

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze

Katedra botaniky



Bakalářská práce

Využití rozsivek (Bacillariophyta) v paleolimnologii

Martina Aubrechtová

2010

Školitelka: Mgr. Jana Veselá

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je literární rešerší shrnující metodiku a možnosti využití rozsivek (Bacillariophyta) při paleoekologických rekonstrukcích prostředí zaniklých jezerních ekosystémů. Teoretická část je věnována také základní charakteristice, evoluční historii a ekologii skupiny, jezerům a fosilnímu záznamu. V praktické části jsou pak srovnávány dva vzorky sedimentů fosilního jezera, které bylo objeveno a studováno v rámci projektu Morava ve Strážnickém Pomoraví.

Klíčová slova: fosilní záznam, frustula, holocén, jezero, klimatické změny, morfologie, paleolimnologie, paleoekologické rekonstrukce, rozsivky, sediment, Strážnické Pomoraví

ABSTRACT

This thesis is a literature review summarizing methodology and the possibility of use of diatoms (Bacillariophyta) for paleoecological reconstructions of extinct lacustrine ecosystems. In addition, the theoretical part of the thesis is devoted to basic characteristics, evolutionary history and ecology of the group, lakes and the fossil record. In the practical part, two samples of sediments of a fossil lake that has been discovered and studied within the Morava Project in Strážnické Pomoraví are compared.

Keywords: climate change, diatoms, fossil record, frustule, Holocene, lake, morphology, paleolimnology, palaeoecological reconstructions, sediment, Strážnické Pomoraví

PODĚKOVÁNÍ

Za vítanou pomoc, radu a trpělivost při zpracovávání této literární rešerše bych ráda poděkovala především své školitelce, Mgr. Janě Veselé, za mnohé materiály a vzorky k praktické části pak Mgr. Anně Piškové, PhD. a Ústavu anorganické chemie AV ČR. Velké díky patří též členům algologické skupiny PřF UK, mé rodině a přátelům, bez nichž by sepsání této práce bylo více než nesnadným úkolem.

OBSAH:

1. ÚVOD	4
1.1. <i>Paleolimnologie</i>	4
1.2. <i>Rozsivky (Bacillariophyta)</i>	5
1.3. <i>Druhový koncept u rozsivek</i>	6
2. TEORETICKÁ ČÁST	7
2.1. <i>Jezero</i>	7
2.2. <i>Fosilní záznam</i>	7
2.3. <i>Evoluční historie rozsivek</i>	8
2.4. <i>Ekologie a význam rozsivek</i>	9
2.5. <i>Rekonstrukce fyzikálních parametrů prostředí</i>	10
2.5.1. <i>Úroveň hladiny, hydrologický cyklus</i>	11
2.5.2. <i>Světelné podmínky</i>	12
2.5.3. <i>Teplota, turbulence, stratifikace</i>	12
2.6. <i>Rekonstrukce chemických faktorů</i>	13
2.6.1. <i>Trofie</i>	13
2.6.2. <i>Koncentrace uhlíku</i>	15
2.6.3. <i>pH</i>	15
2.6.4. <i>Salinita a konduktivita</i>	15
2.7. <i>Metodický přístup při studiu sedimentů v paleolimnologii</i>	16
2.7.1. <i>Sběr vzorků</i>	16
2.7.2. <i>Určování stáří</i>	16
2.7.3. <i>Laboratorní zpracování vzorků</i>	17
2.7.4. <i>Stanovení druhového složení a abundancí</i>	17
2.7.5. <i>Interpretace – kalibrace současnými jezery</i>	18
3. ZÁVĚR	21
4. PRAKTICKÁ ČÁST	22
4.1. <i>Úvod</i>	22
4.2. <i>Metodika</i>	23
4.2.1. <i>Laboratorní příprava</i>	23
4.2.2. <i>Zpracování a vyhodnocování vzorků</i>	24
4.3. <i>Výsledky a diskuze</i>	25
4.4. <i>Shrnutí</i>	27
LITERATURA	28
PŘÍLOHA	35

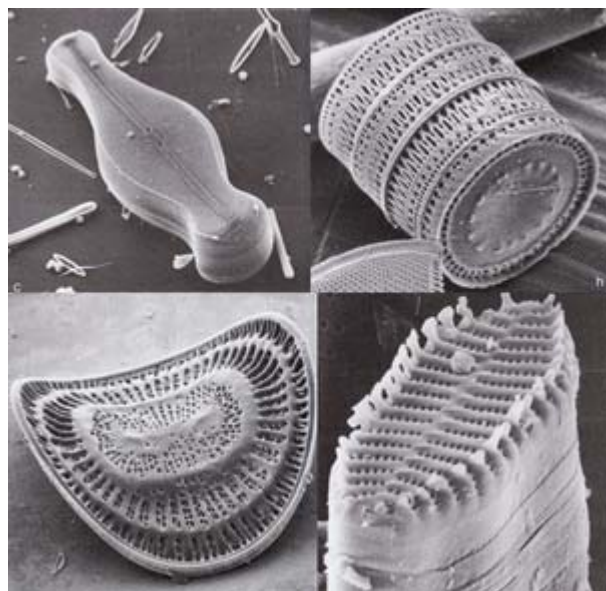
1. ÚVOD

1.1. Paleolimnologie

Na konci devatenáctého století byla definována limnologie (Reeves, 1968), jako věda studující recentní jezera – především fyzikálně-chemické vlastnosti jejich vod a vztahy mezi organismy, které v těchto vodách žijí (Wetzel, 2001). Pokud není předmětem výzkumu recentní jezero, ale jezero fosilní, nazývá se taková disciplína paleolimnologie (Reeves, 1968).

Informace o vzniku, vývoji a zániku jezerního ekosystému jsou uloženy ve třech základních typech archivů (Cohen, 2003). V první řadě je to samotná jezerní voda (která je předmětem zájmu limnologie), v řadě druhé geomorfologie jezera (tj. tvar a stupeň deformace dna a pobřeží) a v řadě třetí sedimenty jezerem ukládané po dobu jeho existence.

Pro paleolimnologii a rekonstrukce podle druhového složení rozsivek (obr. 1) má největší význam právě archiv posledně jmenovaný (Wetzel, 2001). Sedimenty hovoří o chemismu vody, fyzikálních vlastnostech prostředí, organismech a v neposlední řadě také o klimatických



Obr. 1: Rozsivky jsou důležitým zdrojem informací o zaniklých jezerních ekosystémech (Round et al., 1990).

poměrech, které v okolí jezera panovaly.

Takové rekonstrukce mají význam i pro současnost, kdy jsou klimatické změny jedním z nejdiskutovanějších témat, a to nejen ve vědě. Právě zmíněné poznatky paleolimnologie získává ze sedimentu v několika podobách (Pokorný et al., 1992).

Data geochemická pomáhají odhalit iontové složení jezerní vody, její salinitu, teplotu nebo pH. Studium struktury a textury sedimentů je zase možné zjistit fyzikální

vlastnosti prostředí (jako například rychlost a směr proudění) a změny v charakteru či rychlosti sedimentace. Poslopnost vzniku

a stáří studovaných vrstev pak různými metodami stanovují stratigrafie (International

Commission on Stratigraphy, 2009) a geochronologie (Česká geologická služba, 2010), dvě z nejdůležitějších geologických disciplín. Důležitým zdrojem informací o zaniklých jezerech jsou také zachované pozůstatky organismů (fosílie, zkameněliny). Využívá se jich řada, od pylů, fosilních dřev a dalších zbytků rostlin, až po mikrofosílie, jakými jsou cysty chrysomonád, nebo schránky rozsivek (Smol et al., 2003). Právě organismy posledně jmenované jsou hlavním předmětem této práce, a to především díky jejich schopnosti spolehlivě indikovat rozličné faktory prostředí (Van Dam et al., 1994) a také díky tomu, že se poměrně dobře zachovávají ve fosilním záznamu (Reavie et al., 2007).

1.2. Rozsivky (Bacillariophyta)

Rozsivky (Bacillariophyta) se řadí ke skupině stramenopilních chromist (říše chromalveolata) a patří k nejrozšířenějším a nejvýznamnějším fotoautotrofním organismům na Zemi (Hoek et al., 1995). Tyto jednobuněčné řasy jsou charakteristické především svojí stěnou tvořenou amorfním křemenem (opál, $\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$). Tato stěna (frustula, obr. 2) se skládá ze dvou miskovitých, do sebe zapadajících částí - hypothéka a epithéka. Svrchní a spodní stěny théky se nazývají valvy, boční stěny jsou pleury (cingulum) (Round et al., 1990). Právě valvy nesou znaky, na základě kterých se tradičně rozlišují jednotlivé skupiny rozsivek – jsou to hlavně žebra, areoly (póry), strie (řady pórů) a raphe (štěrbina nebo trubice, která buňce slouží k pohybu). Důležitá je také velikost, tvar a symetrie frustuly (Smol et al., 2003).

Tradičně se rozsivky členily na tři skupiny. Většinou radiálně symetrické Coscinodiscophyceae (nazývané též rozsivky centrické) a většinou bilaterálně symetrické (penátní) Fragilariophyceae (bez raphe) a Bacillariophyceae (s raphe) (Round et al., 1990). Toto členění ale není podpořeno fylogenetickými analýzami, protože skupina penátních rozsivek bez raphe není monofyletická a navíc i některé ne-radiálně symetrické rozsivky (rod *Toxarium*) náleží k rozsivkám centrickým. Dnes se tak rozsivky rozdělují pouze na centrické Coscinodiscophyceae a penátní Bacillariophyceae. Někdy se vymezuje ještě třetí



Obr. 2: Frustula naviculoidní rozsivky. E – epivalva s póry (areoly) a raphe, EC – epicingulum se 4 pleurálními pásky, HC – hypocingulum, H – hypovalva (Round et al., 1990).

skupina, Mediophyceae, která vykazuje znaky obou jmenovaných skupin (Kooistra et al., 1996).

1.3. Druhový koncept u rozsivek

Přestože je skupina Bacillariophyta monofyletická, bylo její vnitřní členění, jak jsem již zmínila výše, vždy předmětem sporů (Mann, 1999). Pohled na systematiku těchto řas se měnil s neustále se měnícími názory na definici druhu a tak byly hranice jednotlivých druhů rozsivek vymezovány spíše subjektivně, na základě morfologie jejich stěn. Do poslední třetiny 20. století ale ještě do úvah nevstupovala genetika, bylo tudíž mnohem těžší posoudit, v jaké míře morfologická variabilita odpovídá biologickým druhům nebo fylogenezi, než je tomu dnes.

Bližší pohled na morfologii buněk rozsivek přinesla elektronová mikroskopie, prostřednictvím které bylo možné buňky studovat mnohem detailněji a přesněji (Round et al., 1990).

Velký vliv na systematiku rozsivek měla i tzv. Frankfurtská škola profesora Lange-Bertalota, která stojí za vytvořením a upravením hranic stovek druhů těchto řas. Základem jejich prací je morfologický koncept (Krammer, K. & Lange-Bertalot, 1986-1991), který vymezuje jednotlivé druhy výhradně na základě detailního studia rozdílů v morfologii jejich schránek.

2. TEORETICKÁ ČÁST

Paleolimnologie je věda studující zaniklá jezera. Například pomocí mikrofosílií rozsivek a dat získaných sledováním současných jezerních ekosystémů (biomonitoring) (Hindák, 1978) dokáže rekonstruovat klimatické, tektonické či biotické poměry v daném jezeře v době jeho existence (Cohen, 2003). Považuji tak za důležité říci několik slov o jezerech i o rozsivkách, coby významných indikátorech parametrů nejen limnických (jezerních) prostředí.

2.1. Jezero

Jezero je přirozená vodní nádrž (Česká geologická služba, 2010), vznikající na vhodných místech akumulací dešťových srážek, zvednutím hladiny spodní vody, činností vodního toku či rozpouštěním ledovce. Většina jezer se tvoří v depresích (sníženina terénu, pánev), existují však i jezera v kráterech sopek, v rašeliništích, v opuštěných lomech nebo v riftových zónách (Wetzel, 2001). Jezera mohou vzniknout také přehrazením řeky sesuvem nebo lávou, zaškrcením meandru, nebo rozpouštěním hornin v krasových oblastech. Lze je nalézt i podél mořských pobřeží či poblíž ledovců (popř. přímo na nich) (Reeves, 1968).

