Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze

Katedra botaniky

obor: Algologie a ekologie řas

Diplomová práce

Ekologie a rozšíření sinic a řas malých vodních toků v NP České Švýcarsko

Jana Veselá

Praha 2007

školitel:

RNDr. Jiří Neustupa, PhD.

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně, s použitím citované literatury.

Jana Veselá

Obsah

1 PŘEDMLUVA 4

2 ÚVOD 5

2.1 PROMĚNNÉ PROSTŘEDÍ TEKOUCÍCH VOD 5

2.1.1 Abiotické parametry 5

2.1.2 Biotické proměnné prostředí 8

2.2 BENTICKÁ SPOLEČENSTVA SINIC A ŘAS 8

2.2.1 Prostorová heterogenita 9

2.2.2 Časová variabilita 10

3 CHARAKTERISTIKA SLEDOVANÝCH LOKALIT 11

3.1 CELKOVÉ FYZICKOGEOGRAFICKÉ A PŘÍRODNÍ POMĚRY 11

3.2 POPIS JEDNOTLIVÝCH ODBĚROVÝCH MÍST 12

3.2.1 Studený potok 13

3.2.2 Dolnožlebský potok 13

3.2.3 Suchá Bělá 14

3.2.4 Písečná rokle 14

3.2.5 Kachní potok 15

3.2.6 Ponova louka 15

3.2.7 Hluboký důl 16

3.2.8 Mlýnská rokle 16

3.2.9 Červený potok 17

3.2.10 Studený potok (Studenec) 17

3.2.11 Doubický potok 18

3.2.12 Bílý potok 19

3.2.13 Brtnický potok 19

3.2.14 Vlčí potok 20

3.2.15 Panský potok (Malý Vlčí potok) 20

4 MATERIÁL A METODY 21

4.1 ODBĚR VZORKŮ 21

4.2 ZÁKLADNÍ FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ PARAMETRY 21

4.3 ZPRACOVÁNÍ VZORKŮ PRO NÁSLEDNOU DETERMINACI SINIC A ŘAS 22

4.3.1 Kultivace přírodních vzorků 22

4.3.2 Příprava preparátů 22

4.4 DETERMINACE SINIC A ŘAS 23

4.5 KVANTIFIKACE JEDNOTLIVÝCH TAXONŮ 23

4.6 DOKUMENTACE NALEZENÝCH TAXONŮ 24

4.7 METODY ANALÝZY DAT ... 24
4.7.1 Popisná statistika ... 25
4.7.2 Jednorozměrné statistické analýzy ... 25
4.7.3 Mnohorozměrné statistické analýzy ... 25
4.7.4 Indikační hodnoty ... 28
5 JEDNORÁZOVÝ PRŮZKUM MALÝCH VODNÍCH TOKŮ ... 29
5.1 DRUHOVÉ BOHATSTVÍ ... 29
5.1.1 Celkový počet taxonů ... 29
5.1.2 Variabilita druhového bohatství rozsivek ... 31
5.2 VZÁJEMNÁ PODOBNOST SPOLEČENSTEV ... 31
5.2.1 Srovnání indexů podobnosti ... 31
5.2.2 Mnohorozměrné analýzy ... 33
5.3 AUTEKOLOGICKÉ VLASTNOSTI TAXONŮ ... 34
5.3.1 Společenstva rozsivek vodních toků ... 35
5.3.2 Charakteristické druhy lokalit ... 36
5.4 PROMĚNNÉ PROSTŘEDÍ ... 42
5.4.1 Testování vlivu parametrů prostředí ... 42
5.5 ZAJÍMAVÉ NÁLEZY ... 43
5.5.1 Chrysophyceae ... 43
5.5.2 Bacillariophyceae ... 44
5.6 VYIZOLOVANÉ TAXONY ... 46
5.7 SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ ... 46
6 DLOUHODOBÉ STUDIUM VODNÍHO TOKU SUCHÁ BĚLÁ ... 48
6.1 PROSTOROVÁ A ČASOVÁ HETEROGENITA ... 48
6.1.1 Opakované odebírání vzorků z potoka Suchá Bělá ... 48
6.1.2 Lineární transekt – Suchá Bělá ... 52
6.2 SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ ... 54
7 DISKUSE ... 55
8 ZÁVĚR ... 60
9 LITERATURA ... 61

Summary

Sandstone areas, such as the Bohemian Switzerland National Park, are unique sites with respect of whole Europe. The characteristic landscape of the Bohemian Switzerland was formed by the erosion of the Cetraceous sediments, with deep valleys and specific hydrological and biochemical conditions.

This diploma thesis is focused on the ecology and distribution of benthic algae of headwater streams in the Bohemian Switzerland National Park. The results of the thesis are divided into two parts. The first part deals with the variability of communities within and among the fifteen investigated streams, autecological preferences of the characteristic taxons and communities of the brooks, and environmental conditions influencing the species composition. In the second part, the spatial as well as temporal heterogeneity of the benthic communities and the effect of the environmental conditions on species composition within one stream were studied.

1 Předmluva

Tato diplomová práce se zabývá ekologií a rozšířením bentických sinic a řas malých vodních toků na území Národního parku České Švýcarsko, které leží v centru pískovcové oblasti. Výsledky výzkumu jsou rozděleny do dvou částí. Jedna z nich pojednává o vnitroskupinové a meziskupinové variabilitě patnácti potoků, vzájemné podobnosti společenstev jednotlivých potoků, autekologických vlastnostech charakteristických taxonů a celých společenstev jednotlivých lokalit a parametrech prostředí, které mají vliv na druhové složení. V druhé části je studována prostorová a časová heterogenita společenstev a působení faktorů prostředí na druhové složení v dlouhodobě studovaném vodním toku.

Na tomto místě bych chtěla vyjádřit své poděkování Jiřímu Neustupovi za vedení diplomové práce a za cenné rady a nápady k řešenému tématu. Můj velký dík patří také kolegům na algologickém pracovišti, kteří po celou dobu studia vytvářeli příjemné prostředí v laboratoři. Velmi ráda bych chtěla poděkovat Ladislavovi Hodačovi, Kateřině Machové, Yvonne Němcové, Marii Pažoutové, Pavlovi Škaloudovi, Magdě Škaloudové a Janu Šťastnému za pomoc s determinací druhů, rady k metodickým postupům a za vysvětlení některých statistických analýz. Děkuji Petrovi Marvanovi za pomoc s identifikací rozsivek. Můj velký dík patří Jeffreymu Johansenovi za umožnění stáže v jeho algologické laboratoři a za cenné rady týkající se taxonomie rozsivek a zpracovávání dat. Chtěla bych také poděkovat Ivaně Markové a Handrijovi Härtelovi za umožnění výzkumu na území národního parku, Miroslavu Hylišovi za jeho pomoc s elektronovým mikroskopem a Tomášovi Hauerovi za přečtení této práce a připomínky k textu.

Můj největší dík patří mé rodině za její podporu během mého studia a pomoc s odběry. Velmi bych chtěla poděkovat Ludvíkovi Kulichovi za jeho trpělivost, podporu a pochopení.

2 Úvod

2.1 Proměnné prostředí tekoucích vod

Základním rozdílem mezi prostředím stojatých a tekoucích vod je směr převládajícího proudění: mnohosměrný pohyb ve stojatých vodách a jednosměrný ve vodních tocích (ROUND 2001). Právě proudění je významným parametrem prostředí ovlivňující morfologii dna, fyzikálně-chemické vlastnosti vody a distribuci organismů v podélném i příčném profilu vodního toku (DILLARD 1969; ALLAN 1995; ROLLAND et al. 1997; STEVENSON et al. 1996; RYDER et al. 2006).

Struktura společenstev ve vodních tocích je výsledkem komplexního působení biotických a abiotických vzájemně závislých procesů. Komplikované vztahy mezi proměnnými prostředí a jednotlivými druhy znesnadňují oddělení vlivu jednotlivých faktorů na složení společenstva (ALLAN 1995; STEVENSON et al. 1996; DENYS 2004).

2.1.1 Abiotické parametry

Rozdílnost vnějšího prostředí v různém měřítku vzdáleností a času lze porovnávat prostřednictvím získávání informací o mnoha abiotických faktorech prostředí: nadmořská výška, složení geologického podloží a okolní vegetace, morfologie dna, velikost povodí, sklon koryta, intenzita slunečního záření, absorpce UV-záření, rychlost proudění, odtok, průtok, výška vodního sloupce, zbarvení, teplota a pH vody, alkalinita, konduktivita, salinita, obsah rozpuštěných plynů (N_2, CO_2, O_2), koncentrace minerálních a organických látek (dusík, fosfor, křemík, hliník, síra, organický uhlík, vápník, sodík, hořčík, zinek, železo, chróm, barium, vanad, mangan, draslík, nikl, kadmium, stroncium, hydrogenuhličitany, chloridy), množství huminových látek aj. (př. ETTL 1980; HOLOPAINEN et al. 1988; ALLES et al. 1991; LELLÁK & KUBÍČEK 1992; ALLAN 1995; CANTONATI 1999; WERUM & LANGE-BERTALOT 2004; CANTONATI et al. 2006).

Významnými proměnnými prostředí, které ovlivňují složení společenstev, jsou především pH, množství dostupných živin, vodivost, teplota, intenzita slunečního záření, rychlost proudění a geologické podloží (MAIER 1994; ALLAN 1995; STEVENSON et al. 1996; ROLLAND et al. 1997; CANTONATI 1998, 1999; WUNSAM et al. 2002; LINDSTRØM et al. 2004; WERUM & LANGE-BERTALOT 2004; POULÍČKOVÁ et al. 2005).

Koncentrace vodíkových iontů ve vodním prostředí je výsledkem komplexních procesů.

Na hodnotu pH má vliv geologické podloží, množství huminových látek, koncentrace anorganických kyselin, fotosyntetická aktivita autotrofních organismů a nadbytek protonů při aktivní výměně iontů v rašeliništích (CANTONATI et al. 2006; PALS et al. 2006). Hodnota pH rozhoduje o rozpustnosti mnoha organických a anorganických látek, o koncentraci těžkých kovů a o podílu HCO_3^-, CO_3^{2-} a CO_2 ve vodě (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986; GREENWOOD & LOWE 2006).

Stabilita pH je ovlivňována pufrovacími schopnostmi prostředí. Velmi účinnými pufrovacími systémy jsou především hydrogenuhličitany a huminové látky, které vážou volné ionty v prostředí do komplexů (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986; CANTONATI et al. 2006). Při antropogenním znečištění mohou být toky obohaceny o ionty dusíku, síry nebo hliníku. Jejich částečným navázáním pufrovacími systémy ztrácí daný biotop schopnost vyrovnávat pH a tím dochází ke kolísání hodnoty kyselosti (ALLES et al. 1991). Ve slabě pufrovaných vodních tocích, které protékají jehličnatými lesy, mohou být sezónní změny pH výrazně ovlivněné množstvím srážek (CANTONATI et al. 2006).

Hlavním zdrojem živin pro fotoautotrofní organismy jsou rozpustné formy dusíku a fosforu, pro rozsivky a šupinaté chrysomonády také křemíku. Dostupnost fosforu je ovlivněná fyzikálně-chemickými transformacemi - zvětráváním je fosfor uvolňován z podloží, ale tvoří nerozpustné komplexy, ze kterých jsou uvolňovány fosforečnany za anaerobních podmínek (ALLAN et al. 1995). Dusík je součástí komplexního chemického cyklu přeměn forem dusíku (NO_3^-, NO_2^-, N_2, NH_4^+), ve kterém hrají klíčovou roli bakterie a sinice. Rozpustná forma křemíku pochází ze zvětrávání hornin (ALLAN et al. 1995). Množství výše zmíněných živin v ekosystémech může být významně zvýšeno antropogenním znečištěním.

Biotopy jsou podle zvyšujícího se množství živin rozdělovány na dystrofní, oligotrofní, mesotrofní a eutrofní (HINDÁK 1978; ALLES et al. 1991).

Koncentrace rozpuštěného fosforu či dusíku nebo poměr množství těchto živin ve vodě může být významným faktorem limitujícím růst bentických řas (ALLAN 1995; STEVENSON et al. 1996). Často při neoptimálních teplotních a světelných podmínkách pro růst potřebují řasy přijímat větší množství živin z prostředí (STEVENSON et al. 1996).

Přestože vodní toky nesporně transportují směrem k dolnímu toku velké množství materiálu, biologicky aktivní prvky jsou během jejich přesunu po proudu součástí spirálního koloběhu – *nutrient spiraling (cycling)*. Prvek nebo sloučenina je ve vodním sloupci transportován ve formě rozpuštěné anorganické živiny, dokud není navázán do organismů, které mohou být součástí trofických řetězců. Exkrecí nebo dekompozicí jsou biologicky

aktivní prvky uvolňovány zpět do vodního sloupce odkud mohou být opět zabudovány do organismů (LELLÁK & KUBÍČEK 1992; ALLAN 1995; STEVENSON et al.1996).

Vodivost vyjadřuje množství iontů minerálních látek (elektrolytů) rozpuštěných ve vodním prostředí. V pramenných oblastech člověkem málo ovlivněných vodních toků odráží hodnota konduktivity především vlastnosti geologického podloží (CANTONATI et al. 2006).

Teplota ovlivňuje svým působením na metabolické procesy růst a respiraci jednotlivých organismů a produktivitu ekosystému (ALLAN 1995; STEVENSON et al.1996). V pramenných úsecích vodních toků je nízká, relativně stálá teplota vody udržována přítokem podzemní vody, zatímco teplota vody v nižších úsecích toku je ovlivňována především změnami teplot vzduchu během dne a roku (ETTL 1980; ALLAN 1995).

Intenzita slunečního záření může být pro organismy limitujícím faktorem v silně zastíněných vodních tocích (MOORE, 1977; ALLAN 1996). Účinek intenzity světla je druhově specifický a závisí na množství živin v prostředí (STEVENSON et al. 1996). Některé rozsivky mohou při nedostatku světla a zároveň při vhodném zdroji organického dusíku přejít na heterotrofní způsob výživy (ROUND et al. 1990).

Proudění zapříčiňuje teplotní a chemickou destratifikaci vodního sloupce (HINDÁK 1978) a formuje morfologii koryta vodního toku. Na rozhraní kapalina-pevný podklad vzniká hraniční neboli mezní vrstva (*boundary layer*), ve které je proudění téměř zanedbatelné oproti rychlosti vodního sloupce. Se zvyšující se rychlostí proudu dochází ke ztenčování tloušťky hraniční vrstvy. Tento jev má významný vliv na distribuci bentických organismů a na difúzní transport iontů a molekul rozpuštěných látek mezi organismy a prostředím (HINDÁK 1978; LELLÁK & KUBÍČEK 1992; ALLAN 1995).

Geologické podloží vodních toků ovlivňuje hydrologický režim, hodnotu pH, vodivosti a alkalinity a koncentraci rozpuštěného křemíku, uhličitanů, vápníku, dusíku, fosforu a jiných chemických látek (MÖLDER 1964; ALLAN 1995; CANTONATI 1998; WERUM & LANGE-BERTALOT 2004). Vysoká propustnost pískovcového podloží snižuje množství vody v korytě toku (HÄRTEL 2001). Voda protékající podložím s vysokým podílem žuly (granitu), granodioritu nebo pískovce má nízké pH, zatímco vápenec, dolomit, čedič (basalt), amfibolit a hadce (serpentinit) pH vody zvyšují (MÖLDER 1964; HEJTMAN 1977; WERUM & LANGE-BERTALOT 2004). Na pískovcovém a čedičovém podloží je výrazně nižší hodnota vodivosti

než na vápencovém podloží (WERUM & LANGE-BERTALOT 2004). Ve vodních tocích na vápencovém podloží byly naměřeny vyšší koncentrace dusíku a fosforu v porovnání s pískovcovým a břidlicovým podložím (ALLAN 1995; WERUM & LANGE-BERTALOT 2004).

2.1.2 Biotické proměnné prostředí

Společenstva vodních toků jsou významně ovlivněna nejen abiotickými faktory prostředí, ale i vzájemnými vztahy organismů – kompeticí o zdroje, koexistencí, sukcesí a herbivorií (MÜLLER-HAECKEL & HÅKANSSON 1978; STEVENSON & PETERSON 1989; ALLAN 1995; STEVENSON et al. 1996; WUNSAM et al. 2002). Koexistenci druhů ve společenstvu umožňují různé ekologické strategie. Odlišné fyziologické přizpůsobení jednotlivých druhů sinic a řas se například projevuje v množství přijatých živin, rychlosti fotosyntézy, růstu a respirace, heterotrofní aktivitě a reprodukční rychlosti (PRINGLE 1990; STEVENSON et al. 1991, 1996; SABATER et al. 1998).

