.</i>	X									
Chrysophyceae										
<i>Uroglena volvox</i>	X									
Synurophyceae										
<i>Mallomonas sp.</i>					X		X			
<i>Synura sp.</i>					X		X			
Zygnemophyceae										
<i>Actinotaenium cucurbita</i>	X			X						
<i>Closterium acerosum</i>				X						
<i>Closterium gracile</i>				X						
<i>Closterium juncidum</i>				X						
Zygnemophyceae										
<i>Closterium lineatum</i>				X						
<i>Closterium lunula</i>				X						
<i>Closterium parvulum</i>				X						
<i>Closterium pronum</i>						X	X		X	
<i>Closterium striolatum</i>				X	X	X				
<i>Cosmarium coctatum</i>				X						
<i>Cosmarium contractum</i>				X						
<i>Cosmarium margaritifera</i>								X		
<i>Cosmarium ralfsiae</i>								X		

Druh / lokalita	1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7	8
<i>Cosmarium subtumidum</i>			X							
<i>Cylindrocystis brebisonie</i>	X			X	X	X	X	X	X	
<i>Desmidium swaertsi</i>				X						
<i>Euastrum gayanum</i>				X						
<i>Euastrum oblongum</i>			X	X		X		X		
<i>Micrasterias jenerii</i>						X		X		
<i>Micrasterias truncata</i>								X		
<i>Netrium oblongum</i>						X				
<i>Staurastrum aculeatum</i>				X						
<i>Staurastrum dilatatum</i>				X						
<i>Staurastrum gracille</i>	X									
<i>Staurastrum punctatum</i>			X	X		X		X		
<i>Staurastrum scrabrum</i>								X		
<i>Tetmemorus laevis</i>			X		X	X	X	X	X	
<i>Xanhydium armatum</i>					X	X				
Cyanophyceae										
<i>Anabaena sp.</i>						X				
<i>Aphanothece sp.</i>	X									
<i>Leptolyngbia sp.</i>	X		X				X	X		X
<i>Merismopaedia glauca</i>					X	X	X	X	X	
<i>Microcystis aeruginosa</i>	X									
<i>Microcystis ichtyoblabe</i>	X									
<i>Oscillatoria sp.</i>	X									
<i>Phormidium sp.</i>			X	X						
<i>Pseudanabaena minima</i>	X							X		
<i>Chroococcus turgidus</i>				X	X	X	X	X	X	

Legenda: **1)** Máchovo jezero; **2)** 10m od jezera (souvislý pás rákosí); **3)** 15m od jezera vpravo(souvislý pás rákosí); **4)** 30m od jezera; **5a)** 60m od jezera **5b)** 60m od jezera vpravo **6a)** 90m od jezera; **6b)** 90m od jezera vpravo; **7)** 100m od jezera vpravo



Obr. 2) Nákres situace NPP Swamp v roce 1932 podle Mattauch, (1936)



Obr. 3) Nákres situace NPP Swamp podle Kalina & Punčochářová, (1996)