Pro paleolimnologii mají velký význam bezodtoká jezera aridních oblastí (Fritz et al., 2000), která velice citlivě reagují na sebemenší změny ve svém hydrologickém režimu (tedy v poměru srážek a výparu). Vlastnost přesně kopírovat klima mají ale i ostatní typy jezer (Cohen, 2003) a tak je doba existence těchto sladkovodních nádrží velice proměnlivá (od měsíců až po miliony let). Navíc, jezerní archivy snadno podléhají změnám, které pozitivně i negativně ovlivňují přesnost a úplnost informací v nich uchovaných. To je i případ sedimentárních archivů s fosilním záznamem rozsivek a jiných organismů (Pokorný et al., 1992).

2.2. Fosilní záznam

Typickým rysem jezerních i jiných sedimentů je zvrstvení a vrstevnatost (Kachlík & Chlupáč, 2005). Každá vrstva přesně odpovídá vlastnostem prostředí, ve kterém se usazovala, a to i s fosíliemi, které obsahuje (fosilní záznam). Zpětně je možné prostředí rekonstruovat, je

ovšem nezbytné brát v úvahu fakt, že fosilní záznam je prakticky vždy neúplný (Pokorný et al., 1992) a většinou nezachycuje daný ekosystém v plné šíři.

To se týká i fosilního záznamu s rozsivkami (Wetzel, 2001). Již ve vodním sloupci probíhají procesy, které mohou křemité schránky odumřelých buněk zničit (Cohen, 2003) a výsledné fosilní společenstvo se tak ve svých abundancích a druhovém složení značně odlišuje od společenstva, které původně v jezeře žilo (Smol et al., 2003). Správná interpretace vzorků je tím pádem znesnadněna, nebo dokonce úplně znemožněna. V extrémních případech může i celé společenstvo zmizet nebo zůstanou zachovány jen ty nejodolnější druhy.

Nejméně schránek rozsivek se zachovává v hypersaliních jezerech (Barker et al., 1994) s vysokým pH. Opál se rychleji rozpouští za vysokých teplot a ve velkých hloubkách (tlacích) (Barker et al., 1994). Svoji roli hraje i morfologie frustuly - především její velikost (čím větší schránka je, tím menší je její poškození rozpouštěním). Různou rychlost rozpouštění vykazují i jednotlivé části stěny - pleurální pásy se například rozpouštějí rychleji, než ostatní části (Smol et al., 2003).

Nemalý podíl na znehodnocování a pozměňování fosilního záznamu rozsivek má i proudění (způsobující rozlámání schránek a kontaminaci transportem), bioturbace a procesy probíhající v sedimentu po jeho uložení na dno (diageneze, tektonické procesy, metamorfóza) (Pokorný et al., 1992; Smol et al., 2003).

Přes všechny tyto obtíže je možné z fosilního záznamu získat velké množství informací o prostředí a organismech, které v daném ekosystému žily. Lze také sledovat evoluční historii jednotlivých skupin (Pokorný et al., 1992), i když ta je v případě rozsivek stále ještě zahalena rouškou tajemství.

2.3. Evoluční historie rozsivek

Ani fosilní záznam, ani fylogenetické studie zatím spolehlivě neodpověděly na otázku o původu rozsivek. Společným předkem celé skupiny by podle některých hypotéz mohl být bičíkovec se šupinami (Round & Crawford, 1981), nebo jednobuněčný organismus podobný dnešním zlativkám (Kooistra & Medlin, 1996). Do blízké příbuznosti s rozsivkami bývá kladena i další skupina stramenopilních řas, Bolidophyceae (Daugbjerg & Guillou, 2001), ale ani toto spojení nebylo dosud jednoznačně prokázáno (Riisberg et al., 2009).

První nálezy pozůstatků těchto řas (centrické, mořské) spadají do období spodní jury (před 199 - 175 mil. let) (Smol et al., 2003), ačkoliv se předpokládá, že skupina vznikla mnohem

dříve, možná již na konci permu (před 250 mil. let) (Kooistra & Medlin, 1996; Sorhannus, 2007).

Moderní rozsivková flora nastupuje až v období křída (před 145 – 65,5 mil. let), kdy se také udály velké změny v morfologii frustuly rozsivek. Již se objevují i penátní druhy, které nejspíše ještě neměly raphe (před 90 mil. let) (Kooistra & Medlin, 1996).

Od velkého vymírání na hranici křída a třetihor (před 65,5 mil. let) se diversita rozsivek výrazně zvyšuje (Finkel et al., 2005). Především sladkovodní prostředí (Kvaček et al., 2000) poprvé osidlují penátní rozsivky s raphe (Kooistra & Medlin, 1996) (jejich počátek by ovšem mohl spadat již do období svrchní křída; Sorhannus, 2007).

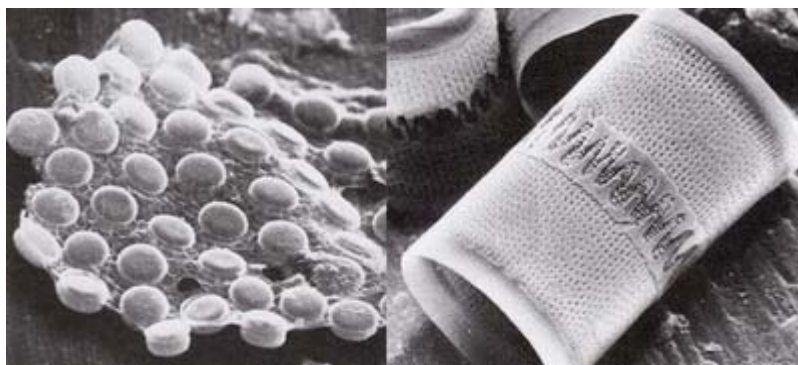
Dnes lze zástupce řas ze skupiny Bacillariophyta nalézt ve velkých množstvích ve všech možných koutech naší planety (Hoek et al., 1995). Jejich společenstva rostou stejně dobře v mořích, jako ve sladkých vodách, jsou přítomna v horských jezerech i v řekách, v termálních pramenech i pod mocnou vrstvou ledu. V těchto a mnoha dalších ekosystémech hrají rozsivky roli významných primárních producentů a přispívají také ke koloběhu četných prvků, jako je uhlík a křemík.

2.4. Ekologie a význam rozsivek

Jak již bylo zmíněno výše, rozsivky se vyskytují téměř ve všech akvatických ekosystémech (Hoek et al. 1995), od mořských (hlavně centrické) až po sladkovodní (hlavně penátní).

Mnoho z těchto ekosystémů je velmi extrémních, jako například slaná jezera (Fritz et al., 2000), nebo horké prameny (Kvaček et al., 2000). Rozsivky ovšem pronikly i na souš – tzv. druhy aeroterestrické žijí na vlhkých listech tropických rostlin, nebo na mokré půdě či kamenech (epilithické druhy) (Round et al., 1990). Kromě nich rovněž existují rozsivky symbiotické, které lze nalézt v dírkonošcích nebo obrněnkách. Některé další druhy rozsivek jsou naopak sami hostiteli jiných organismů, hlavně sinic a řas (např. rody *Epithemia* a *Rhopalodia*) (Reavie et al., 2007).

Rozsivky osidlují jak vrstvy vodního sloupce při hladině, tak i méně osvětlené dno litorálu (příbřežní oblast). Druhy obou prostředí jsou většinou solitérní, ale pomocí křemitých zoubků, chitinových vláken, nebo slizu dokáží vytvářet jednoduché kolonie (obr. 3) (Round et al., 1990).



Obr. 3: Rozsivky dokáží vytvářet jednoduché kolonie. Vlevo jsou buňky spojené polysacharidovými provazci (Planktonella sp.), vpravo pomocí křemitých zoubků okraje valvy (Aulacoseira sp.) (Round et al., 1990).

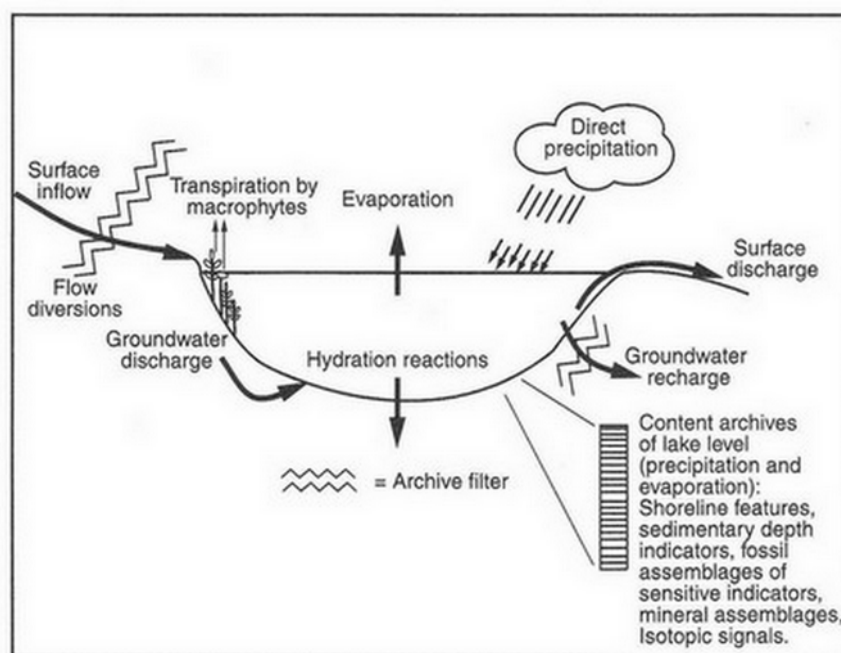
Rozsivky jsou nezanedbatelnou složkou biosféry (Hoek et al., 1995). Svoji činností vytvářejí zhruba čtvrtinu celkové primární produkce na Zemi (Alverson et al., 2007) a jsou také potravou pro řadu primárních konzumentů (Winder et al., 2008). Rovněž se účastní pohánění tzv. biologické pumpy (děj popisující cyklus výměny uhlíku mezi atmosférou a oceánem a ukládání uhlíku do sedimentů) a koloběhu křemíku v přírodě (Finkel et al., 2005). Podobně jako například kokolítka nebo foraminifery, jsou rozsivky také organismy horninotvornými. Po odumření buněk jejich schránky sedimentují a vytváří sedimentární horninu zvanou diatomit (křemelina) (Pokorný et al., 1992). Je to materiál s výjimečnou schopností absorbovat vodu a používá se tudíž v řadě průmyslových odvětví, nejčastěji při filtracích (Harwood, 1999; Hoek et al., 1995). Průmyslové použití ovšem není to jediné, proč jsou tyto skleněné řasy významné i pro člověka. Rozsivky lze mimo jiné využít i v kriminalistice (Peabody, 1999), v nanotechnologiích (Gordon et al., 2009) či v archeologii (Juggins & Cameron, 1999). Hydrobiologové s pomocí rozsivek určují jakost vody (Hindák, 1978) a paleolimnologové díky rozsivkám rekonstruují složitou historii klimatických změn na naší planetě (Wetzel, 2001).

2.5. Rekonstrukce fyzikálních parametrů prostředí

Fyzikálními vlastnostmi prostředí, které je možné podle rozsivek rekonstruovat, jsou hlavně výška hladiny, světelné podmínky, teplota a cirkulace vody.

2.5.1. Úroveň hladiny, hydrologický cyklus

Množství vody v jezeře určuje především hydrologický cyklus (obr. 4) (Wetzel, 2001), tzn. poměr mezi objemem vody, která do jezera přibývá a objemem vody, kterou jezero ztrácí. Hlavními zdroji vody pro jezero jsou srážky, vodní toky a spodní voda. Odtékat pak může opět vodními toky, dále mizí vypařováním (evaporací), vsakováním a v neposlední řadě také evapotranspirací (skrze vodní rostliny) a hydratačními reakcemi v sedimentech. Za změnami hydrologického režimu nejčastěji stojí měnící se klima (Wolin & Duthie, 1999).