2.2 Bentická společenstva sinic a řas

V rámci vodního toku osidlují organismy volnou tekoucí vodu (plankton) a povrchovou nebo podpovrchovou vrstvu dna koryta (bentos). Část bentických sinic a řas je unášena vodním sloupcem – drift (HINDÁK 1978; MÜLLER-HAECKEL & HÅKANSSON 1978). Na biotopech s trvale vlhkým až mokrým povrchem (např. kameny ocitající se zčásti nad hladinou vody vlivem jejího kolísání, mechorosty v torentilních úsecích potoků, ostříkávané skalní stěny v okolí vodopádů) se vyskytují společenstva subaerofytických řas (HINDÁK 1978; ETTL & GÄRTNER 1995; CANTONATI et al. 2006).

Bentické řasy společně s bakteriemi, sinicemi nebo houbovými organismy jsou součástí biofilmů, které pokrývají povrch pevných substrátů. Rosolovitá vrstva z polysacharidů, produkovaná organismy tohoto společenstva, umožňuje vzájemné interakce mezi buňkami, které mohou působit na růst a životaschopnost populací tvořících společenstvo biofilmu (ALLAN 1995; STEVENSON et al. 1996; LEDGER & HILDREW 1998).

Rozdílnost bentických společenstev v čase nebo prostoru může být hodnocena skrze diverzitu (HILLENBRAND & SOMMER 2000; CANTONATI 1998), stabilitu společenstva - *eveness* (PALS et al. 2006), počet taxonů (CANTONATI 2001), druhové složení (VAN DE VIJVER et al. 2004b), množství buněk (SABATER et al. 1998) a objem biomasy (VAVILOVA & LEWIS 1999) na určitou plochu, četnosti druhů (WERUM & LANGE-BERTALOT 2004), množství chlorofylu *a* (RYDER et al. 2006), hmotnost sušiny (MÜLLNER & SCHAGERL 2003), dominantní taxony

(DILLARD 1969), indexy podobnosti (PIIRSOO 2003), primární produkci (HOLOPAINEN et al. 1988) a biochemické složení (LEDGER & HILDREW 1998).

2.2.1 Prostorová heterogenita

Rozmanitost biologických, hydrologických a fyzikálně-chemických procesů ve vodních tocích v příčném i podélném profilu toku způsobuje mozaikovité rozšíření bentických organismů (ALLAN 1995; STEVENSON et al. 1996; ROLLAND et al. 1997; DENT & GRIMM 1999).

Kolonizace různých typů mikrobiotopů bentickými organismy je ovlivněna velikostí, stabilitou a strukturou substrátů (ALLAN 1995; STEVENSON et al. 1996; SABATER et al. 1998; CANTONATI 2001; LUTTENTON & BAISDEN 2006; CANTONATI et al. 2006).

Podle typu mikrobiotopu jsou společenstva rozdělována na epiliton a endoliton – organismy osidlující kameny; epipsamon - zrnka písku; epipelon a endopelon - písčité, bahnité nebo půdní sedimenty; epizoon a endozoon - živočichy; epifyton - mechorosty, vyšší rostliny nebo řasy a epixylon - zbytky dřeva (ETTL 1980; HINDÁK 1978; ROUND et al. 1990; POULÍČKOVÁ 1998).

Sinice a řasy mohou tvořit pro přichycení k substrátu rhizoidy, slizové útvary (stopky, terčíky, pochvy, ložiska) a korovité povlaky (ETTL 1980; POULÍČKOVÁ 1998). Volně žijícím organismům může mikrobiotop poskytovat přirozenou ochranu před účinky proudění (HINDÁK 1978; ROUND et al. 1990).

Druhové složení společenstev různých mikrobiotopů se částečně překrývá (ROUND et al. 1990; CANTONATI 2001), přičemž nejrozdílnější společenstva mají tvrdé (*hard*, epiliton, epixylon) a měkké (*soft*, epifyton, epipelon, epipsamon) podklady nebo anorganické a organické mikrobiotopy (HINDÁK 1978; ALLAN 1995; STEVENSON et al. 1996; SABATER et al. 1998; STEVENSON & BAHLS 1999; POTAPOVA & CHARLES 2005).

Teorie říčního kontinua (*the river continuum concept*) popisuje postupné změny v podélném profilu toku od pramenné stružky po velké řeky (LELLÁK & KUBÍČEK 1992; ALLAN 1995). Měnící se charakter vodního toku v podélném profilu působí na druhové složení a rozmanitost bentických sinic a řas – uvolněné buňky z horního úseku toku kolonizují nižší části toku, nové taxony se stávají součástí určitého úseku toku a některé druhy vymizejí (DOUGLAS 1958; LINDSTRØM et al. 2004).

2.2.2 Časová variabilita

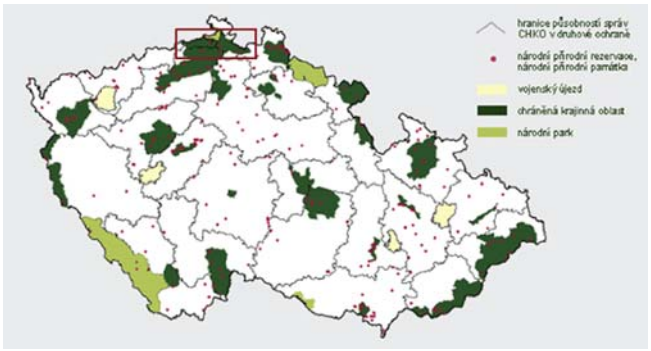
Ve vodních tocích se výrazně neprojevuje pravidelná sezónní dynamika výskytu bentických sinic a řas jako u planktonních druhů stojatých vod (DOUGLAS 1958). V několika studiích bylo zjištěno odlišné sezónní maximum rozvoje rozsivek: jaro a podzim (MÜLLER-HAECKEL & HÅKANSSON 1978), zima (MAIER 1994) a jaro/časné léto (CANTONATI 1998).

Sezónní heterogenita společenstev je především ovlivněna táním sněhu, množstvím srážek, teplotou vody a zastíněním listnatými stromy (DILLARD 1969; MOORE 1977; STEVENSON et al. 1996; CANTONATI 1998, 2001; CANTONATI et al. 2006). Na variabilitu druhového složení společenstev však působí jiné významnější parametry prostředí, které zastíní vliv faktorů spojených se sezónními změnami (STEVENSON & HASHIM 1989; VILBASTE 2001; WERUM & LANGE-BERTALOT 2004; POULÍČKOVÁ et al. 2005).

3 Charakteristika sledovaných lokalit

3.1 Celkové fyzickogeografické a přírodní poměry

Zkoumané území patří do dvou geomorfologických podcelků Děčínské vrchoviny: Děčínské stěny (Sněžnická hornatina, Růžovská vrchovina) a Jetřichovické stěny (GLÖCKNER 1995). Pískovcové území je chráněno (Obr. 1) jako Chráněná krajinná oblast Labské pískovce (od roku 1972, 245km^2), CHKO Lužické hory (od roku 1975, 267 km^2) a Národní park České Švýcarsko (od roku 2000, 79km^2; Obr. 2).



Obr. 1: Oblasti chráněných území v České republice (NPR, NPP, vojenský újezd, CHKO a NP)

Obr. 2: Zeměpisná poloha a územní vymezení NP České Švýcarsko

V geologickém období svrchní křída, kdy se v oblasti dnešních severních a východních Čech rozprostíralo mělké moře, vznikla usazením a pozdějším zpevněním písků splavovaných řekami do zálivů moře pískovcová tabule (RUBÍN et al. 2006). V třetihorách byla zdejší oblast postižena tektonickým neklidem a vulkanickou činností, kdy došlo k rozpukání pískovců a jejich prostoupením sopečnými vyvřelinami. Dnešní podobu získala krajina ve čtvrtohorách. Působením klimatických vlivů, zejména během střídání dob ledových a meziledových, docházelo k postupné erozi méně zpevněných částí pískovcových hornin. Nejvíce se uplatnila říční eroze. Prostřednictvím puklinových systémů pronikala voda hluboko do nitra pískovců a původně souvislá pískovcová tabule se rozpadla na dnešní kvádrové pískovce (PATZELT & SOJKA 2003). Při vývoji drobnějších tvarů pískovcového reliéfu měly významný podíl fyzikální a chemické vlastnosti hornin - zejména tvar, velikost a minerální čistota křemenných zrn, chemismus pojiva (tmel jílovitý, vápnitý, kaolinický apod.) a příměsi různých látek, zejména železa (HRDINA et al. 1956; RUBÍN et al. 2006).

Hlavním předmětem ochrany NP České Švýcarsko je především velmi charakteristicky vyvinutý pískovcový fenomén, tj. unikátní geomorfologie pískovcového skalního města (SPRÁVA NP 2001). Základním rysem území je vysoká stanovištní diverzita na straně jedné

a relativní chudost substrátu na straně druhé. Nejedná se však o území s nízkou diverzitou, a to zejména díky několika faktorům (HÄRTEL 2001).

Významným činitelem zvyšujícím biodiverzitu je velmi členitý reliéf, vytvářející specifické mikro- až mezoklimatické poměry. Jejich důsledkem je mimo jiné skutečnost, že v hlubokých roklích a soutěskách dochází k stékání studeného vzduchu na dno roklí. Tato klimatická inverze se projevuje ve zvratu vegetačních stupňů. Mezi roklemi a osluněnými stěnami můžou být rozdíly vlhkostí od 21% do 52% (SCHORLER 1915).

K zásadnímu obohacení druhové rozmanitosti území přispívají terciérní vyvřeliny, které vytvářejí odlišný půdní pokryv, pro který jsou charakteristické hluboké úživné půdy, např. Národní přírodní rezervace Růžák a Přírodní rezervace Ponova louka.

V neposlední řadě působí na zvýšení biodiverzity vodní toky protékající pískovcovým územím. Relativní chudost toků na množství vody je způsobena vysokou propustností pískovců - ukládání vody hluboko pod povrchem. Pramenná oblast a horní tok naprosté většiny potoků se nacházejí zpravidla na žulovém nebo čedičovém podkladě. Poté co vodní tok přitéká na propustné pískovce, dochází ke ztrátě jeho vodnosti až k jeho úplnému zasáknutí po určitou část ročního období.

Převládající vegetací Českého Švýcarska jsou lesy, pokrývající přes 95% rozlohy parku (HÄRTEL 2001). Vegetační kryt skalních měst, zastoupený původně převládajícími bikovými bučinami, má v současné době poměrně stabilní rozložení: na teplých a suchých plošinách jsou to bory, na suťových svazích bučiny, v chladných a vlhkých údolích smrčiny (RUBÍN et al. 2006).

3.2 Popis jednotlivých odběrových míst

Pro studium ekologie a rozšíření sinic a řas zkoumané pískovcové oblasti jsem vybrala 15 malých vodních toků protékajících tímto územím. Jejich geografická poloha a geologické podloží je znázorněna v mapě, která je součástí přílohy (Tab. 1).

U každého vodního toku jsou uvedeny následující údaje: geomorfologická oblast, chráněné území, zeměpisná poloha, ústí toku, charakter toku a specifické geologické podloží. Odběrová místa jsou charakterizována vzájemnou vzdáleností (mezi lokalitami vzájemně srovnatelný čas k překonání vzdálenosti od dolního toku k hornímu) a převýšením, popisem odběrových míst, průměrnou hodnotou pH a vodivosti (změřené v den odběru vzorků a v prosinci roku 2006, Tab. 3).

3.2.1 Studený potok

- Sněžnická hornatina, CHKO Labské pískovce, západně od obce Arnoltice
- pravý přítok Labe, v údolí jižně od pískovcové věže Kapucínská skála (364 m)
- potok vysychá ve velmi suchých obdobích roku
- geologické podloží: příměs vápníku a granodioritu (složení biotit) v křemenném pískovci
- odběrová místa: vzdálenost 10 min., převýšení 220 m

horní tok – pískovcový balvan ve tvaru přídě lodi klenoucí se nad potokem, kde v korytě potoka ještě proudila voda; pár set metrů pod neznačenou stezkou probíhající kolmo vůči korytu potoka; v okolí odběrového místa několik pramenných stružek; převaha bukového porostu; značné zastínění; vodní tok: pískovcové podloží, polštáře mechorostů, šířka: 54 cm, hloubka: 9 cm, vodivost: 138µS·cm^{-1}, pH: 6,30

dolní tok (obr.) – úsek nad kmenem buku ležícím přes koryto potoka; na dohled silnice Děčín-Hřensko; převaha bukového porostu, značné zastínění; vodní tok: pískovcové dno s malým množstvím kamenů; tento úsek potoka s mnoha vodopády a poměrně rychle tekoucí, spousta bukových větví a listí v korytě potoka, šířka: 96 cm, hloubka: 10 cm, vodivost: 137 µS·cm^{-1}, pH: 5,93

3.2.2 Dolnožlebský potok

- Sněžnická hornatina, CHKO Labské pískovce, protéká obcí Dolní Žleb
- levý přítok Labe, údolí potoka je nazýváno Hluboký důl (Koňák)
- potok je regulován, podél toku vede kamenná či asfaltová turisticky značená cesta
- geologické podloží: příměs vápníku v pískovci
- odběrová místa: vzdálenost 37 min., převýšení 240 m

horní tok – prameniště z pod povrchu země významně zásobící tok vodou; nedaleko rozcestí se starým vzrostlým bukem; převaha smrků; střední intenzita světla; vodní tok: kamenité dno, šířka: 30 cm, hloubka: 5 cm, vodivost: 191 µS·cm^{-1}, pH: 5,85

dolní tok (obr.) – poblíž pískovcového balvanu s turistickou značkou a pramenným přítokem, na dohled první fasády obydlí; převaha smrkového porostu, značné zastínění; vodní tok: velké převýšení vytváří vodopády s rychle tekoucí vodou velký průtok; šířka: 80 cm, hloubka: 16 cm, vodivost: 159 $\mu S \cdot cm^{-1}$, pH 5,77

3.2.3 Suchá Bělá

- Jetřichovické stěny, 1. zóna NP České Švýcarsko, SV od Hřenska
- pravý přítok Dlouhé Bělé, v údolí Tetřevích stěn
- potok je po většinu roku vyschlý, v některých úsecích teče voda potoka pod povrchem
- geologické podloží: pod prameništěm přítok z rašeliniště Jelení louže
- odběrová místa: vzdálenost 25 min., převýšení 250 m

horní tok – pár metrů od prameniště, úsek od ztrouchnivělého kmene stromu přes potok; převaha buků, vyšší intenzita slunečního záření; vodní tok: na pískovcovém podloží, šířka: 34 cm, hloubka: 3 cm, vodivost: 60 $\mu S \cdot cm^{-1}$, pH: 5,18

dolní tok – střední část vodního toku; pískovcový balvan ve tvaru jehlanu nad korytem toku; hluboká rokle s převahou smrků, značné zastínění; vodní tok: pískovcové podloží, meandry, šířka: 48 cm, hloubka: 5 cm, vodivost: 81 $\mu S \cdot cm^{-1}$, pH: 4,36

transekt (obr.) – horní a dolní tok + 9 odběrových míst mezi nimi

3.2.4 Písečná rokle

- Růžovská vrchovina, 2. zóna NP České Švýcarsko, SV od obce Janov
- levý přítok Kamenice v Tiché soutěsce
- koryto potoka je po většinu roku vyschlé
- geologické podloží: pouze pískovec
- odběrová místa: vzdálenost 12 min., převýšení 80 m

horní tok – střední část vodního toku pod úsekem zakrytým hustě vysázenou monokulturou smrku; nad odběrovým místem vede

cesta přes stržený most; velmi silné zastínění korunami smrků; vodní tok: vrstva bahnitého sedimentu a jehličí, šířka: 20 cm, hloubka: 6 cm, vodivost: 156 $\mu S \cdot cm^{-1}$, pH 3,63

dolní tok (obr.) – nedaleko před ústím do Kamenice; převaha smrků, značné zastínění; vodní tok: hluboká rokle, strmé až svislé pískovcové stěny obklopující potok, šířka: 22 cm, hloubka: 7 cm, vodivost: 152 $\mu S \cdot cm^{-1}$, pH 4,46

3.2.5 Kachní potok

- Růžovská vrchovina, 2. zóna NP České Švýcarsko, mezi obcemi Růžová a Kamenická Stráň
- levý přítok Kamenice v Divoké soutěsce
- potok je po většinu roku vyschlý, v některých úsecích teče pod povrchem
- geologické podloží: příměs $CaCO_3$
- odběrová místa: vzdálenost 12 min., převýšení 30 m

horní tok – pod přemostěním; součástí odběrového místa hlubší tůňka s písčitým dnem; převaha smrkového porostu, střední intenzita světla; vodní tok: šířka: 64 cm, hloubka: 8 cm, vodivost: 132 $\mu S \cdot cm^{-1}$, pH 5,66

dolní tok (obr.) – střední část toku, téměř bez převýšení, začátek u tůňky s kamenitým dnem, pěšina protíná zprava potok; převaha smrků, střední intenzita světla; vodní tok: poslední souvislá část toku, poté zanoření a osamělé tůňky, šířka: 68 cm, hloubka 5 cm, vodivost 113 $\mu S \cdot cm^{-1}$, pH: 5,46

3.2.6 Ponova louka

- Jetřichovické stěny, 1. zóna NP České Švýcarsko, SV od obce Mezní Louka
- přírodní rezervace (vyhlášena v r. 1973 pro ochranu původní květnaté bučiny)
- vodní tok je ve své dolní části regulován betonovými konstrukcemi, potok vysychá pravděpodobně jen ve velmi suchých obdobích roku
- geologické podloží: čedičový průnik pískovcem
- odběrová místa: vzdálenost 11 min., převýšení 40 m

horní tok (obr.) – dolní hranice Ponovy louky, kde už

potok proudil; shromažďování zvěře; převaha buků, vysoká intenzita světla; vodní tok: písčité a jílové koryto, šířka: 58 cm, hloubka: 7 cm, vodivost: 165 $\mu S \cdot cm^{-1}$, pH 6,88

dolní tok – před tůní do které se potok vlévá; dominuje smrkový porost, střední intenzita slunečního záření; vodní tok: písčité a jílové dno, šířka: 29 cm, hloubka: 9 cm, vodivost: 219 $\mu S \cdot cm^{-1}$, pH 7,36

3.2.7 Hluboký důl

- Jetřichovické stěny, 2. zóna NP České Švýcarsko
- levý přítok Křinice v zaniklé osadě Zadní Jetřichovice
- pískovcovými skalami lemovaná rokle začínající pod severozápadními svahy Větrovce (450 m) a ústící na České silnici (historicky významná stará obchodní stezka procházející z Čech do Saska)
- vodní tok s velmi pomalu tekoucí vodou žlutohnědého zbarvení, koryto v příkopu odvodňovacího kanálu, s porosty trav a rašeliníku, podél cyklostezky a turisticky značené cesty; pravděpodobně při nedostatku srážek vysychá
- geologické podloží: příměs $CaCO_3$ ve spraši
- odběrová místa: vzdálenost 19 min., převýšení 10 m

horní tok (obr.) – vyústění Jeleního dolu, rozšířená vozovka; převaha smrkového porostu, vyšší intenzita světla, místo napravo od ní, vodní tok: prohloubené koryto s tůňkou, voda téměř neproudí, mezi ponořeným rašeliníkem a trsy trávy zelené vláknité řasy, na dně bahnitý sediment, šířka: 150 cm, hloubka: 34 cm, vodivost: 53 $\mu S \cdot cm^{-1}$, pH: 4,80

dolní tok – po spojení Hlubokého dolu s Českou silnicí, v blízkosti ústí do Křinice, porost především z listnatých stromů, střední intenzita světla; vodní tok: rozšířené koryto potoka, proudící voda v lipnicovitých rostlinách, šířka: 82 cm, hloubka: 14 cm, vodivost: 122 $\mu S \cdot cm^{-1}$, pH: 5,49

3.2.8 Mlýnská rokle

- Jetřichovické stěny, 1. a 2. zóna NP České Švýcarsko, SZ údolí vrchu Mlýny (475 m)
- pravý přítok Hlubokého dolu
- vodní tok žlutohnědé barvy protékající odvodňovacím kanálem s rašeliníkem a travami; dochází k vysychání koryta

- geologické podloží: v blízkosti čedičová vyvřelina
- odběrová místa: vzdálenost 22 min., převýšení 20 m

horní tok – několik desítek metrů od prameniště s dostatkem proudící vody, dřevený most přes potok; dominují smrky, střední intenzita světla; vodní tok: písčité dno s jehličím a rašeliníkem, šířka: 42 cm, hloubka: 11 cm, vodivost: 102 $\mu S \cdot cm^{-1}$, pH 3,28

dolní tok (obr.) – nedaleko ústí potoka do rybníka u České silnice, převaha smrkových stromů, střední intenzita světla; vodní tok: rychleji proudící voda, písčité dno, šířka: 40 cm, hloubka: 8 cm, smrky vodivost: 50 $\mu S \cdot cm^{-1}$, pH 4,04

3.2.9 Červený potok

- Jetřichovické stěny, 1. a 2. zóna NP České Švýcarsko, JZ od Kyjova
- levý přítok Křinice u Černé brány, protéká Hřebcovým dolem (Divoká rokle)
- žlutohnědé zbarvení vodního toku, průtok víceméně celoroční
- geologické podloží: bazaltoidní horniny
- odběrová místa: vzdálenost 23 min., převýšení 30 m

horní tok (obr.) – nedaleko místa, kde je vozovka nahrazena lesní cestou, převaha smrků, střední intenzita světla; vodní tok: mírné proudění, kamenité dno, úzké hluboké koryto s mírným sklonem, šířka: 26 cm, hloubka: 6 cm, vodivost: 138 $\mu S \cdot cm^{-1}$, pH: 6,42

dolní tok – před Černou branou; dominuje smrk, střední intenzita světla; vodní, šířka: 63 cm, hloubka: 6 cm, vodivost: 52 $\mu S \cdot cm^{-1}$, pH: 5,48

3.2.10 Studený potok (Studenec)

- CHKO Lužické hory, údolí mezi Studencem (736 m) a Bukovinou (580 m), protéká obcí Studený
- levý přítok Chřibské Kamenice

- tok se značným spádem, v dolní části regulovaný
- geologické podloží: velmi rozmanité
- odběrová místa: vzdálenost 28 min., převýšení 190 m

horní tok – prameniště pod sedlem na východní straně Studence, na okraji paseky; bylinný porost, vyšší intenzita slunečního záření; vodní tok: proudící pramen z pod povrchu země, kamenité dno, šířka: 31 cm, hloubka: 8 cm, vodivost: 155 µS·cm^{-1}, pH: 6,19

dolní tok (obr.) – na dohled první obydlí osady Studený, nad mostem; vodní tok: meandrovité koryto, písčité a kamenité dno, dominují listnaté stromy, střední intenzita světla, šířka: 132 cm, hloubka: 8 cm, vodivost: 107 µS·cm^{-1}, pH: 6,05

3.2.11 Doubický potok

- na rozhraní CHKO Lužické hory a NP České Švýcarsko, protéká obcí Doubice
- pravý přítok Chřibské Kamenice, na horním úseku toku napájí dva rybníky, údolí potoka podél silnice Doubice - Dolní Chřibská

- pramení na jihozápadním svahu Vápenného vrchu: na poměrně malém území se tu společně vyskytují horniny pěti různých geologických jednotek, z nichž nejvýznamnější jsou jurské vápence
- v období sníženého množství srážek potok vysychá, nebo teče pod povrchem
- geologické podloží: velmi různorodé
- odběrová místa: čas 16 min, převýšení 20 m

horní tok (obr.) – pod obcí Doubice, téměř kolmé pískovcové stěny na levém břehu, dominuje bylinné patro rostlin, vyšší intenzita světla; vodní tok: meandry, kamenité dno, nedaleko dřevěný most, šířka: 86 cm, hloubka: 37 cm, vodivost: 184 µS·cm^{-1}, pH 6,74

dolní tok – rozcestí u budovy turistických informací, úsek za mostem; především smrky, střední intenzita světla; vodní tok: kamenité dno, šířka: 152 cm, hloubka: 10 cm, vodivost: 169 µS·cm^{-1}, pH: 6,46

3.2.12 Bílý potok

- Jetřichovické stěny, 1. zóna NP České Švýcarsko, hraniční potok
- pravý přítok Křinice v bývalé osadě Zadní Doubice na konci Kyjovského údolí
- regulovaný tok podél turistické stezky
- geologické podloží: jurské vápence
- odběrová místa: vzdálenost 17 min, převýšení 40 m

horní tok (obr.) – na prvním soutoku s prameništními potoky, u základů strhnutého mostu, převládají smrky, značné zastínění; vodní tok: rychleji tekoucí, převážně písčité dno, šířka: 183 cm, hloubka: 13 cm, vodivost: 148 $\mu S \cdot cm^{-1}$, pH: 6,35

dolní tok – v blízkosti ústí do Křinice, na začátku údolí strmých pískovcových stěn; dominují smrkové stromy, střední intenzita světla; vodní tok: meandry, kamenito-písčité dno, šířka: 73 cm, hloubka: 15 cm, vodivost: 148 $\mu S \cdot cm^{-1}$, pH: 6,63

3.2.13 Brtnický potok

- Jetřichovické stěny, 2. zóna NP České Švýcarsko, protéká osadou Kopec (Brtníky)
- pravý přítok Křinice, pramení pod Ptačím vrchem (561 m), podél potoka cyklo-turistická trasa, regulovaný tok
- na horním toku přehrazen, v horní části údolí velmi tvrdé pískovcové skály ovlivněné lužickým zlomem, v létě velmi nízký průtok
- geologické podloží: různorodé
- odběrová místa: vzdálenost 41 min, převýšení 30 m

horní tok - pod osadou Kopec a rybníkem; převaha listnatých stromů, vyšší intenzita světla; vodní tok: hluboké koryto, kamenito-písčité dno, sediment, šířka 132 cm, hloubka 27 cm, vodivost: 182 $\mu S \cdot cm^{-1}$, pH: 6,73

dolní tok (obr.) – nedaleko soutoku s Křinicí; na levém břehu převážně smrkový porost, na pravém pouze bylinné patro, vyšší intenzita světla; vodní tok: meandry, kamenité dno,

rychleji proudící voda, šířka: 153 cm, hloubka: 27 cm, vodivost: 171 $\mu S \cdot cm^{-1}$, pH 6,74

3.2.14 Vlčí potok

- Jetřichovické stěny, 2. zóna NP České Švýcarsko, SZ od obce Vlčí Hora
- pravý přítok Křinice u Turistického mostu, pramení na SZ úpatí Vlčí hory (581 m)
- periodicky během roku vysychá, nádrž na horním toku, regulovaný tok podél cyklostezky
- geologické podloží: velmi rozmanité
- odběrová místa: vzdálenost 13 min, převýšení 20 m

horní tok – střední část potoka pod hranicí národního parku, před dřevěným mostem; dominují smrky, střední intenzita světla; vodní tok: kamenité dno, bahnitý sediment, šířka: 75 cm, hloubka: 7 cm, vodivost: 160 $\mu S \cdot cm^{-1}$, pH: 6,94

dolní tok (obr.) – u soutoku s Křinicí; smrkový porost, střední intenzita světla; vodní tok: částečně vyschlé koryto, šířka: 94 cm, hloubka: 12 cm, vodivost: 148 $\mu S \cdot cm^{-1}$, pH: 6,81

3.2.15 Panský potok (Malý Vlčí potok)

- Jetřichovické stěny, 2. zóna NP České Švýcarsko, západně od obce Vlčí Hora
- levý přítok Vlčího potoka, pramení na severním úbočí Kamenného vrchu (509 m)
- geologické podloží: příměs žuly
- odběrová místa: vzdálenost 27 min., převýšení 80 m

horní tok (obr.) – prameniště; převládají buky, střední intenzita světla, vodní tok: pomalu tekoucí tenký pramínek, zakrytý opadaným bukovým listím, šířka: 50 cm, hloubka: 6 cm, vodivost: 192 $\mu S \cdot cm^{-1}$, pH: 7,03

dolní tok – u soutoku s Vlčím potokem, převládají smrkové stromy, střední intenzita světla; vodní tok: koryto s několika tůňkami, bahnitý sediment na pískovcovém dně, šířka: 94 cm, hloubka: 10 cm, vodivost: 130 $\mu S \cdot cm^{-1}$, pH 6,56

4 Materiál a metody

4.1 Odběr vzorků

Na zkoumaném území jsem během tří let odebírala vzorky bentických sinic a řas z 15 malých vodních toků. Při jednorázovém odběru 14 potoků (říjen 2004 – červen 2006) a opakovaném odebírání potoka Suchá Bělá (duben 2004 – srpen 2006) jsem zvolila v horní a dolní části každého potoka 10 metrů dlouhý úsek, na kterém jsem náhodně odebírala vzorky z několika mikrobiotopů. Společenstva fytobentosu jsem získávala z mechorostů, kamenů, ponořených větví stromů a ze dna koryta. Mechorost jsem vyndala z vody a nad zkumavkou jsem ho promnula v ruce; nárosty na ponořených pevných substrátech jsem spolu s vodou z odběrového místa přenesla do zkumavky pomocí polštářků prstů nebo plastového víčka od zkumavky; dno se sedimentem jsem odebrala zkumavkou s polozakrytým ústím. Vzorky jsem převezla do laboratoře a zpracovala je do druhého dne.

Metodou lineárního transektu, kterou popsal BLUM (1957), jsem studovala změny v podélném profilu toku Suché Bělé. Od horního toku k dolnímu jsem po přibližně 50 metrech odebírala vzorky mikrobiotopů. V rámci potoka tak vzniklo 11 odběrových míst s postupně vzrůstající vzdáleností od pramene.

4.2 Základní fyzikálně-chemické parametry

Charakter zastínění a rychlost proudění na odběrových místech jsem vyjádřila odhadovou stupnicí: 1 velmi zastíněné, 2 středně zastíněné, 3 téměř bez zastínění; 0 klidná voda, 1 proudící voda, 2 vodopád. Velikost úseku vodního toku jsem popsala jeho průměrnou šířkou a hloubkou. Vzájemnou vzdálenost a nadmořskou výšku odběrových míst v rámci lokality nebylo možné v hlubokých roklích zaměřit navigačním přístrojem GPS. Proto je vzdálenost, vzájemně srovnatelná mezi lokalitami, uvedena jako čas potřebný k překonání vzdálenosti od dolního toku k hornímu. Převýšení mezi odběrovými místy je odečteno z vrstevnic na mapě s měřítkem 1:25 000.

Na každém odběrovém místě jsem stanovovala aktuální pH, konduktivitu a teplotu vody měřícím přístrojem Combo HI 98129, Hanna. Vzájemně srovnatelné hodnoty fyzikálně-chemických parametrů, nezávislé na měsíci a roku odběru, jsem získala v prosinci 2006, kdy jsem během tří dnů znovu změřila výše jmenované parametry na všech 30 odběrových místech a zároveň z nich odebrala vodu pro stanovení množství živin. Sondou 3205 JENWAY jsem stanovovala koncentraci NO_3^- a NH_4^+ a kolorimetrem HACH DR 890 celkový

dusík (Method 10071, Persulfate Digestion) a celkový fosfor (Method 8190, Acid Persulfate Digestion).

Geologické podloží jednotlivých potoků (viz Tab. 1) jsem vyhledala na internetových stránkách GeoINFO - geovědní informace na území ČR (Česká geologická služba 2003).

4.3 Zpracování vzorků pro následnou determinaci sinic a řas

4.3.1 Kultivace přírodních vzorků

Pro správné určení některých řas do druhů je nezbytné vidět v mikroskopu větší množství buněk populace v různém stádiu ontogeneze. Proto jsem se zajímavé a špatně určitelné organismy pokusila vyizolovat z kultivací na agarových nebo v tekutých živných médiích. Používala jsem několik typů médií, vhodných pro různé skupiny řas. BBM - Bold´s Basal Medium obohacené půdním dekoktem (BISCHOFF & BOLD 1963) - zelené řasy; modifikované DYIV medium (ANDERSEN et al. 1997) – zlativky; WC medium (GUILLARD & LORENZEN 1972) – rozsivky. Kultivované vzorky jsem uchovávala při pokojové teplotě a stálém zářivkovém osvětlení.

4.3.2 Příprava preparátů

Před pozorováním křemitých šupin zlativek a schránek rozsivek ve světelném a elektronovém mikroskopu je potřeba odstranit organickou součást vzorků. Využívala jsem metodu vypalování organického materiálu reakcí 33% roztoku peroxidu vodíku (H_2O_2) s dichromanem draselným ($K_2Cr_2O_7$) podle KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986). Alternativní metodou přípravy rozsivkových preparátů pro světelnou mikroskopii bylo žíhání přírodních vzorků na krycím sklíčku nad plamenem kahanu (HOUK 2003).

Vypálené případně vyžíhané vzorky určené pro sledování ve světelném mikroskopu jsem spojila kapkami syntetické pryskyřice Naphrax (LABO - MS s.r.o.), která vytvoří světlolomné prostředí zvýrazňující jemné struktury na schránkách rozsivek.