Obr. 4: Hydrologický cyklus jezera (Cohen, 2003).

Snížení nebo zvýšení hladiny ovlivňuje všechny stránky života v jezeře. Mění se hloubka fotické zóny (vrstva jezera při hladině, kam proniká sluneční záření), teplotní rozvrstvení, proudění, salinita, koncentrace živin a s tím vším i společenstva organismů, která v jezeře žijí. V případě rozsivek se takové změny projeví změnou poměru mezi bentickými (na substrátu žijícími) a planktonními druhy (Bradbury, 1999). Pokud hladina vody stoupá, roste také podíl epifytických druhů (na rostlinách) a druhů žijících na dně. Naopak s klesající hladinou se zvyšuje abundance planktonních druhů rozsivek. Právě těchto změn se při paleoekologických rekonstrukcích využívá (Wolin & Duthie, 1999).

2.5.2. Světelné podmínky

Světlo je fyzikální veličina zásadní pro růst a druhové složení planktonních i bentických skupin fotoautotrofních organismů (Smol et al., 2003). Sezónní změny v ozáření jsou patrné především v jezerech mírného pásu, kde v průběhu roku dochází k periodickým výkyvům v růstu řas. Nicméně, i přes to, jak je dostupnost světla důležitou vlastností prostředí, je nelehké ji ze sedimentů rekonstruovat (Smol et al., 2003).

Světlo je v jezeře nejen využíváno k fotosyntéze, ale při svém průchodu vodním sloupcem je absorbováno a mění se na teplo (Cohen, 2003).

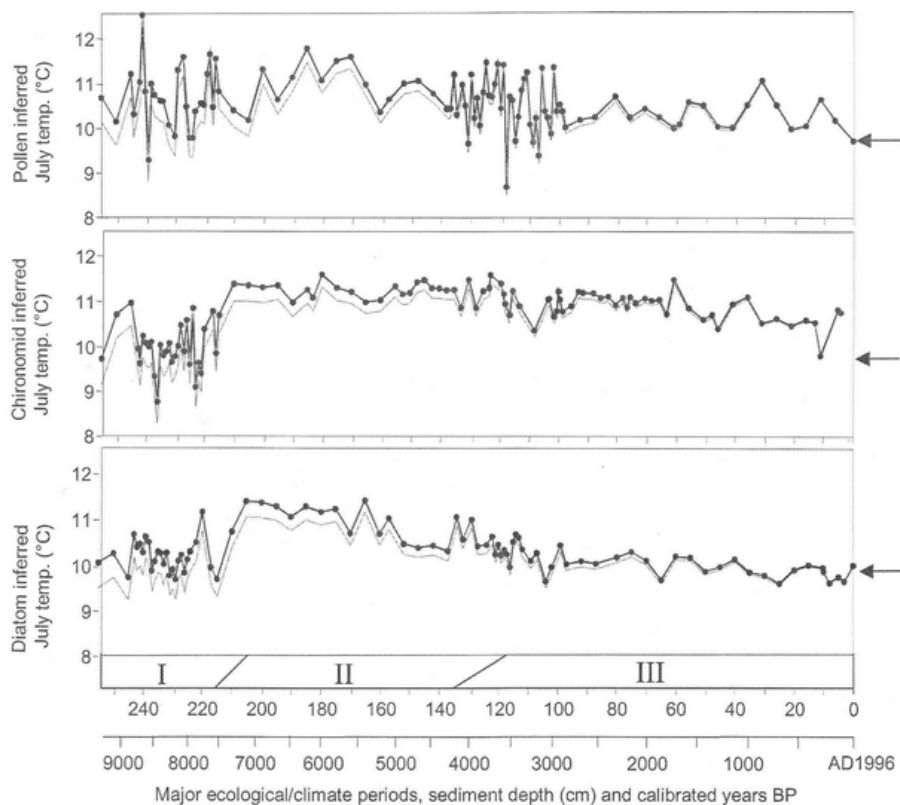
2.5.3. Teplota, turbulence, stratifikace

Výkyvy klimatu, respektive slunečního ozáření a teploty, se v jezerech (ale i v oceánech) projevují především skrze změny v cirkulaci, dostupnosti živin a kyslíku (Kubíček & Lellák, 1991). To má vliv na velikostní strukturu společenstva rozsivek (Smol et al., 2003). V teplých obdobích fosilním společenstvům dominují druhy s menšími frustulami (Winder et al., 2008), které mají větší povrch v poměru k objemu a tudíž rychleji vstřebávají živiny a umí lépe hospodařit se světlem. Navíc jsou lehké, takže klesají pomaleji a rychleji se množí. Naopak v chladnějších obdobích roste zastoupení druhů s velkými, těžkými frustulami. Ty si mohou dovolit klesat rychleji a mít velké nároky na světlo i živiny (Winder et al., 2008). Na klesání frustul má vliv i viskozita, která klesá s rostoucí teplotou (Kubíček & Lellák, 1991).

Díky změnám ve velikosti buněk rozsivek je možné určit nejen teplotu, ale i charakter cirkulace a množství živin (o živinách více později) v prostředí.

Pro rekonstrukce teploty se zdají být nejvhodnější jezera vysokých nadmořských výšek a zeměpisných šířek a rovněž tak ekotonální jezera ležící při hranicích různých biotopů, která citlivěji na změny reagují (Rosén et al., 2001). Příkladem takového jezera může být Tsuolbmajarvi v severní Skandinávii (Korhola & Weckström, 2000). Podle jeho sedimentů se podařilo rekonstruovat průměrné letní teploty v průběhu holocénu. Zjištěné hodnoty ve většině případů odpovídají vývoji teplot, které byly získány ze studia mořských sedimentů a ledovců. Jezero dokonce zachycuje již dříve potvrzené klimatické eventy.

Na následujícím obrázku (obr. 5) je rekonstrukce letních teplot z jiného jezera, Sjuodjijare v severním Švédsku (Rosén et al., 2001):



Obr. 5: Sjuodijjare, severní Švédsko – rekonstrukce průměrných letních teplot podle rozsivek (dole), dvoukřídlého hmyzu (uprostřed) a pylů (nahore). Na svislé ose je teplota ve °C, na vodorovné stáří, hloubka sedimentu a nakonec je osa rozdělena podle charakteru klimatu na tři období.

2.6. Rekonstrukce chemických faktorů

Rozsivky zobrazují, kromě parametrů fyzikálních, i chemismus vody, především množství živin, koncentraci uhlíku, pH a salinitu.

2.6.1. Trofie

Pro rozsivky jsou nejdůležitějšími živinami fosfor, dusík a křemík (Round et al., 1990).

2.6.1.1. Fosfor (P)

Coby nejvýznamnější nositel energie, je fosfor hlavním prvkem, který limituje růst řas (Kubíček & Lellák, 1991). Do jezera se dostává buď přirozeně, jako produkt zvětrávání hornin (především sedimentů a minerálu apatitu) a rozkladem organického materiálu, nebo antropogenně, s hnojivy (Filippelli, 2008).

Většinou bývá rozpuštěn do podoby fosfátu (fosforečnanu) – PO_4^{3-} , který je využitelný bakteriemi a řasami. Tyto organismy tak fosfor postupně začleňují do potravního řetězce a do biomasy, po jejímž odumření pak sedimentuje na dno. Odtud se může znovu uvolňovat (Wetzel, 2001).

2.6.1.2. Dusík (N)

Dusík je důležitý biogenní prvek nezbytný pro tvorbu aminokyselin a bílkovin. V přírodě se vyskytuje především jako plyn (N_2) v atmosféře (Kubíček & Lellák, 1991). Trojná vazba mezi atomy dusíku ale zajišťuje, že je tento plyn inertní, ve vodě nerozpustný a tak většina organismů není schopna dusík v takové podobě přijímat (Cohen, 2003). Výjimku tvoří prokaryotní organismy, které N_2 redukují na NH_4^+ . Tato sloučenina již může být, stejně jako další produkty činnosti prokaryotních organismů (oxidy dusíku) (Ward et al., 2007), asimilována vyššími rostlinami a řasami a předána do dalších stupňů potravního řetězce. Zdrojem dusíku je i lidská činnost (hnojiva, spalování fosilních paliv) a rozklad organické hmoty (včetně exkrementů organismů).

2.6.1.3. Křemík (Si)

Pro rozsivky je křemík nepostradatelný, jelikož jej využívají k silicifikaci svých stěn a je také důležitou součástí jejich metabolismu (Round et al., 1990). Stejně, jako fosfor, se i křemík dostává do vodních ekosystémů zvětráváním hornin (především silikátových). Výrazně vyšší koncentrace tohoto prvku lze nalézt i v místech vzniku těchto hornin, tedy ve vulkanických a tektonicky aktivních oblastech (Pokorný et al., 1992).

V jezerním prostředí je křemík přítomen nejčastěji v podobě kyseliny křemičité, H_4SiO_4 , která se ale velice snadno rozpadá. Produkty tohoto rozpadu (H_3SiO^- a $\text{H}_2\text{SiO}^{2-}$) se pak mohou srážet ve formě opálu nebo se vázat na organický materiál či jílové minerály. Kromě toho jsou využívány organismy, hlavně rozsivkami. Koncentrace křemíku je ale pro rozsivky omezující pouze na otevřeném moři, všude jinde jej bývá dostatek (Round et al., 1990).

S organismy křemík sedimentuje na dno, odkud je navrácen do horninového cyklu nebo přímo do biosféry (Cohen, 2003).

2.6.2. Koncentrace uhlíku

Uhlík je v přírodě přítomen hlavně v organismech, dále potom v karbonátových horninách a v atmosféře.

Z atmosféry se uhlík jako plyn (CO_2) snadno dostává do vodních prostředí, kde může být, stejně jako na souši, využit k fotosyntéze nebo je, společně s dalšími prvky, spotřebováván různými skupinami organismů na stavbu schránek (Pokorný et al., 1992). Společně s těmito schránkami a odumřelou organickou hmotou je pak uložen do sedimentů (karbonáty, fosilní paliva; Pokorný et al., 1992). Odtud se později uvolňuje zpět do prostředí. Svoji roli v koloběhu uhlíku hraje i vulkanismus a lidská činnost (Kubiček & Lellák, 1991).

Přesné ekofyziologické účinky změn koncentrace rozpuštěného uhlíku na rozsivky nejsou do detailu známy, ale i tento prvek má vliv na chemismus vody (určuje pH) a procesy v buňkách. (Smol et al., 2002).

Podle vztahu společenstev rozsivek a koncentrace uhlíku by bylo podle některých studií možné rekonstruovat změny klimatu a s nimi související změny ve struktuře vegetace v okolí jezer, která se nacházejí při hranici lesa, ve vysokých zeměpisných šířkách (Pienitz et al., 1999).

2.6.3. pH

Koncentrace H^+ iontů, pH, je nejdůležitějším chemickým faktorem, který ovlivňuje populace rozsivek a dalších organismů ve sladkých vodách (Hindák, 1978). Reguluje mnoho (bio)chemických procesů v buňkách i mimo ně, mění dostupnost živin, aktivitu enzymů i rozpustnost (a toxicitu) kovů v prostředí (Smol et al., 2002). Současně také pH souvisí s klimatickými poměry v okolí jezera.

2.6.4. Salinita a konduktivita

Salinita (koncentrace rozpuštěných látek ve vodě) ovlivňuje fyziologii rozsivek, může ale také představovat bariéru při jejich šíření mezi různými mořskými a sladkovodními prostředími (Alverson et al., 2007).

Rosivky se v některých saliních prostředích obtížně zachovávají (Barker et al., 1994), i přesto je možné tuto skupinu řas využít pro výzkum změn klimatu (hlavně aridity/humidity) a pro rozlišení mezi mořským a jezerním prostředím (Smol et al., 2002).

Hlavními ionty, které určují konduktivitu (elektrickou vodivost) ve sladkých vodách jsou HCO_3^- , Ca^{2+} , SO_4^- a dále Na^+ , Mg^{2+} , K^+ a Cl^- (Kubiček & Lellák, 1991; Wetzel, 2001).

2.7. Metodický přístup při studiu sedimentů v paleolimnologii

Základním předpokladem pro rekonstrukce paleoprostředí podle rozsivek je fakt, že jejich společenstva velice citlivě reagují na změny vnějších podmínek (Pokorný et al., 1992).

Když tedy paleolimnologie nalezne pro složení fosilního společenstva ekvivalent v současnosti, může předpokládat, že podmínky panující v obou ekosystémech byly/jsou srovnatelné (Cohen, 2003).

Při zjišťování parametrů prostředí je důležité nestavět jen na jedné skupině organismů a tedy jen na jednom zdroji informací (Wolin & Duthie, 1999). Proto jsou paleolimnologické studie založené na rozsivkách vždy podepřené také daty sedimentologickými, geochemickými či biologickými (jiná skupina organismů).

2.7.1. Sběr vzorků

V paleolimnologii se vzorky sedimentů získávají buď z výchozů (místa, kde jsou horniny obnaženy a vystupují na zemský povrch), nebo z vrtů (Reeves, 1968). Pro sedimenty obsahující rozsivky se nejčastěji používá právě druhý způsob. Nevýhodou vrtů ale je, že zachycují jen zlomek celkové plochy dna jezera (Cohen, 2003). Recentní jezera je také možné vzorkovat pomocí vrtů, i když zde přítomnost vody jejich použití ztěžuje (v případě hlubokých jezer).

Žijící společenstva rozsivek se odebírají buď přímo z vodního sloupce (plankton), nebo z povrchu substrátu (bentos) (Hindák, 1978), tzn. seškrabují se z kamenů, nebo rostlin. Lze je ovšem získat i ze zrněk písku a z povrchu bahnitého dna (Smol et al., 2003).

2.7.2. Určování stáří

Stáří studovaných vzorků je jednou z nejzákladnějších informací v jakékoliv paleolimnologické analýze. Může být buď absolutní, nebo relativní. Absolutní stáří stanovuje geochronologie za použití radiometrických metod (studium rozpadových řad radioaktivních prvků). Relativní stáří se opírá o zákon superpozice, zákon stejných zkamenělin a o princip

aktualismu. Je stanovováno stratigrafií (Česká geologická služba, 2010) pomocí korelací vrstev se stejnými znaky mezi sebou.

V paleolimnologii se sedimenty nejčastěji datují radiokarbonovou metodou (Cohen, 2003). Tato metoda je založena na poměru nestabilního ^{14}C (rozpadem tohoto izotopu vzniká izotop prvku následující skupiny periodické tabulky, tedy ^{14}N) a stabilního ^{12}C v rostlinných zbytcích (Libby et al., 1949), přičemž lze metodu využít na materiál až 40 000 let starý (Wetzel, 2001). V případě starších sedimentů se aplikují jiné radiometrické metody, založené například na rozpadu uranu a thoria na izotopy olova (Reeves, 1968).

2.7.3. Laboratorní zpracování vzorků

O laboratorních postupech se detailněji zmiňuji v praktické části svojí práce, zde proto toto téma nastíním jen zevrubně.

V průběhu přípravy vzorku pro mikroskopování se postupně, různými způsoby, odstraňují jednotlivé složky sedimentu (viz. obr. 6 v příloze), dokud nezůstanou pouze frustuly rozsivek (společně s dalším materiálem, který odolal použitým chemikáliím). Karbonáty se rozpouštějí přidáním kyseliny chlorovodíkové (HCl) (Denys, 2004), organický materiál (detrit) s pomocí peroxidu vodíku (H_2O_2) za zvýšené teploty (Reavie, 2006). Větší minerální zrna se odstraňují proséváním a proplachováním, jílovité částice přidáním roztoku amoniaku ($\text{NH}_3 \times n\text{H}_2\text{O}$) a následným odpipetováním (Smol et al., 2003).

V další fázi přípravy se k takto vyčištěnému vzorku přidávají kuličky divinylbenzenu. Tyto kuličky mají většinou velikost mezi 5 – 10 mikrometry a napomáhají stanovování koncentrace rozsivek ve vzorku a srovnávání jednotlivých vzorků mezi sebou. Doporučovaná koncentrace kuliček je $5 \times 10^6/\text{mil}$ (Smol et al., 2003).

Po přidání kuliček se vzorek nakape na krycí sklíčko, nechá se vyschnout a zafixuje se pryskyřicí (Hindák, 1978). V tuto chvíli je vzorek připraven pro pozorování ve světelném mikroskopu.

Rozsivky se často pozorují i pod elektronovým mikroskopem. Za tímto účelem je nutné vzorek (bez fixace pryskyřicí) pokrýt tenkou vrstvou zlata. (Smol et al., 2003).

2.7.4. Stanovení druhového složení a abundancí

Rozsivky se nejčastěji studují pod světelným mikroskopem s připojeným fotoaparátém při největším možném zvětšení (tj. za použití imerzního objektivu) (Reavie et al., 2007).

Každou buňku je, s pomocí determinačních příruček, nutné určit, pokud možno, až na úroveň druhu, popř. variety. Rozlišení druhů se zakládá na morfologii jejich schránek: na tvaru, délce a šířce frustuly, na ne/přítomnosti a typu raphe, na počtu strií a na řadě dalších znaků.

Dále je zapotřebí stanovit tzv. relativní abundance jednotlivých druhů (Hindák, 1978), tedy spočítat, kolika buňkami je každý druh zastoupen – většinou do počtu 300-600 buněk.

Do relativních abundancí se počítají i fragmenty frustul. Nakonec se sčítají divinylbenzenové kuličky (Smol et al., 2003), které jsou nápomocné při porovnávání koncentrací rozsivek mezi vzorky.

2.7.5. Interpretace – kalibrace současnými jezery

Rozsivky obsahující fosilní záznam lze v paleolimnologii interpretovat několika způsoby.

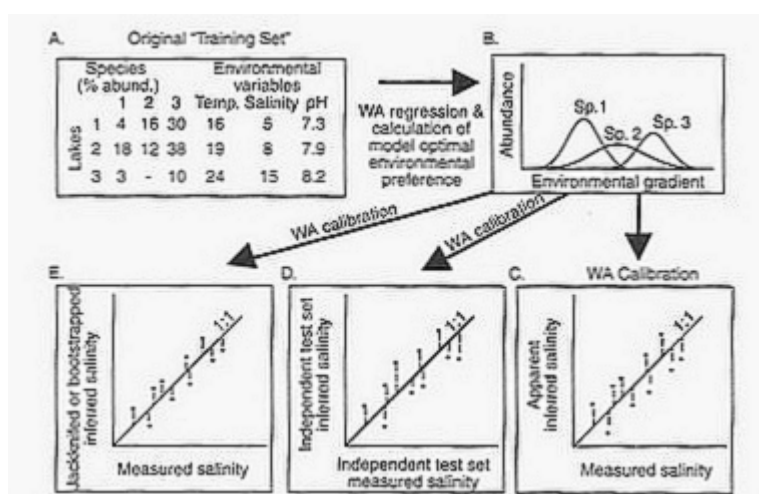
Všechny ale vycházejí ze stejného, již zmíněného, principu – ze srovnávání fosilního záznamu s daty získanými z recentních jezer.

Nejčastěji je prvním krokem interpretace nashromáždění dostatečného množství kalibračních vzorků (training data-set) (Cohen, 2003). Tyto vzorky jsou odebírány z vybraných recentních jezer rozmístěných podél

gradientu parametru prostředí (Birks, 1998), který se snažíme rekonstruovat. Současně je na každém biotopu změřena teplota, pH, trofie a další veličiny – tyto hodnoty jsou později využity pro kontrolu přesnosti modelu (Birks, 1998).

Po zpracování a vyhodnocení dat o druhovém složení a parametrech prostředí různými

metodami je možné odhadnout odpověď společenstva na určité podmínky, stanovit šířku ekologických valencí (tj. rozpětí hodnot faktoru, které je druh schopen tolerovat) a optima jednotlivých druhů (tj. hodnota faktoru pro druh nejpříznivější, zde se vyskytuje v nejvyšší abundanci) (obr. 7). Takto vytvořený model lze po kontrole jeho správnosti aplikovat na fosilní jezero (Cohen, 2003).



Obr. 7: Postup při tvorbě a ověřování modelu reakce společenstva na podmínky prostředí (Cohen, 2003).

2.7.5.1. Indexy

Indexy jsou číselné hodnoty popisující podmínky prostředí určité lokality (nejčastěji trofie a saprobitu - koncentrace organických látek pocházejících z rozkládající se biomasy) podle preferencí společenstev, která na daném místě žijí. Indexy se stanovují zvlášť pro každý stát a pro četné biotopy, kde slouží jako standardy při sledování jakosti vody a hodnocení ekologického stavu (biomonitoring) (Hindák, 1978). V poslední době se indexy vytvářejí především ve vztahu k tzv. WFD (Water Framework Directive), což je směrnice Evropské unie zavazující členské státy k dosažení určitého stupně kvality všech vodních ekosystémů na jejich území (Heinsalu & Alliksaar, 2009; Kelly et al., 2008; Tison et al., 2008).

Indexy v sobě zahrnují informaci o optimech, šířkách ekologických valencí a abundancích jednotlivých druhů ve společenstvu (Lavoie et al., 2009). Číselné hodnoty, kterých různé indexy nabývají, se liší a srovnání mezi nimi je tak možné provést pouze relativně.

Příkladem indexu může být například Sládečkův index saprobity, který měří stupeň znečištění organickými látkami podle abundancí jednotlivých taxonů ve společenstvu (Hindák, 1978). Index byl definován roku 1986 a nabývá hodnot od 1 do 4 (nejnižší stupeň znečištění) (Sládeček, 1986). Jiným indexem je Trophic Diatom Index, který byl vyvinut ve Velké Británii pro sledování vlivu koncentrace fosfátů na říční společenstva rozsivek. Dosahuje hodnot od 1 do 5, kde nevyšší hodnota značí nejvyšší stupeň trofie (Kelly & Whitton 1995).

2.7.5.2. Ekologické hodnoty

Šířku ekologické valence a pozici optima druhu vůči určitému parametru vyjadřují tzv. ekologické hodnoty. Například podle tolerance salinity je možné rozsivky rozdělit na druhy halofóbní, oligohalóbní, mezohalóbní a polyhalóbní (Hindák, 1978). Podle vztahu k pH mohou existovat druhy rozsivek acidobiontní, acidofilní, neutrofilní, alkalifilní, alkalibiontní, nebo druhy k hodnotě pH netečné (Van Dam et al., 1994). Podobné kategorie ekologických hodnot existují i pro řadu dalších faktorů prostředí, jako je proudění, úroveň trofie, nebo vlhkost.

2.7.5.3. Statistické metody

Do paleoekologických analýz velmi často vstupují i další, jedno- či mnohorozměrné, statistické metody. Tyto metody se mohou využívat buď zcela samostatně nebo kombinovaně.

2.7.5.3.1. Gaussova křivka a vážený průměr

Gaussova křivka (transfer function) zobrazuje vztah abundance druhu vůči gradientu daného parametru prostředí (Reavie et al., 2006; McCune et al., 2002). Pomáhá stanovit optimum a ekologickou valenci druhu (Wolin & Duthie, 1999). Čím užší ekologická valence je, tím je druh pro rekonstrukci vhodnější.

Gaussovu křivku lze v paleolimnologii sestavit pomocí váženého průměru (weighted average) (Smol et al., 2003). Vážený průměr se podobá průměru aritmetickému, ale pracuje s hodnotami o různé důležitosti. V případě metody AWM (Denys, 2004) (abundance-weighted mean) je míra důležitosti určena abundancí druhu vůči proměnné prostředí (druh má nejvyšší četnost právě poblíž svého optima).

Ještě před aplikací na paleo-vzorek, je nutné vytvořený model zkalibrovat, tj. ověřit jeho přesnost srovnáním se skutečně naměřenými hodnotami (Reavie et al., 2006).