Hustotu vypálených vzorků vybraných pro elektronovou mikroskopii jsem upravovala přidáváním destilované vody ke kapce vzorku na podložním sklíčku a následným odsáváním nečistot z horní části kapky – většina křemičitých šupin a schránek totiž leží na dně kapky, na povrchu sklíčka. Upravený vzorek jsem pipetou přenesla na formvarovou blanku (transmisní elektronový mikroskop) nebo na alobal o velikosti 1x1 centimetr (rastrovací elektronový mikroskop). Při další úpravě vzorků jsem postupovala podle NEBESÁŘOVÁ (2002).

4.4 Determinace sinic a řas

Identifikaci jednotlivých organismů do druhů podle morfologických znaků jsem měla znesnadněnou taxonomicky nejasně vymezenou vnitrodruhovou a mezidruhovou morfologickou variabilitou některých druhů a malým množstvím buněk populace nalezených v přírodních vzorcích.

U taxonomicky problematických taxonů jsem použila následující zkratky a pojmy:

- cf. (confer) – nejednoznačně určené druhy
- sp. (single species), spp. (several species) – rod bez určení druhu případně druhů
- sensu lato – široké pojetí druhu, název zahrnuje více morfotypů
- taxon a / taxon b – morfologicky podobné taxony

Klasifikace zelených řas je na základě studií využívající molekulární metody zásadně pozměněna (př. HUSS et al. 1999, SENOUSY et al. 2004, GUIRY & GUIRY 2007). V seznamu druhů proto zástupce oddělení *Chlorophyta* neuvádím rozdělené do tříd.

Při determinaci sinic a řas jsem používala světelný mikroskop Olympus CX 31 a odborné publikace: Cyanobacteria: KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS (1998, 2005); Euglenophyta: WOŁOWSKI (1998); Dinophyta: POPOVSKÝ & PFIESTER (1990); Chrysophyta: KRISTIANSEN (2002), SIVER (1991), STARMACH (1985); Bacillariphyceae: ALLES et al. (1991), KRAMMER (2000, 2002, 2003), KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986, 1988, 1991a,b), LANGE-BERTALOT (2001), WERUM & LANGE-BERTALOT (2004); Rhodophyta: STARMACH (1977), LEDERER & LHOTSKÝ (2001); Chlorophyta: ETTL (1983), ETTL & GÄRTNER (1988, 1995), HINDÁK (1996), LOKHORST (1999), STARMACH (1972); Charophyta: LENZENWEGER (1996, 1997, 1999, 2003), RŮŽIČKA (1977, 1981), LOKHORST (1996); Xanthophyceae: ETTL (1978).

4.5 Kvantifikace jednotlivých taxonů

Sezónní dynamiku, prostorovou heterogenitu a diverzitu společenstev můžeme sledovat skrze kvantifikaci determinovaných organismů. Zhodnocení početnosti taxonů ve vzorcích lze provést několika způsoby. Počítáním buněk každého taxonu do určitého součtu zjistíme poměrné zastoupení taxonů ve vzorcích. Indexy biodiverzity (př. Simpsonův a Shannonův index, s*pecies evenness*) a bioindikační indexy (př. trofické a saprobní indexy) jsou počítány právě z počtů jednotlivých druhů (př. WERUM & LANGE-BERTALOT 2004). Tato metoda dává stejnou váhu velikostně rozdílným organismům. Přístup zohledňující při kvantifikaci velikost organismů (biovolume) bere v úvahu objemy geometrických tvarů, kterým se buňky pozorovaných taxonů přibližují (př. VAVILOVA & LEWIS 1999). Předchozí dvě metody jsou

časově náročné a ve většině případů zaznamenávají pouze dominantní a četné druhy.

V této studii jsem používala semikvantitativní stupnici pro odhad četností taxonů (GAISER & JOHANSEN 2000; MARHOLD & SUDA 2002). Zastoupení jednotlivých taxonů ve vzorcích jsem odhadovala podle stupnice, kterou jsem upravila tak, aby vyhovovala cílům výzkumu a charakteru ekosystémů. Původní tří stupňovou škálu (vzácnost, hojnost, dominance) jsem po prohlédnutí několika desítek vzorků z mých odběrů rozšířila o dva mezistupně.

- 1 – jedna až dvě buňky na preparát
- 2 – počet buněk od tří do zhruba sedmi
- 3 – běžné taxony
- 4 – hojné druhy
- 5 – dominance, více jak polovina vzorku je tvořena jedním druhem

Před testováním jednotlivých typů mikrobiotopů, zda mají charakteristické společenstvo, jsem sloučila vzorky odebrané ze stejného mikrobiotopu na stejném odběrovém místě - taxony jsem kvantifikovala vyšší hodnotou z pětičetné stupnice, pokud se četnosti taxonů ve vzorcích lišily.

4.6 Dokumentace nalezených taxonů

Při fotografování sinic a řas ve světelném mikroskopu Olympus s digitálním fotoaparátem jsem využívala Nomarského diferenciální interferenční kontrast, případně jsem u trvalých rozsivkových preparátů postupovala podle metody HOUK (2003). Fotografie z elektronového mikroskopu TEM JEOL 1011 a SEM JEOL 6380 zachytily několiktisíckrát zvětšené šupiny zlativek a schránek rozsivek (1800 – 23 000x). Rozlišení rastrovacího elektronového mikroskopu jsem upravovala změnou urychlovacího napětí (25-30kV) a velikosti svazku elektronů (spot-size 37-47). Zaostření, astigmatismus, jasnost a kontrast obrazu jsem před snímáním do počítače nejdříve upravila automatickými funkcemi a poté je doladila manuálně.

4.7 Metody analýzy dat

Při zpracovávání dat jsem používala programy Canoco 4.5 a CanoDraw 4.0 (TER BRAAK & ŠMILAUER 1998, 2002), Microsoft Excel 2003, Omnidia-software (LECOINTE et al.1993), PAST-software (HAMMER et al. 2001), demoverze S-PLUS 6.2 (Insightful) a ZT-software (BONNET & VAN DE PEER 2002).

4.7.1 Popisná statistika

Techniky popisné statistiky mi umožnily graficky znázornit (krabicové diagramy, sloupcové grafy) a popsat (př. průměr, medián, variance) základní strukturu kvantitativních dat o vzorcích a naměřených parametrech (ZVÁRA 2003).

4.7.2 Jednorozměrné statistické analýzy

Při testování vztahu kvantitativní závislé proměnné na nezávislé kategoriální proměnné jsem využívala jednocestnou analýzu variance (ANOVA). Předpokladem metody ANOVA je normální rozdělení v rámci skupin (Shapiro-Wilkův test) a homogenita variancí (Leveneův test), při nesplnění těchto předpokladů jsem použila Kruskal-Wallisův test (neparametrická analýza varience). Dva výběry s normálním rozdělením jsem porovnávala F-testem a t-testem, data s jiným rozdělením Mann-Whitneyho testem (ZVÁRA 2003). Krabicové diagramy zobrazují medián, horní a dolní kvartil, minimum, maximum a odlehlá pozorování.

Vzájemnou korelaci mezi dvěma nezávislými proměnnými prostředí jsem zjišovala Pearsonovým korelačním koeficientem (normální rozdělení), nebo neparametrickými korelačními koeficienty (Spearmannův, Kendallův).

4.7.3 Mnohorozměrné statistické analýzy

Prostřednictvím mnohorozměrných technik jsem zjišťovala vzájemnou druhovou podobnost vzorků nebo lokalit, společný výskyt taxonů, vliv faktorů prostředí na druhové složení společenstva fytobentosu a časovou a prostorovou variabilitu společenstev.

Data získaná z identifikace sinic a řas jsem vkládala do statistických programů ve dvou modifikacích, v závislosti na nulové hypotéze.

- data A – semikvantitativní stupnice výskytu taxonů na jednotlivých mikrobiotopech (vzorek = několik odběrových míst v rámci úseku vodního toku)
- data B – výskytu / absence taxonů na jednotlivých lokalitách (vzorek = celý potok, nebo část vodního toku)

Druhy vyskytující se pouze v jednom vzorku jsem do analýz nezahrnula.

Vícestavové kvalitativní proměnné prostředí jsem převedla do soustavy umělých binárních proměnných (MARHOLD & SUDA 2002).

Ordinační analýzy

Pro zjištění a testování významnosti vlivu jednotlivých proměnných prostředí na druhové složení, jsem využívala ordinačních metod.

Podle délky gradientu z výstupu nepřímé korespondenční analýzy DCA (*Detrended correspondence analysis*) jsem zvolila, zda pro analyzovaná data použít lineární, nebo unimodální (gradientové) metody (LEPŠ & ŠMILAUER 2000).

Předběžnou významnost jednotlivých proměnných prostředí jsem zjistila z jejich polohy vůči první a druhé ose v ordinačních diagramech, ze vzájemné míry korelace a z procent variability vysvětlené vybraným parametrem. Nejdůležitější nezávislé proměnné jsem postupně vybírala jako proměnné prostředí (přímé / kanonické techniky, RDA - *redundancy analysis* a CCA - *canonical correspondence analysis*), přičemž ostatní byly zadané jako kovariáty, tj. analyzovala jsem tu část variability závislých proměnných, která není vysvětlitelná kovariátami (HERBEN & MÜNZBERGOVÁ 2003). Významnost vlivu proměnných prostředí na druhové složení jsem testovala randomizačními testy (software CANOCO 4.5), které jsem specifikovala podle nulové hypotézy a struktury dat:

- vzájemně nezávislé vzorky – *unrestricted permutations*
- odstínění vlivu kategoriální proměnné prostředí – *design-based permutation*
- více vzorků na několika odběrových místech – *split-plot design*
- opakovaný odběr lokalit nebo odběrová místa na lineárním transektu – *spatial or temporal structure*

Abecední seznam zkratek taxonů použitých v ordinačních diagramech:

Achaci	*Achnanthes acidoclinata*	Chasoe	*Chamaepinnularia soehrensis*
Achlan	*Achnanthes lanceolata* sensu lato	Chlcocc	*Chlorococcacae* / kokální aerofytické
Achmin	*Achnanthes minutissima* sensu lato	Chrcap	*Chrysocapsaceae*
Achobl	*Achnanthes oblongella*	KerRap	*Keratococcus* / *Raphidonemopsis*
Ampped	*Amphora pediculus*	Klefla	*Klebsormidium flaccidum*
Brabre	*Brachysira brebissoni*	Mayato	*Mayamea atomus* var. *permits*
Calaer	*Caloneis bacillum* / *aerophila*	Melvar	*Melosira varians*
Coplli	*Cocconeis placentula* var. *lineata*	Mercir	*Meridion circulare*
Copsli	*Cocconeis plac.* var. *pseudolineata*	Mesota	*Mesotaenium* sp.
Cylbre	*Cylindrocystis brebisonii*	Mickra	*Microcostatus krasskei*
Cymnav	*Cymbopleura naviculiformis*	Mikkut	*Microthamnion kützingianum*
Dialae	*Diadesmis laevissima*	Monter	*Monoraphidium terestre*
Diames	*Diatoma mesodon*	Mouspp	*Mougeotia* spp.
Diapar	*Diadesmis paracontenta* / *contenta*	Navgre	*Navicula gregaria*
Encfal	*Encyonopsis falaisensis* / *microcephala*	Navlan	*Navicula lanceolata*
Encmin	*Encyonema minutum* / *silesiacum*	Navrhy	*Navicula rhynchocephala*
Eunimp	*Eunotia implicata*	Neiaff	*Neidium affine*
Eumutr	*Eunotia muscicola* var. *tridentula*	Ncryce	*Navicula cryptocephala* sensu lato
Eunbil	*Eunotia bilunaris*	Phospp	*Phormidium* spp.
Eunbot	*Eunotia botuliformis*	Pinaco	*Pinnularia acoricola* / *obscura*
Eunexi	*Eunotia exigua* / *tenella*	Pinbor	*Pinnularia borealis*
Eungla	*Eunotia glacialis*	Pipsgi	*Pinnularia pseudogibba*
Eunimp	*Eunotia implicata*	Pinrup	*Pinnularia rupestris*
Euninc	*Eunotia incisa*	Pinsch	*Pinnularia schoenfelderi*

Eunmin	*Eunotia minor*	Pinsil	*Pinnularia silvatica*
Eunpal	*Eunotia paludosa*	Pisuca	*Pinnularia subcapitata* / *sinistra*
Eunrho	*Eunotia rhomboidea*	Pivirf	*Pinnularia viridiformis*
Eunsep	*Eunotia septentrionalis*	Psahel	*Psammothidium helveticum*
Eupatr	*Eunotia paludosa* var. *trinacria*	Reisin	*Reimeria sinuata*
Euprbi	*Eunotia praerupta* var. *bigibba*	Royang	*Roya anglica*
Fracap	*Fragilaria capucina* sensu lato	Staanc	*Stauroneis anceps* sensu lato
Frauln	*Fragilaria ulna*	Stibac	*Stichococcus bacillaris*
Fravir	*Fragilariforma virescens*	Surang	*Surirella angusta*
Frucra	*Frustulia crassinervia*	Surbre	*Surirella brebissonii*
Frusax	*Frustulia saxonica*	Surrob	*Surirella roba*
Fruvul	*Frustulia vulgaris*	Tabflo	*Tabellaria flocculosa* / *ventricosa*
Gomcla	*Gomphonema clavatum*	Trach	*Trachelomonas* spp.
Gompar	*Gomphonema parvulum* sensu lato		

Shlukové analýzy

Žádnou ze shlukovacích metod nelze považovat za optimální pro každou situaci (EVERITT & DUNN 1983). Zkoumaný soubor dat jsem proto analyzovala několika shlukovacími technikami současně a interpretovala jsem shluky, které se vyskytovaly ve všech nebo alespoň ve většině případů (MARHOLD & SUDA 2002).

Využívala jsem shlukovací metody kategorie SAHN: sekvenční – shlukování postupuje po krocích, aglomerativní – postupné spojování objektů do větších shluků, hierarchické – shluky jsou hierarchicky uspořádané a vytvářející nepřekrývající se shluky (MARHOLD & SUDA 2002). Data jsem analyzovala třemi metodami: Wardovou metodou, která při shlukování objektů minimalizuje vnitroshlukový rozptyl a metodami nejbližšího souseda a průměrné vzdálenosti, které vzdálenosti respektive podobnosti jednotlivých objektů počítají z různých koeficientů (MARHOLD & SUDA 2002). Použila jsem následující koeficienty: Euklidovská vzdálenost, Pearsonův korelační koeficient, Diceův (Sørensenův) a Jaccardův index (HAMMER et al. 2006).

Mantelův test

K testování nebo naopak k odstínění vlivu vzájemné vzdálenosti odběrových míst na zkoumaném území a na lineárním transektu jsem využívala permutačních testů, které randomizují data zadaná v maticích. Jednoduchý Mantelův test srovnává dvě matice, zatímco parciální Mantelův test nejdříve odstraní variabilitu v datech vysvětlenou třetí maticí a poté testuje vztah prvních dvou matic (BONNET & VAN DE PEER 2002).

Vzájemnou floristickou podobnost lokalit jsem vyjádřila Bray-Curtisovým koeficientem (data A) a Diceovým (Sørensenovým) indexem (data B). Kvantitativní proměnné prostředí

jsou v maticích zapsané jako rozdíly naměřených hodnot a kvalitativní hodnoty jsou kódované jako binární data.

4.7.4 Indikační hodnoty

V návaznosti na empirické poznatky z různých ekosystémů byly publikovány tzv. indikační (ekologické) hodnoty taxonů (př. DENYS 1991a, b; SCHIEFELE & SCHREINER 1991, HÅKANSSON 1993, LECOINTE et al. 1993). Jednotlivým druhům řas byla přiřazena čísla, která vyjadřují autekologické vlastnosti taxonů a vztahují se ke konkrétnímu parametru prostředí.

S využitím indikačních hodnot identifikovaných rozsivek jsem získala měřítko trofie, saprobity a acidity pro zkoumané lokality. Do výpočtu jsem nezahrnula taxony neurčené do druhu případně variety vyskytující se na lokalitě vzácně v jednom vzorku a druhy s širokou ekologickou valencí. Jelikož jsem u trofie a saprobity vycházela ze tří systémů indikačních hodnot, LANGE-BERTALOT (1979), HOFMANN (1994), VAN DAM et al. (1994), sjednotila jsem stupnici kategorií a vypočítala průměrnou indikační hodnotu pro jednotlivé taxony. Indikační hodnoty pH pocházejí z publikace VAN DAM et al. (1994).

Ekologické kategorie taxonů:

- 1 oligotrofní / oligosaprobní / acidobiontní
- 2 oligo-mesotrofní / β-mesosaprobní / acidofilní
- 3 mesotrofní / α-mesosaprobní / neutrofilní
- 4 meso-eutrofní / α-meso-polysaprobní / alkalifilní
- 5 eutrofní / polysaprobní / alkalibiontní
- 6 hypereutrofní

Výslednou kategorii lokality jsem spočítala jako aritmetický průměr z vážených průměrů indikačních hodnot taxonů nalezených v jednotlivých vzorcích z vodního toku.