Pravděpodobnost chyb zjišťují statistické testy (Cohen, 2003).

2.7.5.3.2. Mnohorozměrné metody

Mnohorozměrné metody pracují, na rozdíl od předcházejících metod jednorozměrných, s velkým množstvím veličin, které se vztahují nejen k jednotlivým druhům, ale i k celým společenstvům. Využívají se mimo jiné i k tvorbě indexů trofie a saprobity, především indexů vyvíjených v USA a v Kanadě (Lavoie et al., 2009).

Nejvíce využívanými mnohorozměrnými metodami v paleolimnologii jsou metody ordinační a clusterová analýza.

Přímé ordinační metody (McCune et al., 2002) vybírají ze všech parametrů prostředí jen ty, které mají na společenstvo výrazný až zásadní vliv. Výsledkem je dobře čitelný a dobře interpretovatelný graf skládající se z dvou až tří os (osy zastupují jednotlivé parametry), podél kterých jsou rozmístěny druhy s parametrem nejvíce svázané (nejvíce na změny parametru reagující).

Clusterová analýza (McCune et al., 2002) shlukuje společenstva na základě jejich podobnosti a vytváří tzv. clustery (shluky). Výsledkem clusterové analýzy je dendrogram, který zobrazuje právě míru podobnosti, a to nejen mezi jednotlivými body, ale i mezi shluky navzájem.

3. ZÁVĚR

Rozsivky (Bacillariophyta) jsou jednou z nejrozšířenějších a nejdůležitějších skupin řas na Zemi. Jsou nepostradatelnými primárními producenty a hybateli koloběhu mnohých prvků v přírodě. Tyto organismy jsou významné i pro člověka – hornina diatomit, tvořená převážně schránkami rozsivek, je využívána v průmyslu. V neposlední řadě mají rozsivky také schopnost spolehlivě indikovat různé parametry prostředí, čehož využívá řada vědních oborů, včetně archeologie, hydrobiologie či paleolimnologie.

V paleolimnologii rozsivky slouží jako jeden z mnoha zdrojů informací o prostředí již zaniklých jezerních ekosystémů. Dosvědčují jak některé fyzikální, tak některé chemické podmínky svého času panující ve vodách jezera a pomáhají také lépe pochopit vše, co o těchto podmínkách vypovídají jiné skupiny fosilizovaných organismů či sedimentární záznam. Takovéto propojení různých druhů dat je v paleolimnologii (a v paleontologii obecně) zásadní, neboť fosilní záznam samotný většinou nepodává úplný a nezkrácený obrázek skutečnosti. Je tedy vždy nezbytné předem počítat se všemi procesy, které mohly mít na kvalitu fosilního záznamu vliv a z nezávislého zdroje získané informace ověřovat.

Aby bylo možné rozsivky pro paleoekologické rekonstrukce využít, je potřeba znát nároky jednotlivých druhů obsažených ve fosilním záznamu na parametry jejich životního prostředí. Charakter prostředí, ve kterém tyto druhy kdysi žily, ale neznáme a tak je nároky možné odhadnout jen podle podmínek, ve kterých zkoumané druhy žijí dnes. Na základě druhových složení a abundancí recentních rozsivkových společenstev jsou tedy vytvářeny modely reakce srovnatelných fosilních společenstev na změny podmínek jejich životních prostředí. Právě tohoto postupu bylo mimo jiné využito při výzkumu bývalých jezer a slepých ramen řeky Moravy ve Strážnickém Pomoraví na jižní Moravě.

4. PRAKTICKÁ ČÁST

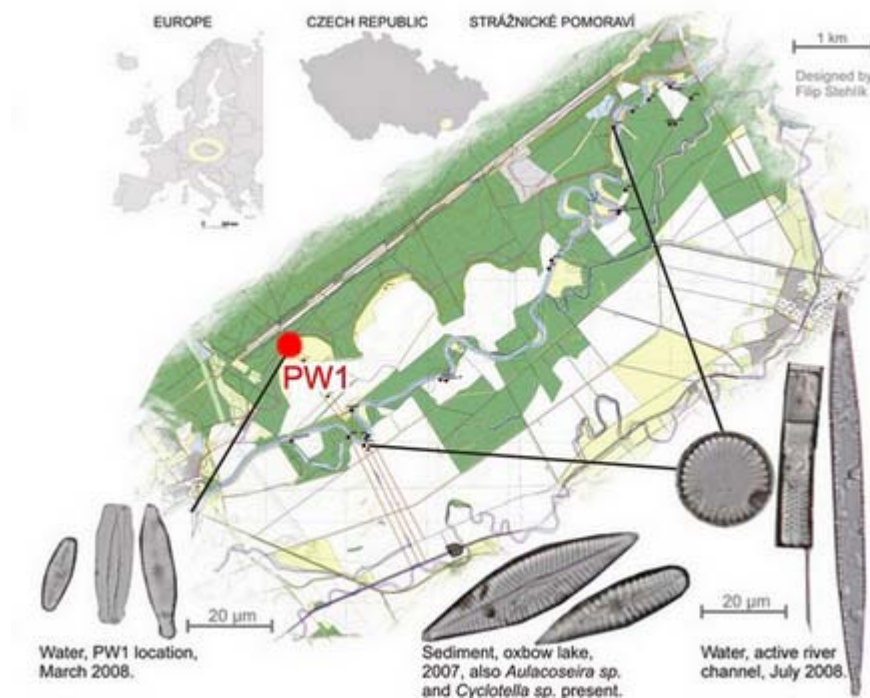
4.1. Úvod

V České republice existuje jen velmi málo prací, které by se zabývaly výzkumem rozsivkových společenstev z jezerních archivů (Břízová et al. 2001 & 2002; Řeháková, 1983), přitom je u nás ale zaniklých jezer velké množství, především na jižní Moravě (Břízová, 2002).

Ve svojí bakalářské práci jsem měla k dispozici vzorky rozsivek ze sedimentů jednoho z nich, které mi poskytl Ústav anorganické chemie AV ČR v Řeži. Zmíněné jezero bylo objeveno v roce 2008 a je nadále zkoumáno v rámci projektu Morava ve Strážnickém Pomoraví (Kadlec et al., 2009), za účelem určení změn klimatu, intenzity eroze a vlivu člověka na formování krajiny zaznamenaném v této oblasti právě jezerními sedimenty (projekt Morava, 2010).

Kromě analýzy rozsivek z několika vzorků byla provedena také pylová (palynologická) analýza, byly využity i mnohé metody sedimentologické, mineralogické a geochemické. V rámci svojí bakalářské práce jsem se snažila porovnat dva vzorky sedimentů odebrané z vrtu PW1 (obr. 8) s výsledky rozsivkové a pylové analýzy projektu Morava a několika dalších podobných studií a pokusila jsem se odhadnout podmínky, které by přítomná společenstva rozsivek mohla zobrazovat. Pro určení skutečného charakteru podmínek stanoviště by však bylo zapotřebí fosilní záznam rozsivek porovnat také s dalšími daty (sedimentologickými a jinými), která jsem ale neměla k dispozici.

Zkoumaný vrt PW1 dosahuje celkové mocnosti 3,7 metru (mnou porovnávané vzorky pochází z hloubky sedimentu 335 a 301 cm). Střídají se v něm hrubší, písčité a štěrkovité uloženiny s jemnějšími jílovitými, organickou hmotou bohatými, sedimenty. Tento sled odráží výkyvy teplot, vlhkosti a následné změny v produktivitě jezerního a říčního ekosystému od konce poslední doby ledové až do současnosti (Bláhová et al., 2008).



Obr. 8: Vzorky k praktické části práce pochází z vrtu PW1 ve Strážnickém Pomoraví (Bláhová et al., 2008).

4.2. Metodika

4.2.1. Laboratorní příprava

Materiál pro přípravu rozsivkových preparátů musel být nejprve podroben loužení, aby se odstranily ty jeho složky, které by mohly bránit mikroskopování. Při loužení se vzorek postupně vystavuje působení různých chemických sloučenin, ve kterých se tyto složky rozpouštějí. Nakonec zůstanou jen schránky rozsivek a další částice, které loužení odolaly.

Do každé ze zkumavek bylo naváženo 0,01 g suchého vzorku, přičemž ke každé z vzorkovaných hloubek profilu byly přiřazeny dvě zkumavky. Do každé zkumavky bylo přidáno 5-10 ml 30% peroxidu vodíku (H_2O_2), aby se rozpustila organická hmota.

Pro urychlení reakce byly zkumavky zahřívány ve vodní lázni při teplotě $80^\circ C$.

Pro odstranění karbonátů (hlavně $CaCO_3$) bylo přidáno několik kapek 50% kyseliny chlorovodíkové (HCl), kapalina nad sedimentem byla poté odpipetována. Toto promytí bylo provedeno několikrát.

Poslední částí loužení bylo přidání roztoku amoniaku (NH₃). Tato látka je schopná udržet ve vznosu jílové minerály, které by se jinak nalepily na frustuly rozsivek a držely by je pohromadě. Pro lepší oddělení jílových minerálů a usazení schránek rozsivek na dně zkumavky byla použita centrifugace.

Poté byly vzorky umístěny do lednice a postupně připravovány pro pozorování ve světelném mikroskopu. Nejprve byl odstraněn (odpipetován) amoniak, zkumavky byly doplněny destilovanou vodou (do 10 mililitrů) a bylo přidáno 45 mililitrů divylnylbenzenových kuliček. Kuličky se do vzorku přidávají kvůli pozdějšímu porovnávání koncentrací rozsivek mezi různými vzorky.

Následně byly zkumavky dostatečně protřepány. Výsledná suspenze byla nakapána na krycí sklíčka, zředěna destilovanou vodou (tím se podle potřeby upraví hustota rozsivek v preparátu) a vysušena při teplotě 70 °C. Nakonec byly preparáty zafixovány pryskyřicí (nafrax), která pomáhá při pozorování (zvýšením lomu světla).

4.2.2. Zpracování a vyhodnocování vzorků

Preparáty jsem pozorovala při tisícinásobném zvětšení ve světelném mikroskopu Olympus BX51 s připojeným fotoaparátem. Pro zvýšení lomu procházejícího světla jsem použila Nomarského kontrast.

Srovnávala jsem dva vzorky, první z hloubky vrtu 301 cm (PW1 301) a druhý z hloubky vrtu 335 cm (PW1 335). Stáří vzorků bylo, v rámci projektu Morava, stanovováno radiokarbonovou metodou a pomocí pylové analýzy, výsledky obou přístupů se ale výrazně liší. Radiokarbonová metoda určila stáří zkoumaných sedimentů přibližně na 7210 BP (spodní část boreálu), kdy se klima po skončené době ledové výrazně otepluje a zvlhčuje a ve vegetaci již převažují smíšené doubravy (Ložek, 2007). Naopak pylová analýza posunuje stáří vzorků až k hranici alleród/starší dryas (10 000 BP), kdy se v době končícího glaciálu teprve začínají šířit pionýrské dřeviny, jako borovice a bříza (Ložek, 2007).

U obou vzorků jsem nejprve určila druhové složení (determinační příručky Krammer & Lange-Bertalot, 1986-1991 a Krammer & Lange-Bertalot, 2000-2003; Diatom collection, 2010) a poté i abundance jednotlivých druhů.

Abundance jsem stanovovala semi-kvantitativně, a to tak, že jsem druhy rozsivek rozdělila do pěti kategorií podle frekvence, s jakou byly ve vzorku zastoupeny. Kategorie uvádím v tab. 1.

5	Dominující
4	Velmi hojný
3	Hojný
2	Vzácný – do 10 buněk
1	Velmi vzácný – jen 1 buňka

Tab. 1: Abundanční kategorie.

Data jsem zpracovávala v programu Microsoft Excel s použitím indikačních hodnot podle H. Van Dama (Van Dam et al., 1994). Indikační hodnoty vyjadřují šířku ekologické valence a pozici optima druhu vůči určitému parametru.

4.3. Výsledky a diskuze

Ve vzorku z hloubky 335 cm (PW1 335) jsem identifikovala 16 druhů ve 12 rodech (viz. tab. 2, některé druhy též na obr. 9 a obr. 11-14 v příloze). Zdaleka nejpočetnějším druhem byla malá, planktonní rozsivka *Staurosira construens* (obr. 9), která obvykle žije v mesotrofních až mírně eutrofních, chladných vodách. Ostatní druhy jsou, s výjimkou rodu *Aulacoseira*, větší, bentické a indikují, stejně jako dominující *Staurosira construens*, meso- až eutrofní podmínky s nízkou úrovní saprobity (beta-mesosaprobity), mírně zvýšenou salinitou a $\text{pH} > 7$ (Van Dam et al., 1994). Abundance druhů jsou v tomto vzorku nízké – celá polovina druhů je zastoupena pouze jedinou buňkou. Ve vzorku z hloubky 301 cm (PW1 301) jsem objevila 29 druhů ve 23 rodech (viz. tab. 3 a některé druhy na obr. 15-18 v příloze). Z tohoto počtu se 8 druhů se vyskytuje i ve vzorku prvním (tj. 50 % z PW1 335 a 27,5 % z PW1 301). V tomto vzorku již žádný z druhů sám o sobě výrazně nepřevažuje, vysokých četností ale dosahují především druhy *Planothidium lanceolatum* (obr. 17), *Fragilaria capucina* a *Staurosira construens*.

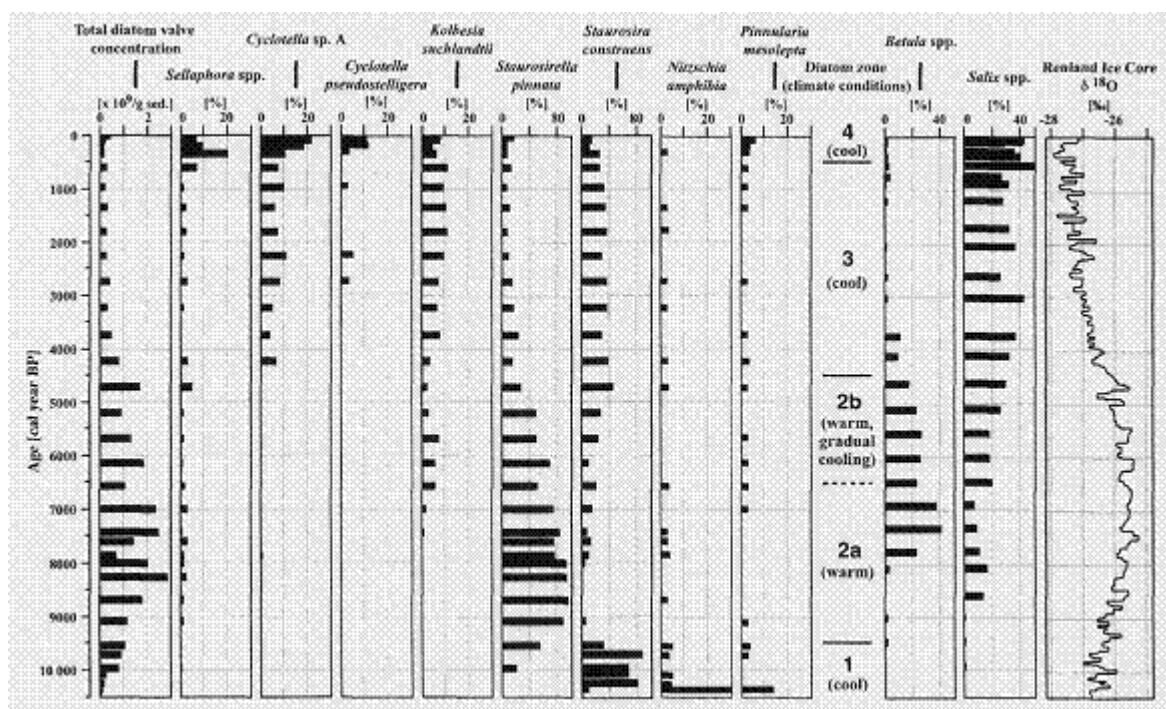


Obr. 9: PW1 335, *Staurosira construens*.

Oproti prvnímu vzorku se výrazně zvýšil počet druhů a také jejich abundance. *Staurosira construens* má již nižší četnost, stejně tak i zprvu velmi početná *Epithemia cf. adnata*. Naopak mírně vzrostl počet buněk druhu *Staurosirella pinnata* (obr. 11).

Druhy jsou opět většinou bentické (s výjimkou druhů *Staurosira construens*, *Discotella pseudostelligera* a *Fragilaria capucina*), s velkými frustulami a indikují podobný chemismus vody jako druhy nalezené v předchozím vzorku. V celkovém počtu buněk ale převládají rozsivky planktonní.

Vzorky PW1 335 a PW1 301 se tedy liší především počtem druhů a tím, které druhy ve společenstvech dominují. Mezi zkoumanými hloubkami 301 a 335 cm se, podle projektu Morava (Bláhová et al., 2008), postupně zvyšuje podíl druhu *Stausosirella pinnata* a současně klesá zastoupení druhu *Stausosira construens*. Přibližně kolem hloubky vrtu 320 cm již *Stausosirella pinnata* převládá a celkové množství rozsivek ve fosilním záznamu dosahuje svého maxima. Naopak výskyt druhu *Stausosira construens* je minimální. Podobná změna v četnosti byla zjištěna například i v sedimentech jezera Basaltsø ve východním Grónsku (Cremer et al., 2001) (viz. obr. 10). Podle studie stojí za nárůstem druhu *Stausosirella pinnata* zvýšení teploty vody a produktivity jezera, kdežto *Stausosira construens* se dokáže velmi dobře přizpůsobit krátké vegetační sezóně a životu v chladném, oligo- až mírně eutrofním, málo produktivním prostředí (představuje jedno z ranných stádií sukcese).



Obr. 10: Mění se fosilní společenstva rozsivek v sedimentech grónského jezera Basaltsø. Na svislé ose je vyobrazeno stáří, na vodorovné zastoupení jednotlivých druhů rozsivek a také pylů dvou dřevin - břízy (*Betula*) a vrby (*Salix*), v procentech. Sloupec nejvíce napravo vyjadřuje teplotu získanou změřením hladiny izotopu kyslíku ^{18}O z ledovcového vrtu (Cremer et al., 2001).

Výrazné zastoupení rodů *Stausosira*, *Stausosirella* a *Fragilaria* vykazují také mnohá jezera alpská (Schmidt et al., 2004). Životní prostředí rozsivek v těchto horských ekosystémech je charakterizováno krátkou vegetační sezónou, nízkými teplotami, sníženým množstvím živin a výraznými fluktuacemi v chemismu vody, které jsou způsobené jarním táním.

Kromě rozsivkové analýzy byla na jižní Moravě provedena též analýza palynologická (Bláhová et al., 2008). Byl zjištěn pyl různých druhů vodních rostlin (zevar, rdest) a prokázal se také výskyt pionýrských společenstev dřevin (vrba, borovice, bříza), která se rychle šířila na úkor stále ještě otevřené, stepní krajiny konce poslední doby ledové (H. Svitavská-Svobodová, nepublikované výsledky).

4.4. Shrnutí

V praktické části svojí bakalářské práce jsem měla možnost zpracovat a porovnat dva vzorky odebrané z pozdně glaciálního/ranně holocénního jezera na jižní Moravě, které je nadále studováno v projektu Morava ve Strážnickém Pomoraví. Zkoumané vzorky rozsivek se liší především druhovým bohatstvím a počtem druhů, které oběma společenstvům dominují. Výrazné je zastoupení buněk planktonních druhů rozsivek, především druhu *Staurosira construens*. Tato rozsivka představuje jedno z ranných stádií sukcese rozsivkových společenstev ledovcových jezer. Žije převážně v málo znečištěných, chladných, meso- až eutrofních vodách s mírně zvýšenou salinitou a $\text{pH} > 7$. Ostatní nalezené druhy indikují obdobné ekologické podmínky.

LITERATURA

1. Alverson, Andrew J., Jansen, Robert K., Theriot, Edward C., březen 2007, „Bridging the Rubicon: Phylogenetic analysis reveals repeated colonizations of marine and fresh waters by thalassiosiroid diatoms“, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 45: 193-210
2. Barker, Philip, Fontes, Jean-Charles, Gasse, Françoise, Druart Jean-Claude, leden 1994, „Experimental Dissolution of Diatom Silica in Concentrated Salt Solutions and Implications for Paleoenvironmental Reconstruction“, *Limnology and Oceanography*, 39 (1): 99-110
3. Bláhová, A., Grygar, T., Kadlec, J., Svitavská-Svobodová, H., Veselá, J., 2008, „Contribution of diatom analysis to reconstruction of floodplain development of the Morava river (Czech Republic)“, *20th International Diatom Symposium (IDS)*, Dubrovnik, Croatia, poster.
4. Birks, H.J.B., srpen 1998, „Numerical tools in palaeolimnology – Progress, potentialities and problems“, *Journal of Paleolimnology*, 20: 307-332
5. Bradbury, J. Platt, 1999, „Continental diatoms as indicators of long-term environmental change“ in *The Diatoms: Application for the Environmental and Earth Sciences*, Cambridge, Velká Británie, Cambridge University Press (2. vyd: 2000; Eds: Stoermer, Eugene F., Smol, John P.), 389-401
6. Břízová, Eva, 2002, „Paleoekologický výzkum bývalých jihomoravských jezer“ in *Geomorfologický sborník 1*, Brno (Eds: Kirchner, K., Roštínský P.), 29-34
7. Břízová, Eva, Havlíček, Pavel, Vachek, Michal, 2002, „Přírodní památka Čejčské jezero – palynologický, paleoalgologický a geologický průzkum“, *Zprávy o geologický výzkumech v roce 2002*, 61-65
8. Břízová, Eva, Havlíček, Pavel, Vachek, Michal, 2001, „Předběžné mikropaleobotanické vyhodnocení vzorků ze sedimentů Čejčského jezera“, *Zprávy o geologický výzkumech v roce 2001*, Praha, 122-124
9. Cohen, Andrew S., 2003, *Paleolimnology: The History and Evolution of Lake Systems*, New York City, New York, USA, Oxford University Press

10. Cremer, Holger, Melles, Martin, Wagner, Berndt, červen 2001, „Holocene climate changes reflected in a diatom succession from Basaltsø. East Greenland“, *Canadian Journal of Botany*, 79 (6): 649-656
11. Česká geologická služba [2010]: <http://www.geology.cz/extranet>
12. Daugbjerg, N., Guillou, L., březem 2001, „Phylogenetic analyses of Bolidophyceae (Heterokontophyta) using rbcL gene sequences support their sister group relationship to diatoms“, *Phycologia*, 40 (2): 153-161
13. Denys, Luc, červen 2004, „Relation of abundance-weighted averages of diatom indicator values to measured environmental condition in standing freshwaters“, *Ecological Indicators*, 4: 255-275
14. Diatom collection [2010]:
<http://research.calacademy.org/redirect?url=http://researcharchive.calacademy.org/research/Diatoms/names/index.asp>
15. Filippelli, Gabriel M., duben 2008, „The Global Phosphorus Cycle: Past, Present and Future“, *Elements*, 4: 89-95
16. Finkel, Zoe V., Katz, Miriam E., Wright, James D., Schofield, Oscar M.E., Falkowski, Paul G., červen 2005, „Climatically driven macroevolutionary patterns in the size of marine diatoms over the Cenozoic“, *PNAS*, 102(25), 8927–8932
17. Fritz, Sherilyn C., Cumming, Brian F., Gasse, Françoise, Laird, Kathleen R., „Diatoms as indicators of hydrologic and climatic change in saline lakes“ in *The Diatoms: Application for the Environmental and Earth Sciences*, Cambridge, Velká Británie, Cambridge University Press (2. vyd: 2000; Eds: Stoermer, Eugene F., Smol, John P.), 41-72
18. Gordon, Richard, Losic, Dusan, Tiffany, Mary Ann, Nagy, Stephen S., Sterrenburg, Frithjof A. S., „The Glass Menagerie: diatoms for novel applications in nanotechnology“, únor 2009, *Trends in Biotechnology*, 27 (2): 116-127
19. Harwood, David M., 1999, „Diatomite“ in *The Diatoms: Application for the Environmental and Earth Sciences*, Cambridge, Velká Británie, Cambridge University Press (2. vyd: 2000; Eds: Stoermer, Eugene F., Smol, John P.), 436-443
20. Heinsalu, Atko, Luup, Helen, Alliksaar, Tiiu, Nõges, Peeter, Nõges, Tiina, 2008, „Water level changes in a large shallow lake as reflected by the plankton: periphyton-ratio of sedimentary diatoms“, *Hydrobiologia*, 599: 23-30
21. Heinsalu, Atko, Alliksaar, Tiiu, 2009, „Palaeolimnological assessment of the reference conditions and ecological status of lakes in Estonia - implications for the European