Vzorec váženého průměru: $$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i x_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i}$$

x – indikační hodnota

w – četnost podle semikvantitativní stupnice

n – počet taxonů ve vzorku

V publikacích, kde váhy k hodnotám představují právě četnosti, je rovnovážný průměr v angličtině nazýván *abundance-weighted mean* AWM (GAISER & JOHANSEN 2000; DENYS 2004; SIVER et al. 2005; CHARLES et al. 2006).

5 Jednorázový průzkum malých vodních toků

V této části se budu věnovat datům získaných z identifikace bentických sinic a řas odebraných ze čtrnácti malých vodních toků a z jednoho jarního odběru dlouhodobě studovaného potoka Suchá Bělá a významnosti vlivu parametrů prostředí na druhové složení.

5.1 Druhové bohatství

Při zjišťování druhového bohatství zkoumaných biotopů jsem rozpoznávala jednotlivé taxony podle morfologických znaků. Nové metodické přístupy v taxonomii a systematice sinic a řas však změnily pohled na klasifikaci, která je založená především na morfologii. V následujících odstavcích uvádím několik příkladů.

JOHANSEN & CASAMATTA (2005) navrhli pro determinaci a popis nových druhů sinic polyfázický přístup – kombinaci tradiční morfologie s molekulárními, případně dalšími moderními metodami (biochemie, ekologie aj.).

MANN et al. (2004) na základě vzájemných reprodukčních bariér, porovnávání molekulárních sekvencí a morfometrických technik rozpoznali u rozsivky *Sellaphora pupula* několik kryptických druhů.

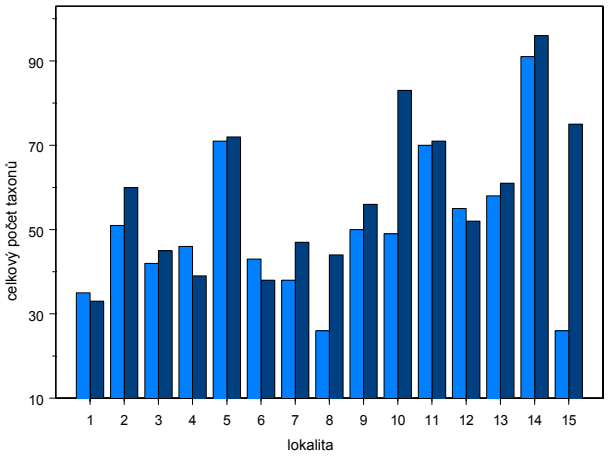
Molekulárně fylogenetické metody zařadily některé druhy téhož rodu – *Botryococcus*, *Chlorella* - do odlišných vyšších taxonomických skupin – Chlorophyceae, Trebouxiophyceae (HUSS et al. 1999; SENOUSY et al. 2004).

5.1.1 Celkový počet taxonů

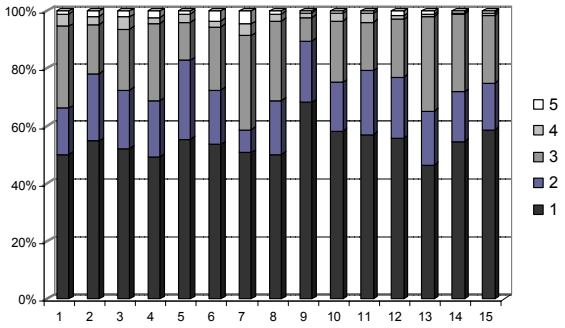
Ve 161 přírodních vzorcích jsem celkem determinovala 302 taxonů sinic a řas (viz Tab. 2). Celkový počet taxonů sinic řas v jednom vodním toku byl od 48 (Studený potok) do 119 (Vlčí potok). Pouze ve čtyřech potocích byl vyšší počet taxonů v horním úseku toku (Obr. 3) ve srovnání s dolním. Na horní tok připadlo průměrně 23 taxonů a na dolní 27. V jednom vzorku jsem determinovala 3 až 68 taxonů. Průměrný počet taxonů na vzorek byl 24. Největší podíl taxonů nalezených v jednotlivých vzorcích dosahoval nejnižších četností (Obr. 4).

Celkem jsem determinovala 193 taxonů ze skupiny Bacillariophyceae, 38 Charophyta, 34 Chlorophyta, 13 Synurophyceae, 9 Cyanobacteria, 4 Chrysophyceae, 4 Xanthophyceae, 2 Euglenophyta, 2 Dinophyta, 2 Rhodophyta a 1 Cryptophyta.

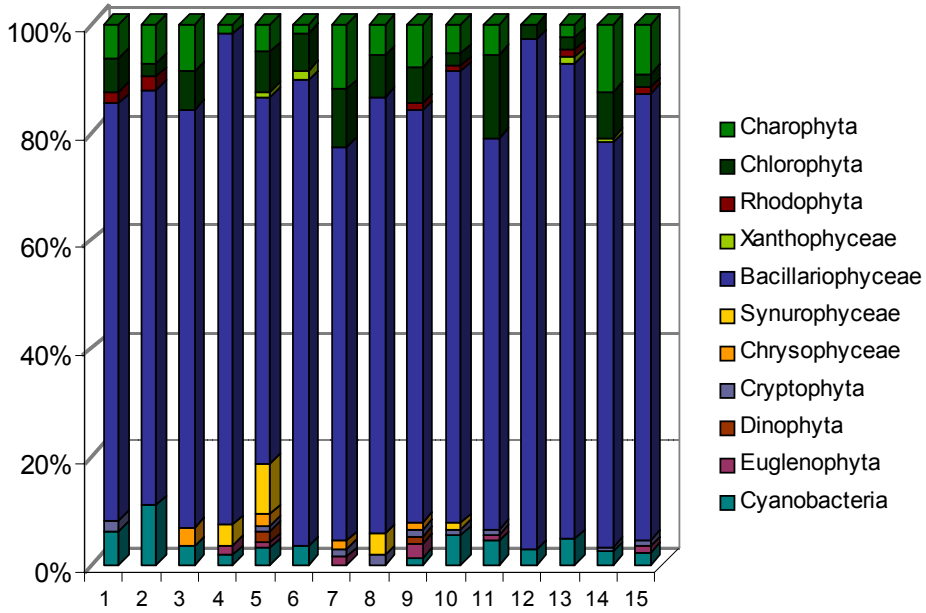
Podíl jednotlivých skupin bentických sinic a řas v celkovém počtu taxonů v jednotlivých potocích je znázorněn na obrázku 5. Největší druhového bohatství skýtala skupina Bacillariophyceae (rozsivky), přibližně 70-90%. Množstvím biomasy však v několika vzorcích dominovaly následující skupiny: Cyanobacteria (*Chamaesiphon*, *Phormidium*), Chrysophyta (*Chrysosphaera*), Rhodophyta (*Batrachospermum*), Chlorophyta (aerofytické kokální řasy) a Charophyta (*Mougeotia*, *Klebsormidium*).



Obr. 3: Počet taxonů na horním (sv.modrá) a dolním (tm.modrá) toku. 1-Studp 2-Dolžlp 3-SB 4-Písrok 5-Kachp 6-Ponlou 7-Hldůl 8-Mlýrok 9-Červep 10-Stnec 11-Doubp 12-Bílýp 13-Brtnp 14-Vlčíp 15-Panp



Obr. 4: Podíl četností výskytu taxonů ve vzorcích v rámci potoků. 1-Studp 2-Dolžlp 3-SB 4-Písrok 5-Kachp 6-Ponlou 7-Hldůl 8-Mlýrok 9-Červep 10-Stnec 11-Doubp 12-Bílýp 13-Brtnp 14-Vlčíp 15-Panp

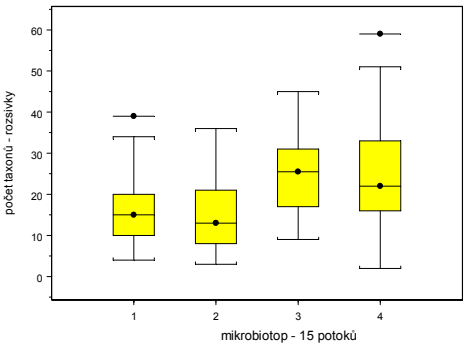


Obr. 5: Relativní zastoupení skupin fytobentosu v celkovém počtu taxonů v jednotlivých vodních tocích. 1-Studp 2-Dolžlp 3-SB 4-Písrok 5- Kachp 6-Ponlou 7-Hldůl 8-Mlýrok 9-Červep 10-Stnec 11-Doubp 12-Bílýp 13-Brtnp 14-Vlčíp 15-Panp

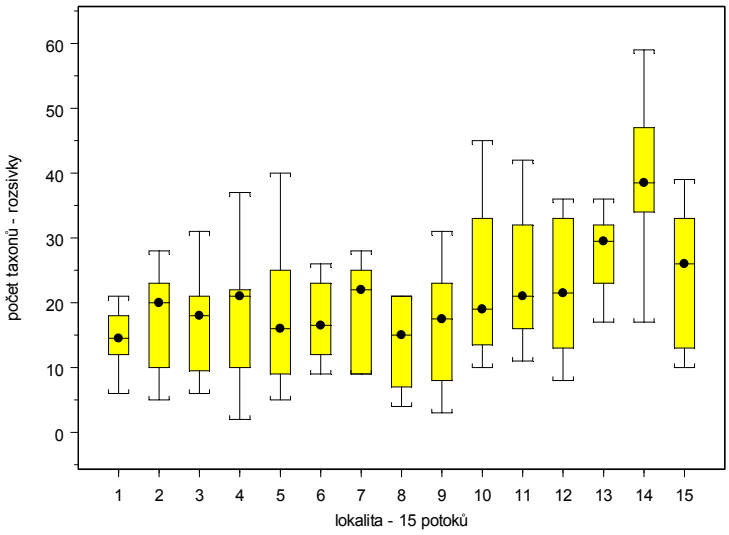
5.1.2 Variabilita druhového bohatství rozsivek

Variabilita počtu druhů rozsivek v jednotlivých mikrobiotopech a potocích je popsána krabicovými diagramy na obrázku 6 a 7. Kvartilové rozpětí druhového bohatství vzorků tvoří tři skupiny: Vlčí potok (34-47), pět potoků při východním okraji zkoumaného území (14-33, Stnec, Doubp, Bílýp, Brtnp, Panp) a zbývajících devět vodních toků (8-28, Studp, Dolžlp, SB, Písrok, Kachp, Ponlou, Hldůl, Mlýrok, Červep).

Rozdílná variabilita je patrná i v počtu rozsivek nalezených na jednotlivých mikrobiotopech. Vzorky odebrané z kamenů a dřeva mají menší počet druhů rozsivek než vzorky z vláknitých řas či mechorostů a ze sedimentu. Tento trend však může být ovlivněn nestejným počtem odebraným mikrobiotopů v jednotlivých potocích.



Obr. 6: Kruskal-Wallisův test: p <0,001 krabicové diagramy variability počtu rozsivek: 1-epiliton 2-epixylon 3-epifyton 4-epipelon



Obr. 7: Kruskal-Wallisův test p <0,001; krabicové diagramy variability počtu rozsivek: 1-Studp 2-Dolžlp 3-SB 4-Písrok 5-Kachp 6-Ponlou 7-Hldůl 8-Mlýrok 9-Červep 10-Stnec 11-Doubp 12-Bílýp 13-Brtnp 14-Vlčíp 15-Panp

5.2 Vzájemná podobnost společenstev

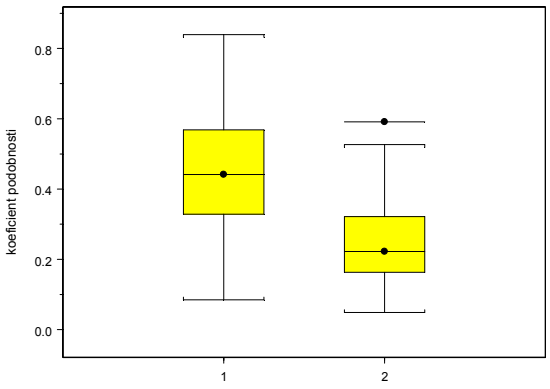
5.2.1 Srovnání indexů podobnosti

Vnitroskupinovou a meziskupinovou variabilitu druhového složení rozsivek jsem analyzovala využitím hodnot koeficientů podobnosti: Diceův index pro porovnání potoků a Bray-Curtisův index pro srovnání odebraných vzorků v rámci úseku vodního toku a celého potoka.

Nejvíce druhově podobné (Tab. 4) jsou Kachní a Červený potok (59,1%) zatímco nejméně Vlčí potok a Písečná rokle (4,9%). Vzorky odebrané ze stejného vodního toku mají velmi variabilní druhové složení - průměrná hodnota indexu podobnosti pro jednotlivé potoky se

pohybovala v rozmezí od 0,647 do 0,356.

Variabilita spočtených koeficientů podobnosti se signifikantně liší v rámci lokalit a mezi lokalitami ($p<0,001$). Na obrázku 8 je zjevné, že druhové složení rozsivek je více podobné v rámci potoků (průměr 0,447) než mezi potoky (průměr 0,245).



Obr. 8: F-test a t-test: $p<0,001$
krabicové diagramy variability koeficientů podobnosti: 1-v rámci lokality 2-mezi lokalitami

Porovnávala jsem také společenstva ze vzorků z horního a dolního toku vrámci potoka. Průměrná hodnota indexu podobnosti je nižší u vzorků z odlišných částí vodního toku než ze stejných. V tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty podobnosti vzorků (data A) v rámci odběrového místa a mezi odběrovými místy a výsledky Kruskal-Wallisova testu. Poslední sloupec tabulky srovnává celkové druhové složení mezi horním a dolním tokem (data B). Statisticky významný rozdíl mezi vzájemnou podobností vzorků ze stejného úseku vodního toku a mezi odlišnými úseky vodního toku vyšel u 11 potoků. V posledních dvou sloupcích tabulky lze porovnat podobnost společenstev horního a dolního toku s ohledem na četnosti taxonů v jednotlivých vzorcích (Bray-Curtisův index) nebo s ohledem pouze na výskyt společných druhů v horním a dolním toku (Diceův index). V několika případech je mezi těmito hodnotami značný rozdíl, z čehož vyplývá, že složení vzorků mělo velmi variabilní zastoupení druhů ve vzorcích z různých úseků vodního toku, ale velké množství druhů se vyskytovalo v horní i dolní části toku.

	B-C index v rámci HT	B-C index v rámci DT	test B-C index	B-C index HT versus DT	Dice index HT versus DT
Studený potok	0,440	0,668	***	0,440	0,656
Dolnožlebský potok	0,455	0,474	***	0,320	0,566
Suchá Bělá	0,483	0,671	***	0,382	0,767
Písečná rokle	0,475	0,485	x	0,417	0,667
Kachní potok	0,345	0,414	x	0,333	0,827
Ponova louka	0,560	0,513	***	0,356	0,615
Hluboký důl	0,565	0,622	***	0,369	0,494
Mlýnská rokle	0,509	0,561	***	0,370	0,559
Červený potok	0,388	0,400	**	0,312	0,627
Studenec	0,537	0,375	***	0,328	0,646
Doubický potok	0,680	0,647	x	0,631	0,791
Bílý potok	0,430	0,520	x	0,436	0,731
Brtnický potok	0,694	0,623	*	0,608	0,661
Vlčí potok	0,596	0,540	**	0,466	0,793
Panský potok	0,580	0,597	***	0,149	0,327

$p > 0,05$x $p < 0,05$* $p < 0,01$** $p < 0,001$***

Vzájemnou podobnost společenstev v jednotlivých mikrobiotopech jsem neporovnávala, protože jsem ve zkoumaných vodních tocích neodebírala vzorky ze všech mikrobiotopů a s několika opakováními v každém úseku potoka.

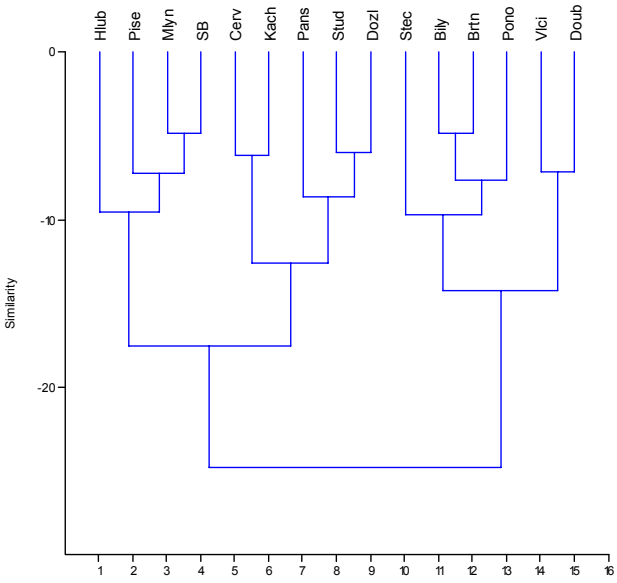
5.2.2 Mnohorozměrné analýzy

Mnohorozměrnost dat o druzích sinic a řas jsem zjednodušila shlukovacími technikami a nepřímou ordinační metodou.

Ze srovnání dendrogramů sestavených z různých měřítek vzdálenosti mezi skupinami (viz kapitola 4.7.3) a s kompletním nebo pouze s rozsivkovým druhovým složením (data B) vyplynulo trojí uspořádání potoků:

- Ponova louka, Studenec, Bílý p., Brtnický p., Doubický a Vlčí p.
- Hluboký důl, Suchá Bělá, Písečná a Mlýnská rokle, Studený p.
- Panský p., Dolnožlebský p., Červený p., Kachní p.

Vodní toky v rámci prvních dvou skupin se vyskytovaly pospolu v odlišné základní větvi, zatímco potoky v poslední skupině nejevily v dendrogramech jednoznačné shlukování (jeden z dendrogramů na obrázku 9).



Obr. 9: dendrogram vytvořený Wardovou metodou, vzájemná druhová podobnost sinic a řas ve vodních tocích

Unimodální nepřímá analýza DCA (data A) popsala prvními čtyřmi osami 21,9% variability v druhových datech. Vzájemná poloha lokalit a jejich charakteristické taxony (jejich autekologické vlastnosti viz kapitola 5.3.2) jsou znázorněné na obrázku 10.

Podél první osy (11,5 %) jsou lokality rozdělené do dvou shluků:

- Suchá Bělá, Písečná rokle, Mlýnská rokle, Hluboký důl, Červený a Kachní potok

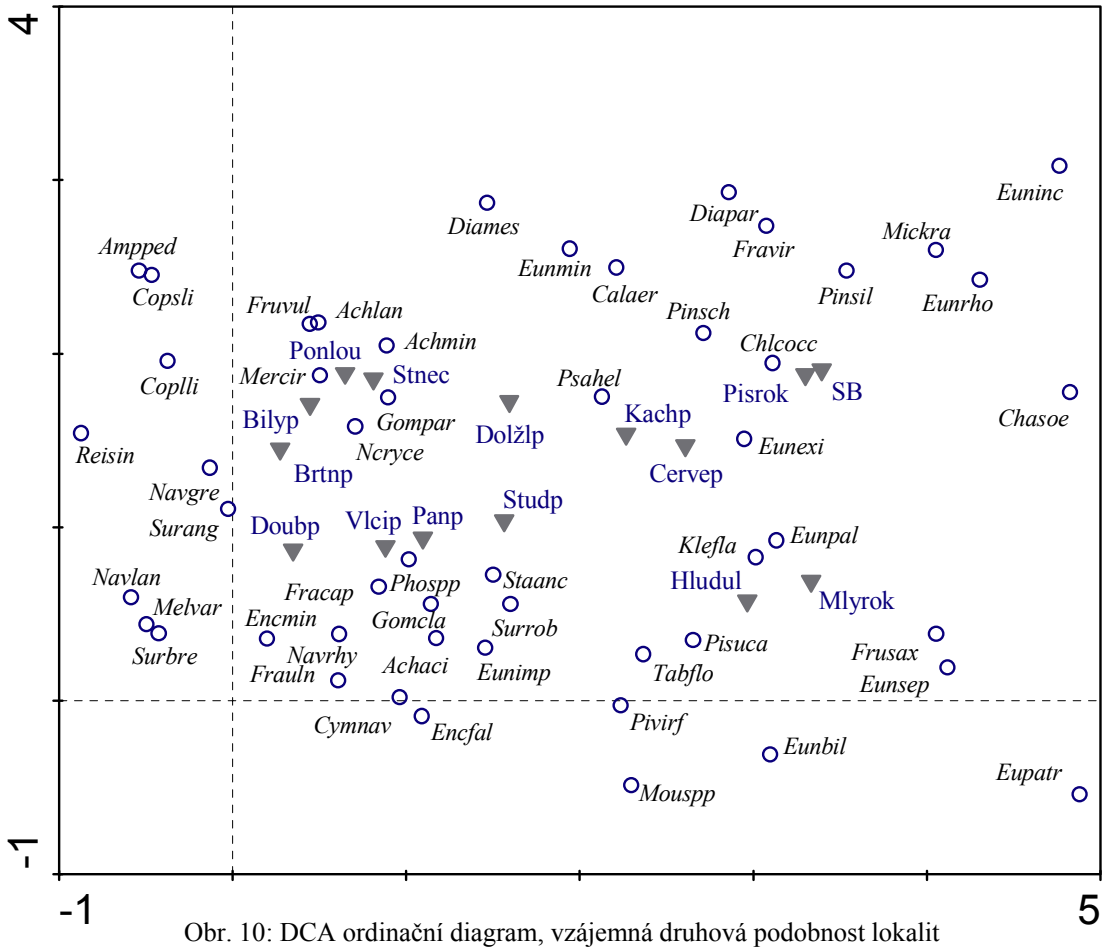
Vodní toky, které jsou součástí středové části pískovcového území a zároveň jejich geologické podloží není výrazně ovlivněno jiným typem hornin.

- Studený p., Dolnožlebský p., Panský p., Vlčí p., Studenec, Ponova louka, Bílý p., Brtnický a Doubický potok

Potoky ležící při okraji NP České Švýcarsko a vodní tok s pískovcovým podložím, které je prostoupeno čedičovým průnikem (Ponova louka).

Charakteristickými taxony první skupiny potoků jsou zástupci rodu *Eunotia*, *Pinnularia* a *Tabellaria*, druhy rozsivek *Chamaepinnularia söhrensis, Diadesmis paracontenta / contenta*, *Frustulia saxonica* a *Microcostatus krasskei*, vláknité zelené řasy *Klebsormidium flaccidum / nitens* a *Mougeotia* spp., kokální zelené aeroterestrické řasy – výskyt těchto taxonů je vázán na oligotrofní až dystrofní biotopy s nízkým pH a také na aerická stanoviště

V druhé části potoků jsou významnými taxony rozsivek rody *Achnanthes*, *Cocconeis, Cymbella*, *Fragilaria*, *Gomphonema*, *Navicula* a *Surirella*, druhy *Amphora pediculus*, *Frustulia vulgaris*, *Melosira varians*, *Meridion circulare* a *Reimeria sinuata* a druhy sinice rodu *Phormidium* – tyto taxony jsou charakteristické pro stanoviště s vyšším množstvím živin a vyšší hodnotou pH.



Obr. 10: DCA ordinační diagram, vzájemná druhová podobnost lokalit v prostoru prvních dvou os: 1. osa – 11,5% 2. osa 4,1% variability, 52 taxonů

5.3 Autekologické vlastnosti taxonů

Rozmezí hodnot proměnných prostředí u jednotlivých druhů uvedených ve floristicko-taxonomických publikacích vychází z nálezů v přírodě, nikoliv z experimentální manipulace proměnných prostředí v přírodních nebo laboratorních podmínkách.

5.3.1 Společenstva rozsivek vodních toků

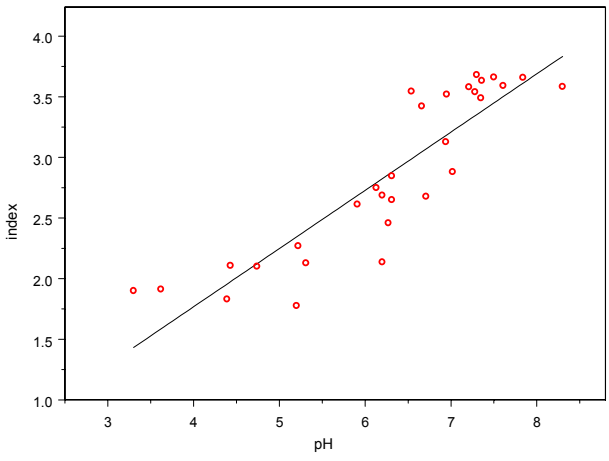
Empiricky zjištěné preference druhů rozsivek k množství živin (LANGE-BERTALOT 1979, HOFMANN 1994, VAN DAM et al. 1994) a pH (VAN DAM et al. 1994) jsem přepočetla na celý vodní tok výpočtem vážených průměrů ze všech vzorků odebraných na jednotlivých lokalitách. Množství subaerofytických rozsivek v jednotlivých potocích jsem vyjádřila jako podíl aerofytických druhů vyskytujících se na vlhkých nebo dočasně suchých stanovištích (VAN DAM et al. 1994).

Výsledné indikační hodnoty (viz tabulka) spadají do následujících kategorií:
1-acidobiontní / oligotrofní / oligosaprobní, 2-acidofilní / oligo-mesotrofní / β-mesosaprobní, 3-neutrofilní / mesotrofní / α-mesosaprobní, 4-alkalifilní / meso-eutrofní, 5-eutrofní

pH		trofie		saprobita		% subaerických rozsivek	
1,84	Písečná rokle	1,61	Písečná rokle	1,40	Písečná rokle	42,9	Mlýnská rokle
1,87	Mlýnská rokle	1,70	Mlýnská rokle	1,55	Suchá Bělá	38,5	Suchá Bělá
2,10	Hluboký důl	1,84	Hluboký důl	1,63	Mlýnská rokle	33,3	Písečná rokle
2,12	Suchá Bělá	1,87	Suchá Bělá	1,64	Hluboký důl	24,1	Červený p.
2,47	Červený p.	2,40	Studený p.	1,83	Kachní p.	23,1	Hluboký důl
2,57	Studený p.	2,50	Kachní p.	2,03	Studený p.	22,2	Ponova louka
2,68	Kachní p.	2,79	Červený p.	2,07	Červený p.	19,4	Panský p.
2,75	Dolnožl. p.	3,29	Dolnožl. p.	2,07	Dolnožl. p.	18,2	Bílý p.
3,27	Panský p.	3,54	Panský p.	2,23	Panský p.	17,2	Dolnožl. p.
3,31	Vlčí p.	3,68	Vlčí p.	2,41	Vlčí p.	16,3	Vlčí p.
3,48	Studenec	3,88	Ponova louka	2,53	Studenec	9,8	Studenec
3,53	Doubický p.	4,21	Doubický p.	2,56	Doubický p.	8,8	Brtnický p.
3,59	Bílý p.	4,30	Studenec	2,63	Bílý p.	8,8	Doubický p.
3,63	Ponova louka	4,35	Bílý p.	2,86	Brtnický p.	5,9	Studený p.
3,65	Brtnický p.	4,62	Brtnický p.	2,94	Ponova louka	3,6	Kachní p.

Vztah mezi indikačními hodnotami pH vypočtených ze společenstev rozsivek v jednotlivých úsecích vodních toků a naměřenými hodnotami pH na horních a dolních tocích je vyjádřen na obrázku 12. Míra korelace 0,891 a kovariance 0,754. Pravděpodobnost toho, že veličiny nejsou korelované: $p < 0{,}001$.

V celkovém ekologickém hodnocení potoků prostřednictvím autekologických vlastností rozsivek nejsou zahrnuty nově popsané nebo definované taxony.



Obr. 12: vztah naměřeného pH a indexu vypočteného z pH indikačních hodnot rozsivek

5.3.2 Charakteristické druhy lokalit

V tomto oddíle uvádím charakteristické taxony, které jsou zobrazeny v ordinačním diagramu nepřímé gradientové analýzy DCA (Obr. 10). Druhy jsem rozdělila do dvou skupin podle uspořádání potoků a druhů podél první osy v ordinačním grafu. U jednotlivých taxonů jsou uvedeny jedinečné morfologické znaky, autekologickými vlastnostmi a taxonomické poznámky.

1. skupina potoků:

Suchá Bělá, Písečná rokle, Mlýnská rokle, Hluboký důl, Červený potok, Kachní potok

Bacillariophyceae

Caloneis aerophila BOCK / *bacillum* (GRUNOW) CLEVE: morfologicky podobné druhy (JOHANSEN 1999), *Caloneis aerophila* – ostré konce, širší osové pole, široká fascia, zaoblené okraje ve středu schránky; výskyt: vlhké porosty rašeliníku na skalách, vrstva zeminy na skalách, pískovcové stěny, smáčené skály (BOCK 1963, 1970; KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986; KRAUTOVÁ 2006); *Caloneis bacillum* (GRUNOW) CLEVE – původně popsán z mořského pobřeží, proto by měl být taxon nalézaný ve sladkovodních prameništních vodách nově definován (LANGE-BERTALOT & METZELTIN 1996; WERUM & LANGE-BERTALOT 2004)

Diadesmis paracontenta LANGE-BERTALOT et WERUM / *contenta* (GRUNOW) D.G. MANN: (Tab. 6a, 7l); druh popsaný původně jako *Navicula contenta* GRUNOW byl rozdělen do několika nových druhů (př. LANGE-BERTALOT & GENKAL 1998; MOSER et al. 1998); výskyt: subaerofytické biotopy, zastíněné biotopy (SCHORLER 1915, KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986; COX 1996; CANTONATI 1998b), extrémně suchá vápencová i nevápencová podloží (BOCK 1963, 1970)

Eunotia bilunaris (EHRENBERG) MILLS: (Tab. 6r); výskyt: epifyticky na vláknitých řasách, acidofilní - přirozeně kyselé prostředí, ve slatiništích a v rašeliníku, na smáčených silikátových skalách (ALLES et al. 1991; KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1991; COX 1995; LANGE-BERTALOT & GENKAL 1998)

Eunotia exigua (BRÉBISSON ex KÜTZING) Rabenhorst / *tenella* (GRUNOW) HUSTEDT: (Tab. 6u-w); morfologií schránek v sebe často přecházejí, v publikacích KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1991) a WERUM & LANGE-BERTALOT 2004 pojaty jako samostatné druhy, zatímco v ALLES et al. 1991 jako variety; výskyt: biotopy s nízkým pH uváděným v rozmezí 2-7, optimální hodnota pH: 3,7-6; tolerantní vůči kolísání hodnot pH v antropogenně acidifikovaných

vodách, rezistentní vůči zvýšené koncentraci těžkých kovů, pískovcové nebo křemičitanem bohaté substráty, oligotrofní malé vodní toky s nízkou koncentrací elektrolytů, vysychající biotopy (SCHORLER 1915, BOCK 1963, 1970; ALLES et al. 1991; CHOLNOKY 1968; VAN DAM et al. 1981; HOFMANN 1989; KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1991; COX 1996; DENICOLA 2000; GAISER & JOHANSEN 2000, KRAUTOVÁ 2006)

Eunotia incisa GREGORY: (Tab. 6s); výskyt: pískovcové podloží (HOFMANN 1989, WERUM & LANGE-BERTALOT 2004), oligotrofní prameniště a horní úseky potoků s nízkým množstvím elektrolytů (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1991; COX 1996), optimum hodnot pH 4,6-5,2 (SIVER et al. 2005), tolerance k vyšším hodnotám vápníku než u jiných druhů rodu *Eunotia* (HOFMANN 1989; GAISER & JOHANSEN 2000)

Eunotia minor (KÜTZING) GRUNOW: (Tab. 6q); velmi morfologicky variabilní druh; výskyt: prameniště, malé vodní toky a smáčené skály, také na silikátových horninách, acidofilní druh s optimem pH 7 (ALLES et al. 1991, KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1991, COX 1995)

Eunotia paludosa GRUNOW: varieta *trinacria* (Tab. 6y) se liší od variety *paludosa* (Tab. 6l); hřbetní částí ve tvaru trojúhelníku; výskyt: kyselé prostředí (rozmezí pH 3,7-5,2), oligotrofní až dystrofní biotopy, často mezi rašeliníky, také na vrchovištích, slatiništích, smáčené skály Labských pískovců (HOFMANN 1989, ALLES et al. 1991, KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1991, GAISER & JOHANSEN 2000, RUMRICH et al. 2000, SIVER et al. 2005)

Eunotia praerupta EHRENBERG: charakteristické konce schránek, výskyt: smáčené pískovcové skály, kyselé, oligotrofní až dystrofní biotopy (SCHORLER 1915, KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1991, GAISER & JOHANSEN 2000, KRAUTOVÁ 2006)

Eunotia rhomboidea HUSTEDT: (Tab. 6p); asymetrický tvar schránky; výskyt: oligotrofní až dystrofní kyselé vody s nízkým množstvím elektrolytů, také rašeliništní, slatiništní a pískovcové oblasti, optimum pH 4,9-5,1 (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1991; COX 1996; GAISER & JOHANSEN 2000; RUMRICH et al. 2000; SIVER et al. 2005)