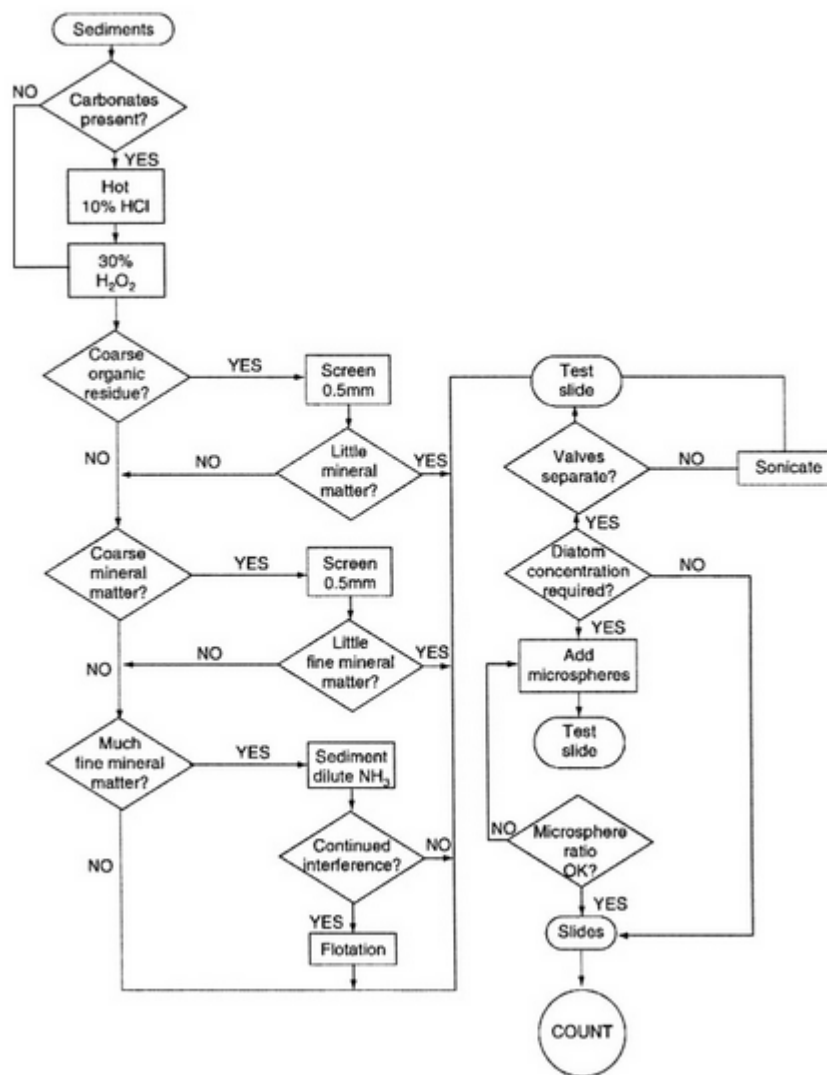
- Union Water Framework Directive“, *Estonian Journal of Earth Sciences*, 58 (4): 334-341
22. Hindák, František, 1978, *Sladkovodné riasy*, Bratislava, Slovenské pedagogické nakladateľstvo
 23. Hoek, C. Van, Mann, David G., Jahns, H. M., 1995, *Algae. An introduction to phycology*, Cambridge, Veľká Británie, Cambridge University Press
 24. The International Commission on Stratigraphy [2009]: [http:// www.stratigraphy.org](http://www.stratigraphy.org)
 25. Juggins, Steven, Cameron, Nigel, 1999, „Diatoms and archeology“ in *The Diatoms: Application for the Environmental and Earth Sciences*, Cambridge, Veľká Británie, Cambridge University Press (2. vyd: 2000; Eds: Stoermer, Eugene F., Smol, John P.), 389-401
 26. Kachlík, Václav, Chlupáč, Ivo, 2005, *Základy geologie, Historická geologie*, Praha, ČR, nakladatelství Karolinum
 27. Kadlec, J., Grygar, T., Světlík, I., Ettlér, V., Mihaljevič, M., Diehl, J. F., Beske-Diehl, S., Svitavská-Svobodová, H., 2009, „Morava River floodplain development during the last millenium, Strážnické Pomoraví, Czech Republic“, *The Holocene*, 19 (3): 499-509
 28. Kelly, M.G., Whitton, B.A., 1995, „The Trophic Diatom Index: a new index for monitoring eutrophication in rivers“, *Journal of Applied Phycology*, 7: 433-444
 29. Kelly, Martyn, Juggins, Steve, Guthrie, Robin, Pritchard, Sarah, Jamieson, Jane, Rippey, Brian, Hirst, Heike, Yallop, Marian, únor 2008, „Assessment of ecological status in UK rivers using diatoms“, *Freshwater Biology*, 53 (2): 403-422
 30. Kooistra, Wiebe H.C.F., Medlin, Linda K., prosinec 1996, „Evolution of the Diatoms (Bacillariophyta) – A Reconstruction of Their Age from Small Subunit rRNA Coding Regions and the Fossil Record“, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 6 (3): 391-407
 31. Korhola, Atte, Weckström, Jan, 2000, „A Quantitative Holocene Climatic Record from Diatoms in Northern Fennoscandia“, *Quaternary Research*, 54: 284-294
 32. Krammer, K., Lange-Bertalot, H., 1986, *Süßwasserflora von Mitteleuropa: Bacillariophyceae. I. Teil. Naviculaceae*, Německo, VEB Gustav Fischer Verlag
 33. Krammer, K., Lange-Bertalot, H., 1988, *Süßwasserflora von Mitteleuropa: Bacillariophyceae. 2. Teil. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*, Německo, VEB Gustav Fischer Verlag

34. Krammer, K., Lange-Bertalot, H., 1991, *Süßwasserflora von Mitteleuropa: Bacillariophyceae. 3. Teil. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*, Německo, VEB Gustav Fischer Verlag
35. Krammer, K., Lange-Bertalot, H., 1991, *Süßwasserflora von Mitteleuropa: Bacillariophyceae. 4. Teil. Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema*, Německo, VEB Gustav Fischer Verlag
36. Krammer, K., Lange-Bertalot, H., 2000, *Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Volume 1: The genus Pinnularia*, A.R.G. Gantner Verlag K.G.
37. Krammer, K., Lange-Bertalot, H., 2001, *Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Volume 2: Navicula sensu stricto, 10 Genera Separated from Navicula sensu lato, Frustrulia*, A.R.G. Gantner Verlag K.G.
38. Krammer, K., Lange-Bertalot, H., 2002, *Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Volume 3: Cymbella*, A.R.G. Gantner Verlag K.G.
39. Krammer, K., Lange-Bertalot, H., 2003, *Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Volume 4: Cymbopleura, Delicata, Navicymbula, Gomphocymbellopsis, Afrocybella*, A.R.G. Gantner Verlag K.G.
40. Kubíček, František, Lellák, Jan, 1991, *Hydrobiologie*, Praha, nakladatelství Karolinum
41. Kvaček, Z., Fatka, O., Fejfar, O., Holcová, K., Košťák, M., Kraft, P., Marek, J., Pek, Ilja, 2000, *Základy systematické paleontologie I.: paleobotanika, paleozoologie bezobratlých*, Praha, ČR, Karolinum
42. Lavoie, Isabelle, Hamilton, Paul B., Wang, Yi-Kuang, Dillon, Peter J., Campeau, Stéphane, únor 2009, „A comparison of stream bioassessment in Québec (Canada) using six European and North American diatom-based indices“ “ in *Nova Hedwigia – Diatom Taxonomy, Ultrastructure and Ecology: Modern Methods and Timeless Questions*, Stuttgart, Německo, Gebrüder Bornträger Verlagsbuchhandlung, Eds: Kociolek, J.P., Theriot, E.C., Stevenson, R.J., 135: 37-56
43. Libby, W.F., Anderson, E.C., Arnold, J.R., 1949, „Age determination by radiocarbon content, *Science*, 109: 227-228
44. Ložek, Vojen, 2007, *Zrcadlo do minulosti. Česká a slovenská krajina v kvartéru*, Praha, nakladatelství Dokořán
45. Mann, David G., listopad 1999, „The Species Concept in Diatoms“, *Phycologia*, 38 (6): 437-495

46. McCune, Bruce, Grace, James B., Urban, Dean L., 2002, *Analysis of Ecological Communities*, Glenden Beach, Oregon, USA, MjM Software Design
47. Peabody, Anthony J., 1999, „Forensic science and diatoms“ in *The Diatoms: Application for the Environmental and Earth Sciences*, Cambridge, Velká Británie, Cambridge University Press (2. vyd: 2000; Eds: Stoermer, Eugene F., Smol, John P.), 413-418
48. Pienitz et al., 1999, Paleolimnological reconstruction of Holocene climatic trends from two boreal treeline lakes, Northwest Territories, Arct. Alp. Res.
49. Pokorný, Vladimír, Krhovský, Jan, Špinar, Zdeněk V., Pacltová, Blanka, Houša, Václav, Marek, Jaroslav, 1992, *Všeobecná paleontologie*, Praha ČR, Karolinum
50. Pouličková, Aloisie, Duchoslav, Martin, Dokulil, Martin, 2004, „Littoral diatom assemblages as bioindicators of lake trophic status: A case study from perialpine lakes in Austria“, *European Journal of Phycology*, 39: 143-152
51. Projekt Morava [2010]: http://www.iic.cas.cz/~grygar/M_projekt.htm
52. Reavie, Euan D., Axler, Richard P., Kireta, Amy R., Kingston, John C., Sgro, Gerald V., Danz, Nicholas P., Brown, Terry N., Hollenhorst, Thomas P., Ferguson, Michael J., 2006, „Diatom-based Weighted-averaging Transfer functions for Great Lakes Coastal Water Quality: Relationships to Watershed Characteristic“, *Journal of Great Lakes Research*, 32: 321-347
53. Reavie, Euan D., Kireta, Amy R., Kingston, John C., Sgro, Gerald V., Danz, Nicholas P., Axler, Richard P., Hollenhorst, Thomas P., 2008, „Comparison of simple and multimetric diatom-based indices for Great Lakes coastline disturbance“, *Journal of Phycology*, 44: 787-802
54. Reeves, Corwin C., 1968, *Developments in sedimentology – introduction to paleolimnology*, Amsterdam, Nizozemsko, Elsevier publishing company
55. Riisberg, Ingvild, Orr, Russell J. S., Kluge, Ragnhild, Shalchian-Tabrizi, Kamran, Bowers, Holly A., Patil, Vishwanath, Edvardsen, Bente, Jakobsen, Kjetill S., květen 2009, „Seven Gene Phylogeny of Heterokonts“, *Protist*, 160 (2): 191-204
56. Rosén, Peter, Segerström, Ulf, Eriksson, Lars, Renberg, Ingemar, Birks, Harry John Betteley, 2001, „Holocene climatic change reconstructed from diatoms, chironomids, pollen and near-infrared spectroscopy at an alpine lake (Sjuodjijaure) in northern Sweden“, *The Holocene*, 11: 551-562
57. Round, F.E., Crawford, R.M., březem 1981, „The lines of evolution of the Bacillariophyta. I. Origin.“, *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 211: 237-260