Eunotia septentrionalis OESTRUP: výrazně vyklenutá hřbětní část misek; výskyt: oligotrofní až dystrofní biotopy, slatiniště, indikátorem přirozeně kyselého prostředí (ALLES et al. 1991; KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1991; RUMRICH et al. 2000)

Fragilariforma (*Fragilaria*) *virescens* (RALFS) WILLIAMS et ROUND: struktura schránek bez středového pole; výskyt: prameniště, malé vodní toky, kyselé, oligotrofní nebo dystrofní biotopy s nízkým množstvím elektrolytů, pískovcové substráty (SCHORLER 1915; KRAMMER

& LANGE-BERTALOT 1991; COX 1996; RUMRICH et al. 2000; SIVER et al. 2005)

Frustulia saxonica RABENHORST: v literatuře také pod jménem *F. rhomboides* var. *saxonica* (RABENHORST) DE TONI; výskyt: přirozeně kyselé lokality (pH optimum 4,9-5,2), oligotrofní biotopy, vyšší množství huminových kyselin, rašeliniště a vrchoviště, nízké množství elektrolytů, smáčené pískovcové skály, často subaerofyticky nebo aeroterestricky (BOCK 1963; SCHORLER 1915; COX 1996; GAISER & JOHANSEN 2000; LANGE-BERTALOT 2001; RUMRICH et al. 2000; SIVER et al. 2005)

Chamaepinnularia (*Navicula*) *söhrensis* (KRASSKE) LANGE-BERTALOT et KRAMMER: (Tab. 6h, 7n); rozsivka velmi malých rozměrů s konvexní středovou částí; výskyt: kyselé oligotrofní biotopy s nízkým množstvím elektrolytů, prameništní, také aerofyticky na smáčených silikátových skalách a ve vlhkých mechorostech (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986; ETTL & GÄRTNER 1995; COX 1996; RUMRICH et al. 2000)

Microcostatus (*Navicula*) *krasskei* (HUSTEDT) JOHANSEN et SRAY: (Tab. 6g, 7n); výrazná světlolomná struktura podél okrajů schránky; výskyt: subaerofytické biotopy – vlhké mechorosty na skalách, smáčené pískovcové stěny, pravděpodobně upřednostňuje kyselá stanoviště s nízkým množstvím živin, v chladných oblastech ve středním pásmu (BOCK 1963, 1970; KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986; ETTL & GÄRTNER 1995; JOHANSEN & SRAY 1998; KRAUTOVÁ 2006)

Pinnularia schoenfelderii KRAMMER: (Tab. 5p); nově definovaný taxon z druhu *P. microstauron* var. *brebissonii* f. *diminuta* sensu HUSTEDT; výskyt: středohorské a vysokohorské oblasti Evropy, oligotrofní biotopy s nízkým množstvím elektrolytů, aerofyticky na skalách a stěnách (BOCK 1963, 1970; KRAMMER 1992; RUMRICH et al. 2000)

Pinnularia silvatica PETERSEN: v literatuře také pod jménem *Pinnularia appendiculata* (AGARDH) CLEVE, v novějším pojetí velmi morfologicky blízký druh *P. perirrorata* KRAMMER; výskyt: oligotrofní biotopy s nízkým množstvím elektrolytů a nízkými hodnotami pH, vlhké mechorosty nebo aerická stanoviště, pískovcové stěny (SCHORLER 1915; BOCK 1963; ETTL & GÄRTNER 1995; KRAMMER 1992, 2000; WERUM & LANGE-BERTALOT 2004)

Pinnularia subcapitata GREGORY / *sinistra* KRAMMER: (Tab. 5o); morfologicky nejednoznačně vymezené taxony; výskyt: efemerní, kyselé, oligo-dystrofní biotopy s nízkým množstvím elektrolytů, především rašeliniště, subaerofyticky nebo terestricky (BOCK 1970; KRAMMER 1992, 2000; KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986; ETTL & GÄRTNER 1995; GAISER &

JOHANSEN 2000; RUMRICH et al. 2000; WERUM & LANGE-BERTALOT 2004)

Pinnularia viridiformis KRAMMER: nově definovaný taxon z druhu *P. viridis* (NITZSCH) EHRENBERG; výskyt: oligotrofní kyselé vody s nízkým až středním obsahem elektrolytů (KRAMMER 1992, 2000; RUMRICH et al. 2000; GAISER & JOHANSEN 2000)

Psammothidium helveticum (HUSTEDT) BUKHTIYAROVA et ROUND: (Tab. 5f-g); v literatuře také jako *Achnanthes helvetica* (HUSTEDT) LANGE-BERTALOT; výskyt: horské oblasti, oligotrofní až dystrofní prameniště a malé vodní toky s nízkým množstvím elektrolytů, neutrální až mírně kyselé pH, také biotopy na pískovcovém podloží (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986; WERUM & LANGE-BERTALOT 2004; SIVER et al. 2005)

Tabellaria flocculosa (ROTH) KÜTZING / *ventricosa* KÜTZING: morfologicky velmi podobné taxony; výskyt: oligotrofní až dystrofní biotopy s nízkým množstvím elektrolytů, pH neutrální nebo mírně kyselé, také ve vrchovištích a aeroterestricky na pískovcových skálách circumneutral or slightly acidic waters (SCHORLER 1915; KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1991; COX 1996; WERUM & LANGE-BERTALOT 2004; KRAUTOVÁ 2006)

Chlorophyta

Chlorococcaceae / aerofytické kokální řasy: v přírodních vzorcích velmi obtížná druhová či rodová identifikace, protože jsou ve vzorcích smíseny buňky populací několika druhů. Nejvyšších četností dosahovaly rody *Coccomyxa* SCHMIDLE, *Chlorella* BEIJERINCK, *Gloeocystis* NÄGELI a *Pseudococcomyxa* KORŠIKOV. Taxony vyizolované z kultivací jsou v kapitole 5.6.

Charophyta

Klebsormidium flaccidum (KÜTZING) SILVA, MATTOX et BLACKWELL / *nitens* (MENEGHINI in KÜTZING) LOKHORST: (Tab. 8m); charakteristické znaky separující tyto dva druhy nejsou stálé, ale mění se v průběhu ontogeneze a působením proměnných prostředí (ŠKALOUD 2006); výskyt: především v aeroterestrických biotopech (ETTL & GÄRTNER 1995; LOKHORST 1996; FLECHTNER et al. 1998; LUKEŠOVÁ 2001; NEUSTUPA 2001).

Mougeotia spp. AGARDH: ve vzorcích jsem pozorovala pouze sterilní vlákna, charakteristický tvar chloroplastu a buněčných přepážek; výskyt: v prostředí s nízkým pH dosahuje vyšších abundancí (GREENWOOD & LOWE 2006)

2. skupina potoků:

Studený potok, Dolnožlebský potok, Panský potok, Vlčí potok, Studenec, Ponova louka, Bílý potok, Brtnický potok, Doubický potok

Bacillariophyceae

Achnanthes acidoclinata LANGE-BERTALOT: (Tab. 5i-j); nově definovaný taxon z druhu *Achnanthes marginulata* GRUNOW; výskyt: mírně kyselé až neutrální slabě dystrofní vody s nízkým množstvím elektrolytů, také biotopy na pískovcovém podloží (LANGE-BERTALOT & METZELTIN 1996; WERUM & LANGE-BERTALOT 2004)

Achnanthes lanceolata (BRÉBISSON) GRUNOW sensu lato: v současné literatuře také pod jmény *Planothidium frequentissimum* (LANGE-BERTALOT) LANGE-BERTALOT a *P. lanceolatum* (BRÉBISSON ex KÜTZING) LANGE-BERTALOT; výskyt: jedny z nejběžnějších taxonů rozsivek, různorodé biotopy, kromě extrémně kyselých nebo extrémně alkalických vod (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1991; COX 1996; RUMRICH et al. 2000; WERUM & LANGE-BERTALOT 2004)

Achnanthes minutissima KÜTZING: v posledních letech popsáno několik nových druhů (rod *Achnanthidium* KÜTZING) původně pojmenovávaných jedním druhovým jménem; výskyt: velmi hojný, široké rozmezí faktorů prostředí bez extrémních hodnot, pionýrský taxon v osidlování substrátů (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1991; COX 1996; RUMRICH et al. 2000; WERUM & LANGE-BERTALOT 2004)

Cymbopleura (*Cymbella*) *naviculiformis* (AUERSWALD) KRAMMER: hojný výskyt v prameništích a vodních tocích (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986; COX 1996)

Encyonema minutum (*Cymbella minuta*) (HILSE ex RABENHORST) D.G. MANN / *silesiacum* (C. *silesiaca*) (BLEISCH in RABENHORST) D.G. MANN: (Tab. 5k); podle WERUM & LANGE-BERTALOT (2004) nejednoznačně morfologicky vymezené druhy; výskyt: *C. minuta* HILSE ex RABENHORST - oligotrofní vody se středním množstvím elektrolytů, také aerofyticky (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986; GAISER & JOHANSEN 2000), *C. silesiaca* BLEISCH - široká ekologická valence (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986; COX 1996)

Encyonopsis (*Cymbella*) *falaisensis* (GRUNOW) KRAMMER / *microcephala* (GRUNOW) KRAMMER: (Tab. 6m); komplex nejasně systematicky vymezených druhů (JOHANSEN 1999); výskyt: oligotrofní vody se středním množstvím elektrolytů a vyšším obsahem rozpuštěného kyslíku, také smáčené mechorosty (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986, RUMRICH et al. 2000)

Eunotia implicata NÖRPEL, LANGE-BERTALOT et ALLES: (Tab. 6t); střed hřbetní části mírně prohlouben; výskyt: oligotrofní až dystrofní vody s nízkým množstvím elektrolytů a neutrálním pH (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1991, RUMRICH et al. 2000)

Frustulia vulgaris (THWAITES) DE TONI: středové konce rafe systému zahnuté jedním směrem; výskyt: různorodé biotopy z hlediska saprobity, trofie, salinity a množství elektrolytů, vyšší množství rozpuštěného kyslíku ve vodě, smáčená a aerická stanoviště (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986; COX 1996; RUMRICH et al. 2000; LANGE-BERTALOT 2001)

Gomphonema clavatum EHRENBERG: (Tab. 5t); tento taxon v sobě zahrnuje komplex několika druhů (WERUM & LANGE-BERTALOT 2004); výskyt: široká ekologická valence (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986)

Gomphonema parvulum (KÜTZING) KÜTZING sensu lato: velmi morfologicky heterogenní (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986), pravděpodobně komplex druhů; výskyt: různá vodní prostředí (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986; COX 1996; RUMRICH et al. 2000; WERUM & LANGE-BERTALOT 2004)

Meridion circulare (GREVILLE) AGARDH: schránky většinou v pleurálním pokledu, proto nerozlišuji jednotlivé variety; výskyt: studené proudící vody, pH v rozmezí 4-8,3 (pH optimum 7-8), vyšší četnosti ve vodních tocích s vápencovým podložím a s vyššími hodnotami vodivost (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1991; COX 1996; RUMRICH et al. 2000)

Navicula gregaria DONKIN: velmi jemné téměř paralelní strie; výskyt: vyšší koncentrace elektrolytů až brakické vody, široká ekologická valence (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986; COX 1996; RUMRICH et al. 2000)

Stauroneis anceps EHRENBERG sensu lato: komplex druhů (VAN DE VIJVER et al. 2004a; WERUM & LANGE-BERTALOT 2004); výskyt: široká ekologická valence (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986; COX 1996; RUMRICH et al. 2000)

Surirella angusta KÜTZING: isopolární schránka s vytaženými tupě zakončenými póly; výskyt: meso-eutrofní vody se středním množstvím elektrolytů (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1988; COX 1996; RUMRICH et al. 2000)

Surirella roba LECLERCQ: (Tab. 5n); oligotrofní vodní toky s nízkým až středním množstvím elektrolytů (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1988; COX 1996; RUMRICH et al. 2000)

Amphora pediculus (KÜTZING) GRUNOW, *Cocconeis placentula* EHRENBERG var. *lineata* / *pseudolineata*, *Fragilaria ulna* (NITZSCH) LANGE-BERTALOT, *Melosira varians* AGARDH, *Navicula cryptocephala* KÜTZING, *Navicula lanceolata* (AGARDH) EHRENBERG (Tab. 5r), *Navicula rhynchocephala* KÜTZING (Tab. 5s), *Reimeria* (*Cymbella*) *sinuata* (GREGORY) KOCIOLEK et STOERMER, *Surirella brebissonii* KRAMMER et LANGE-BERTALOT: taxony s širokou ekologickou valencí, nespecifický výskyt na biotopech

5.4 Proměnné prostředí

Na odběrových místech zkoumaných vodních toků jsem měřila proměnné prostředí v den odběru vzorků a také v prosinci 2006 (Tab. 3). Prosincové stanovení parametrů vody mi umožnilo srovnat hodnoty proměnných prostředí mezi jednotlivými potoky v krátkém časovém rozmezí a s parametry naměřenými v den odběru. V prosinci jsem navíc měřila koncentraci živin.

Hodnoty pH při odběru vzorků odpovídají hodnotám pH při měření parametrů všech vodních toků během tří dnů (korelace 0,864). Hodnoty vodivosti a teploty jsou mnohem méně korelovány mezi jednotlivý stanoveními parametrů. Množství jednotlivých živin (NO_3^-, NH_4^+, celkový dusík a fosfor,) je na lokalitách velmi variabilní. Nejvyšších hodnot dosahuje: Kachní potok, Dolnožlebský potok, Brtnický potok a Studený potok, zatímco nejnižších: Hluboký důl, Mlýnská rokle, Studenec a Vlčí potok.

5.4.1 Testování vlivu parametrů prostředí

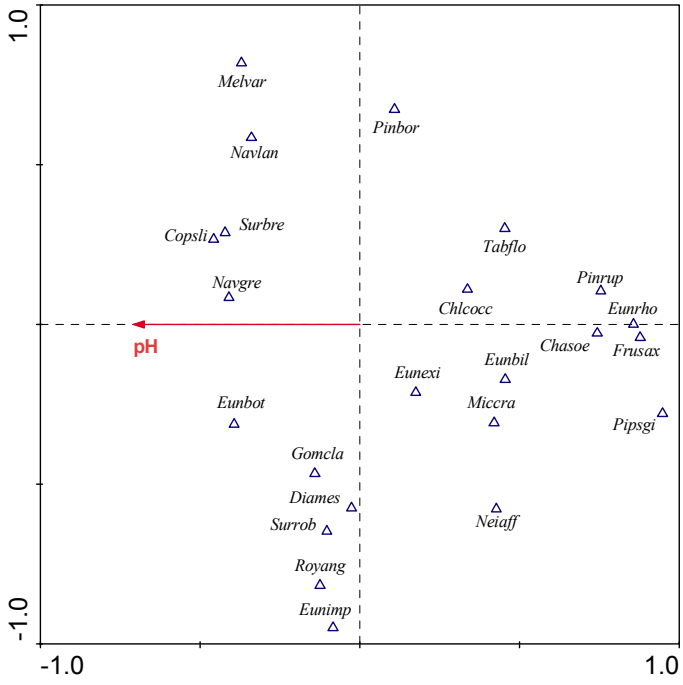
Přestože z autekologických vlastností společenstev vyplývá důležitý vliv množství živin na vysvětlenou variabilitu v datech (viz kapitola 5.3.1), nebyl přímý vliv trofie testován, jelikož naměřené hodnoty dusíku a fosforu na jednotlivých lokalitách pocházejí z jiného období, než byly odebírány vzorky bentických sinic a řas.

Významnost vlivu vzájemné vzdálenosti lokalit na druhové složení jsem zjišťovala Mantelovým testem. Vliv jednotlivých lokalit, odběrového místa, geologického podloží (převážně pískovcové nebo různorodé), vodivosti, teploty a pH na druhové složení (data B) jsem testovala přímými gradientovými ordinačními metodami CCA.

Vzájemná geografická vzdálenost lokalit nemá vliv na druhové složení. To znamená, že společenstva potoků s nižší vzájemnou vzdáleností si nejsou svým druhovým složením podobnější než potoky více od sebe vzdálené.

Statisticky významný vliv na variabilitu druhového složení mají lokality - při odstínění všech ostatních proměnných prostředí (66,6% vysvětlené variability, $p < 0,001$), pH - pokud nejsou mezi kovariátami zahrnuty lokality (6,8% vysvětlené variability, $p < 0,05$; Obr. 11) a geologie - pokud nejsou mezi kovariátami zahrnuty lokality (9,9% vysvětlené variability, $p < 0,01$).