58. Round, F.E., Crawford, R.M., Mann, David G., 1990, *The Diatoms – Biology and Morphology of the Genera*, Cambridge, Velká Británie, vydáno Cambridge University Press (vytištěno The Bath Press, Bath, Velká Británie)
59. Řeháková, Zdeňka, 1983, „Diatom succession in the post-glacial sediments of the Komořany Lake, North-West Bohemia, Czechoslovakia“, *Hydrobiologia*, 103: 241-245
60. Schmidt, Roland, Kamenik, Christian, Lange-Bertalot, Horst, Klee, Rolf, 2004, „*Fragilaria* and *Stauriosira* (Bacillariophyceae) from sediment surfaces of 40 lakes in the Austrian Alps in the relation to environmental variables and their potential for paleoclimatology“, *Journal of Limnology*, 63 (2): 171-189
61. Sládeček, V., 1986, „Diatoms as indicators of organic pollution“, *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 14: 555-566
62. Smol, John P., Birks, Harry John Betteley, Last, William M., 2002, *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments – Terrestrial, Algal and Siliceous Indicators*, Dordrecht, Nizozemsko, Kluwer Academic Publishers (2. vyd.: 2003)
63. Sorhannus, Ulf, 2007, „A nuclear-encoded small-subunit RNA timescale for diatom evolution“, *Marine Micropaleontology*, 65: 1-12
64. Svitavská-Svobodová, Hana, *PWI Rohatec. Vyhodnocení palynologického profilu*, nepublikované výsledky, 2010
65. Tison, J., Giraudel, J. L., Coste, M., květen 2008, „Evaluating the ecological status of rivers using an index of ecological distance: An application to diatom communities“, *Ecological Indicators*, 8 (3): 285-291
66. Van Dam, Herman, Mertens, Adrienne, Sinkeldam, Jos, 1994, „A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands“, *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 28(1): 117-133
67. Ward, Bess B., Capone, Douglas G., Zehr, Jonathan P., červen 2007, „What’s New in the Nitrogen Cycle ?“, *Oceanography*, 20 (2)
68. Wetzel, Robert G., 2001, *Limnology: Lake and River Ecosystems*, USA, Academic Press, (3.vydání)
69. Winder, M., Reuter, John E., Schladow, S. Geoffrey, září 2008, „Lake warming favours small-sized planktonic diatom species“, *The Royal Society*, 427-435
70. Wolin, Julie A., Duthie, Hamish C., 1999, „Diatoms as indicators of water level change in freshwater lakes“, in *The Diatoms: Application for the Environmental and Earth*

PŘÍLOHA



Obr. 6: V průběhu přípravy vzorku pro mikroskopování se postupně odstraňují jednotlivé složky sedimentu. (Smol et al., 2003).

PW1 335	Kategorie abundance	Společensvo, prostředí (Round et al., 1990)	Trofie (Van Dam)	Saprobity (Van Dam)	pH (Van Dam)	Salinita (Van Dam)
<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg	5	plankton	meso-eutrapphentic	b-mesosaprobous	alkaliphilous	fresh brackish
<i>Epithemia cf. adnata</i>	4	-	-	-	-	-
<i>Cymbella cymbiformis</i> Agardh	3	bentos	oligo-mesotrapphentic	oligosaprobous	circumneutral	fresh brackish
<i>Rhopalodia gibba</i> Ehrenberg	3	bentos	eutrapphentic	b-mesosaprobous	alkalibiontic	fresh brackish
<i>Staurosirella pinnata</i> Ehrenberg	3	bentos	indifferent	b-mesosaprobous	alkaliphilous	fresh brackish
<i>Aulacoseira sp. Thwaites</i>	2	-	-	-	-	-
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	2	bentos	eutrapphentic	b-mesosaprobous	alkaliphilous	fresh brackish
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	2	bentos	meso-eutrapphentic	b-mesosaprobous	alkaliphilous	fresh brackish
<i>Amphora libyca</i> Ehrenberg	1	bentos	eutrapphentic	b-mesosaprobous	alkaliphilous	fresh brackish
<i>Cymbella helvetica</i> Kützing	1	bentos	mesotrapphentic	oligosaprobous	alkaliphilous	fresh brackish
<i>Cymbopleura lata</i> Grunow	1	bentos	unknown	unknown	unknown	fresh brackish
<i>Epithemia turgida</i> Ehrenberg	1	bentos	meso-eutrapphentic	b-mesosaprobous	alkalibiontic	fresh brackish
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg	1	bentos	meso-eutrapphentic	b-mesosaprobous	alkaliphilous	fresh brackish
<i>Gomphonema clavatum</i> Ehrenberg	1	bentos	meso-eutrapphentic	oligosaprobous	neutrophile	fresh
<i>Placoneis gastrum</i> Ehrenberg	1	bentos	eutrapphentic	a-mesosaprobous	alkaliphilous	fresh brackish
<i>Pseudostaurosira brevisstriata</i> Grunow	1	bentos	indifferent	oligosaprobous	alkaliphilous	fresh brackish

Tab. 2: Vzorek z hloubky vrtu 335 cm.

PW1 301	Kategorie abundance	Společenstvo, prostředí (Round et al., 1990)	Trofie (Van Dam)	Saprobita (Van Dam)	pH (Van Dam)	Salinita (Van Dam)
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	4	plankton/bentos	mesotraphentic	b-mesosaprobous	neutrophile	fresh brackish
<i>Planolithium lanceolatum</i> Brébisson	4	bentos	eutraphentic	a-mesosaprobous	alkaliphilous	fresh brackish
<i>Stausosira construens</i> Ehrenberg	4	plankton	meso-eutraphentic	b-mesosaprobous	alkaliphilous	fresh brackish
<i>Cymbella cymbiformis</i> Agardh	3	bentos	oligo-mesotraphentic	oligosaprobous	circumneutral	fresh brackish
<i>Epithemia cf. adnata</i>	3	-	-	-	-	-
<i>Epithemia sores</i> Kützing	3	bentos	eutraphentic	b-mesosaprobous	alkalibiontic	fresh brackish
<i>Geissleria schoenfeldii</i> Hustedt	3	bentos	mesotraphentic	oligosaprobous	alkaliphilous	fresh brackish
<i>Navicula cf. vulpina</i>	3	-	-	-	-	-
<i>Pinnularia viridiformis</i> Krammer	3	bentos	-	-	-	-
<i>Placoneis laterostrata</i> Hustedt	3	bentos	unknown	oligosaprobous	alkaliphilous	fresh brackish
<i>Rhopalodia gibba</i> Ehrenberg	3	bentos	eutraphentic	b-mesosaprobous	alkalibiontic	fresh brackish
<i>Stausosirella pinnata</i> Ehrenberg	3	bentos	indifferent	b-mesosaprobous	alkaliphilous	fresh brackish
<i>Achnanthes exigua</i> Grunow	2	bentos	indifferent	b-mesosaprobous	alkaliphilous	fresh brackish
<i>Amphora cf. ovalis</i>	2	-	-	-	-	-
<i>Amphora libyca</i> Ehrenberg	2	bentos	eutraphentic	b-mesosaprobous	alkaliphilous	fresh brackish
<i>Aneumastus tusculus</i> Ehrenberg	2	bentos	-	-	-	-
<i>Cymbopleura cf. subcuspidata</i>	2	-	-	-	-	-
<i>Discotella pseudostelligera</i> Hustedt	2	plankton	eutraphentic	a-mesosaprobous	neutrophile	fresh brackish
<i>Encyonema</i> sp. Kützing	2	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	2	bentos	meso-eutraphentic	b-mesosaprobous	alkaliphilous	fresh brackish
<i>Gyrosigma acuminatum</i> Kützing	2	bentos	eutraphentic	b-mesosaprobous	alkalibiontic	fresh brackish
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	2	bentos	meso-eutraphentic	b-mesosaprobous	neutrophile	fresh brackish
<i>Navicula vulpina</i> Kützing	2	bentos	meso-eutraphentic	oligosaprobous	alkaliphilous	fresh brackish
<i>Neidium iridis</i> Ehrenberg	2	bentos	mesotraphentic	b-mesosaprobous	neutrophile	fresh brackish
<i>Neidium</i> sp. Pfitzer	2	-	-	-	-	-
<i>Sellaphora pupula</i> Kützing	2	bentos	meso-eutraphentic	a-mesosaprobous	neutrophile	fresh brackish
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> Nitzsch	2	bentos	meso-eutraphentic	b-mesosaprobous	neutrophile	fresh brackish
<i>Tabellaria fenestrata</i> Lyngbye	2	plankton/bentos	oligo-mesotraphentic	b-mesosaprobous	neutrophile	fresh
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	1	bentos	eutraphentic	b-mesosaprobous	alkaliphilous	fresh brackish

Tab. 3: Vzorek z hloubky vrtu 301 cm.



Obr. 11: PW1 335, *Staurosirella pinnata*.



Obr. 12: PW1 335, *Gomphonema truncatum*.



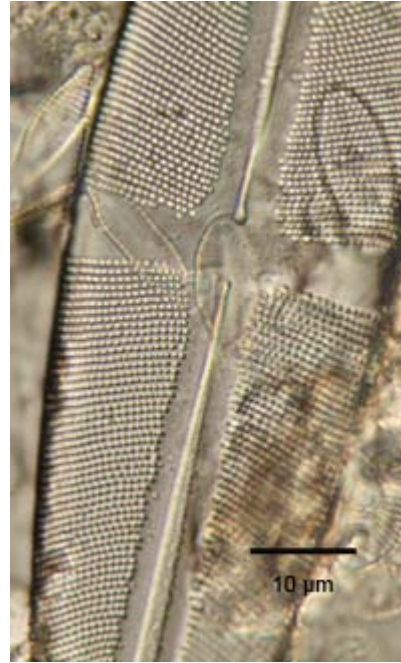
Obr. 13: PW1 335, *Rhopalodia gibba*.



Obr. 14: PW1 335, *Epithemia turgida*.



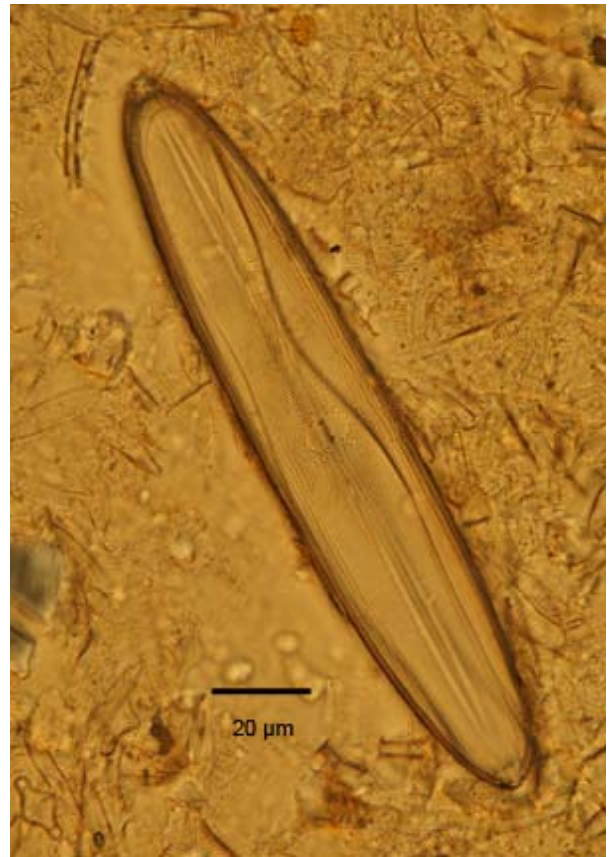
Obr. 17: PW1 301, A - *Amphora libyca*; B - *Cymbella* sp.; C - *Placoneis laterostrata*; D - *Planothidium lanceolatum*.



Obr. 16: PW 301, *Stauroneis phoenicenteron*.



Obr. 15: PW1 301, *Amphora* cf. *ovalis*.



Obr. 18: PW1 301, *Neidum iridis*.