Z ordinačního diagramu vyplývá nejvyšší pozitivní korelace rozsivek *Navicula gregaria*, *Cocconeis placentula* var. *pseudolineata*, *Surirella brebissonii*, a *Eunotia botuliformis* ke zvyšující se hodnotě pH. *Frustulia saxonica*, *Eunotia rhomboides*, *Pinnularia rupestris* a *Chamaepinnularia soehrensis* byly nalézány při velmi nízkých hodnotách pH.



Obr. 11: CCA ordinační diagram – 1. osa (pH) 6,8% 2.osa 9,9% vysvětlené variability, 26 taxonů

5.5 Zajímavé nálezy

V této části zmíňuji druhy rozsivek a šupinatých chrysomonád s ojedinělým výskytem ve zkoumaných vodních tocích, nedávno popsané nebo nově definované taxony a nové nálezy pro Českou republiku.

5.5.1 Chrysophyceae

Mallomonas annulata (BRADLEY) HARRIS: (Tab. 7a); Kachní potok, nový nález na území Labských pískovců (NOVÁKOVÁ et al. 2004); výskyt: hojně rozšířený kosmopolitní druh s širokou ekologickou valencí (trofie, salinita, pH, vodivost), upřednostňuje chladné vody (SIVER 1989, 1991, 1995; NĚMCOVÁ et al. 2003; ŘEZÁČOVÁ 2003)

Mallomonas ouradion HARRIS et BRADLEY: Mlýnská rokle, vyvinutá populace; výskyt: ojedinělý rozptýlený výskyt v oligotrofních až dystrofních, kyselých (pH 3,3-7,2) vodách s nízkou vodivostí < 250µS·cm^{-1}, také v rašeliništích (NĚMCOVÁ 2000; KRISTIANSEN 2002; NĚMCOVÁ et al. 2003; ŘEZÁČOVÁ 2003; NOVÁKOVÁ 2004)

Mallomonas flora HARRIS et BRADLEY: (Tab. 7d); Kachní potok, nový nález na území

Labských pískovců (NOVÁKOVÁ et al. 2004); výskyt: široce rozšířený druh ve vodním prostředí s pH 4,4–6,4 a nízkým množstvím elektrolytů (KRISTIANSEN 2000, 2002; NOVÁKOVÁ 2002; NĚMCOVÁ et al. 2003)

Chrysodydimus synuroideus PROWSE: (Tab. 7j); Kachní potok, nový nález pro Českou republiku (POULÍČKOVÁ et al. 2004, NĚMCOVÁ osobní sdělení); tvoří 2 buněčné kolonie, které mají rozdílný způsob pohybu ve vodním prostředí než rod *Synura* (NICHOLLS & GERRATH 1985); výskyt: široce rozšířený acidofilní nebo acidobiontní druh (KRISTIANSEN 2000; SIVER 2001)

Mallomonas multisetigera DURRSCHMIDT: (Tab. 7e); Písečná rokle, nový nález pro Českou republiku (POULÍČKOVÁ et al. 2004, NĚMCOVÁ osobní sdělení); výskyt: kosmopolitně rozšířený druh, hojnější výskyt v kyselých biotopech (KRISTIANSEN 2000; SIVER 2001)

5.5.2 Bacillariophyceae

Caloneis vasileyevae LANGE-BERTALOT, GENKAL et VEKHOV: (Tab. 6p); morfologicky podobný druhům *Caloneis aerophila* / *bacillum*; nález: Suchá Bělá

Craticula (*Navicula*) *riparia* (HUSTEDT) LANGE-BERTALOT var. *riparia*: nález: Písečná rokle a Červený potok; výskyt: kyselé biotopy s nízkým množstvím elektrolytů (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1985; LANGE-BERTALOT 2001)

Diadesmis laevissima (CLEVE) MANN (*Navicula gallica* var. *lavissima* (CLEVE) LANGE-BERTALOT) – (Tab. 6c-d, 7k); na schránce s obvodovými trny po není vytvořeno rafe; nález: Suchá Bělá; výskyt: smáčené skály a mechy, také v půděm, na biotopech se silně sníženou intenzitou světla a pískovcových stěnách **(**KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1985, ETTL & GÄRTNER 1995, KRAUTOVÁ 2006)

Diploneis fontanella LANGE-BERTALOT: nález: Studený potok, Suchá Bělá, Červený potok a Vlčí potok

Eunotia botuliformis WILD, NÖRPEL-SCHEMPP et LANGE-BERTALOT: (Tab. 6x); nález: v 8 potocích; výskyt: oligotrofní až dystrofní kyselé biotopy s nízkým množstvím elektrolytů (RUMRICH et al. 2000; LANGE-BERTALOT 2003; WERUM & LANGE-BERTALOT 2004)

Eunotia nymmaniana GRUNOW: tvar pólů buněk; nález: Červený potok; výskyt: oligotrofní až dystrofní biotopy (RUMRICH et al. 2000)

Frustulia weinholdii HUSTEDT: výrazně ohnuté středové konce rafe stejným směrem; nález: Bílý potok, Vlčí potok; výskyt: oligosaprobní, meso-eutrofní vody s nižším až středním množstvím elektrolytů (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986; LANGE-BERTALOT 2001)

Chamaepinnularia (*Navicula*) *mediocris* (KRASSKE) LANGE-BERTALOT: (Tab. 6ch, 7m); drobné schránky s mírně konvexní středovou částí; nález: Písečná rokle, Červený potok, Dolnožlebský potok, Suchá Bělá; výskyt: oligotrofní biotopy s nízkým množstvím elektrolytů, rašelinné tůně, prameniště, potoky (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986; RUMRICH et al. 2000)

Kobayasiella (*Navicula*) *subtilissima* (CLEVE) LANGE-BERTALOT: nález: Písečná rokle; výskyt: oligotrofní až dystrofní biotopy s velmi nízkým pH a malým množstvím elektrolytů, také rašeliniště (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986; COX 1996; RUMRICH et al. 2000)

Navicula tridentula KRASSKE: zvlněný okraj schránky; nález: Vlčí potok, Mlýnská rokle; výskyt: prameništní část vodních toků, rašeliniště, nízké množství elektrolytů, většinou ojedinělý výskyt (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1986)

Neidium carterii KRAMMER: (Tab. 7o); zakřivení středových konců rafe; nález: Písečná rokle, Červený potok, Suchá Bělá; výskyt: oligotrofní až dystrofní stanoviště, pravděpodobně široce rozšířený v mírném pásu severní polokoule, avšak pojmenováván jako *N. hercynicum* MAYER, ve vzorcích ojedinělý výskyt (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1985; RUMRICH et al. 2000)

Peronia fibula (BRÉBISSON ex KÜTZING) ROSS: rafe konce vybíhající do středu schránky; nález: Suchá Bělá; výskyt: velmi kyselé oligotrofní až dystrofní vody s nízkým množstvím elektrolytů (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1991; COX 1996; RUMRICH et al. 2000; SIVER 2005)

Pinnularia acoricola HUSTEDT / *obscura* KRASSKE: vzájemně zaměnitelné; nález: v 9 vodních tocích; výskyt: *P. acoricola* HUSTEDT oligotrofní, oligosaprobní horské toky s nízkým množstvím elektrolytů, také z horkých velmi kyselých pramenů (teplota: 20,5-46,8°C, pH 2-4); *P. obscura* hojná v méně kyselých podmínkách, aerofyticky v mechorostech a na mokrých skalách (KRAMMER 1992; DENIKOLA 2000; RUMRICH et al. 2000; JORDAN 2001)

Placoneis ignorata (SCHIMANSKI) LANGE-BERTALOT: (Tab. 5c); nově definovaný taxon z druhu *Navicula elginensis* (GREGORY) RALFS var. *cuneata*, bez diferencovaných konců; nález: Ponova louka, Bílý potok, Brtnický potok, Panský potok

Placoneis paraelginensis LANGE-BERTALOT: nově definovaný taxon z druhu *Navicula elginensis* (GREGORY) RALFS, který má okraje ve středu buněk více konvexní; nález: v 8 vodních tocích

5.6 Vyizolované taxony

Z přírodních vzorků jsem nejčastěji vyizolovala zástupce skupiny Chlophyta: *Coccomyxa* spp. (př. *C. confluens*, *C. gloeobotrydioformis*), *Chlorella* spp. (*Chl. protothecoides*, *Chl. vulgaris*), *Klebsormidium crenulatum* (Tab. 8n), *Klebsormidium flaccidum* (Tab. 8m), *Microthamnion kützingianum* a *Pseudococcomyxa simplex*. Ze vzorku z Červeného potoka (DY IV-agar) jsem získala kolonii ruduchy rodu *Audouinella* (Tab. 8p).

Kultivací vzorků ze Suché Bělé vzrostlo ve srovnání s přírodními vzorky druhové bohatství skupiny Chlorophyta: *Desmococcus* spp. (BBM, WC-agar), *Dictyochloris* cf. *pulchra* (BBM-agar), *Diplosphaera chodatii* (Tab. 8ch; WC-agar), *Geminella* (Tab. 8k; BBM-agar, tekuté), *Geminella* cf. *interrupta* (WC-tekuté), *Monoraphidium terestre* (Tab. 8d; BBM-tekuté), *Myrmecia* sp. (BBM-agar), *Mychonastes homosphaera* (WC-agar), *Neochloris / Ettlia* sp. (BBM-agar), *Raphidonemopsis* sp. (Tab. 8a-c; BBM-tekuté), *Scotiellopsis terestris* (Tab. 8e; BBM-tekuté), *Stichococcus allas* (Tab. 8i; WC-agar), *Koliella* cf. *corcontica* (BBM-agar) a *Scotiellopsis oocystiformis* (BBM-agar). Z jednoho vzorku se mi podařilo vyizolovat rozsivku rodu *Gomphocymbella* (Tab. 6n; WC-agar). Tento rod jsem nenalezla v žádném z přírodních vzorků.

5.7 Shrnutí výsledků

V bentických společenstvech sinic a řas z 15 malých vodních toků byla nejvíce druhově rozmanitá skupina Bacillariophyceae. Množstvím biomasy však v několika vzorcích dominovaly následující skupiny: Cyanobacteria, Chrysophyta, Rhodophyta, Chlorophyta a Charophyta.

Druhové bohatství vzorků se signifikantně liší mezi lokalitami a také mezi mikrobiotopy. Společenstva sinic a řas jsou si více podobná v rámci potoků než mezi potoky a v rámci horního a dolního úseku vodního toku než mezi horním a dolním tokem. Statisticky neprůkazný rozdíl mezi společenstvy odebraných z různých úseků vodního toku vyšel u 4 potoků, jejichž vzájemná poloha (převýšení a vzdálenost) byla blízká a zároveň se výrazně nezměnil charakter dolního toku.

Zjednodušené uspořádání zkoumaných lokalit mnohorozměrnými analýzami odpovídá autekologickým charakteristikám rozsivkových společenstev a geologickému podloží jednotlivých malých vodních toků. I. skupina malých vodních toků: téměř výhradně pískovcové podloží, nejnižší pH, trofie a saprobita, nejvyšší podíl subaerofytických rozsivek (Suchá Bělá, Písečná rokle, Mlýnská rokle, Hluboký důl); II. skupina: různorodé geologické podloží, nebo pískovcové podloží s výstupy alkalických hornin, nejvyšší pH, trofie a saprobita (Ponova louka, Studenec, Doubický potok, Bílý potok, Brtnický potok, Vlčí potok); III. skupina: potoky na rozmezí předchozích dvou skupin, příměs vápníku v pískovcovém podloží, případně jiné horniny, střední hodnoty proměnných prostředí (Studený potok, Dolnožlebský potok, Kachní potok, Červený potok, Panský potok). Zvýšené množství živin pravděpodobně pochází z antropogenního znečištění (vliv obcí) a z exkrementů pasoucích se zvířat (Ponova louka, Studenec).

Biotopy charakteristických druhů sinic řas dvou mezních skupin potoků: I. oligotrofní a dystrofní vody s vyšším množstvím huminových kyselin a nízkou koncentrací elektrolytů a smáčené skály, vlhké mechy a pískovcové nebo křemičitanem bohaté podklady; II. biotopy s různými hodnotami parametrů vodního prostředí bez extrémních hodnot (saprobita, trofie, salinita, množství elektrolytů).

Jednotlivé malé vodní toky mají charakteristická společenstva, jejichž druhové složení je významně ovlivněno geologickým podložím a pH. Bližší lokality si nejsou svým druhovým složením podobnější než vzdálenější.

6 Dlouhodobé studium vodního toku Suchá Bělá

V této části se zabývám sezónní dynamikou a prostorovou heterogenitou společenstev Suché Bělé a testováním vlivu proměnných prostředí na variabilitu druhových dat.

6.1 Prostorová a časová heterogenita

Ze 128 vzorků jsem celkem identifikovala 134 taxonů sinic a řas. Nejdůležitější složkou společenstva byly rozsivky (99 taxonů), kokální zelené řasy a rod *Klebsormidium*. Průměrně jsem ve vzorcích nalezla 20 taxonů a na odběrových místech 44 taxonů. Druhové bohatství vzorků se pohybovalo od 2 do 48 a odběrových míst od 33 do 59.

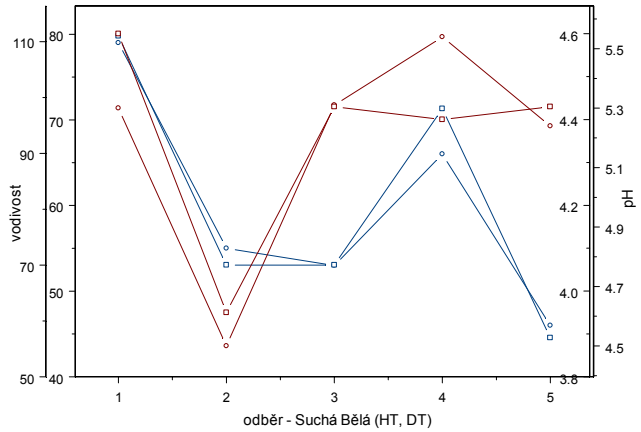
6.1.1 Opakované odebírání vzorků z potoka Suchá Bělá

Změny druhového složení a parametrů prostředí na horním a dolním toku Suché Bělé jsou vyhodnoceny z 5 odběrů, kdy nebylo koryto potoka na obou odběrových místech vyschlé.

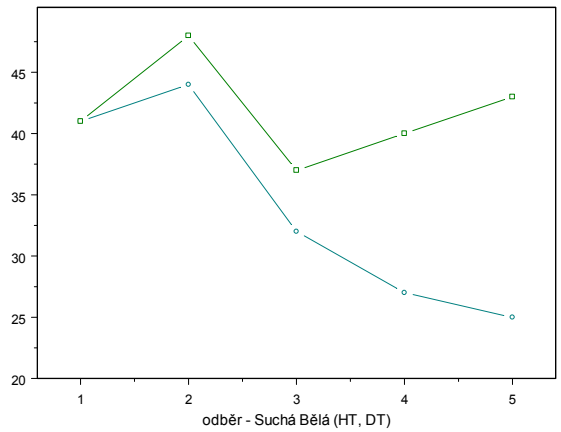
Změřené parametry prostředí a data odběrů vzorků jsou uvedeny v tabulce. Dolní tok dosahuje nižších hodnot pH a teploty a vyšších hodnot vodivosti a počtu rozsivek než prameništní část potoka.

Suchá Bělá		pH	vodivost	teplota
08.04.2004	HT	5,30	80	5,4
	DT	4,60	112	4,5
14.01.2005	HT	4,50	55	3,7
	DT	3,95	70	3,4
23.04.2005	HT	5,31	53	6,1
	DT	4,43	70	5,8
19.02.2006	HT	5,54	66	2,7
	DT	4,40	98	1,0
20.04.2006	HT	5,24	46	12,5
	DT	4,43	57	12,9

Hodnoty vodivosti (Obr. 13) a teploty na horním a dolním toku vykazují stejný trend změn zatímco pH a počet rozsivek se vyvíjejí v posledních dvou odběrech opačným směrem (Obr. 13 a 14).

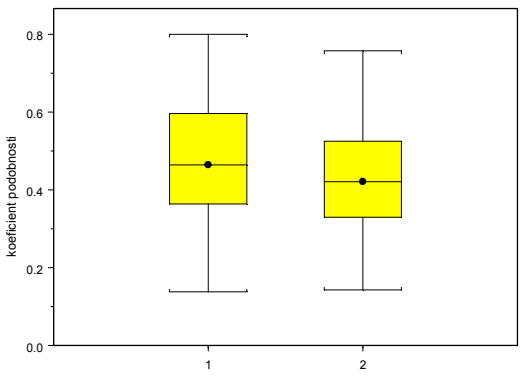


Obr. 13: Změny hodnot naměřených parametrů při různých odběrech (modrá-vodivost, červená-pH) na horním (kolečko) a dolním (čtverec) toku SB



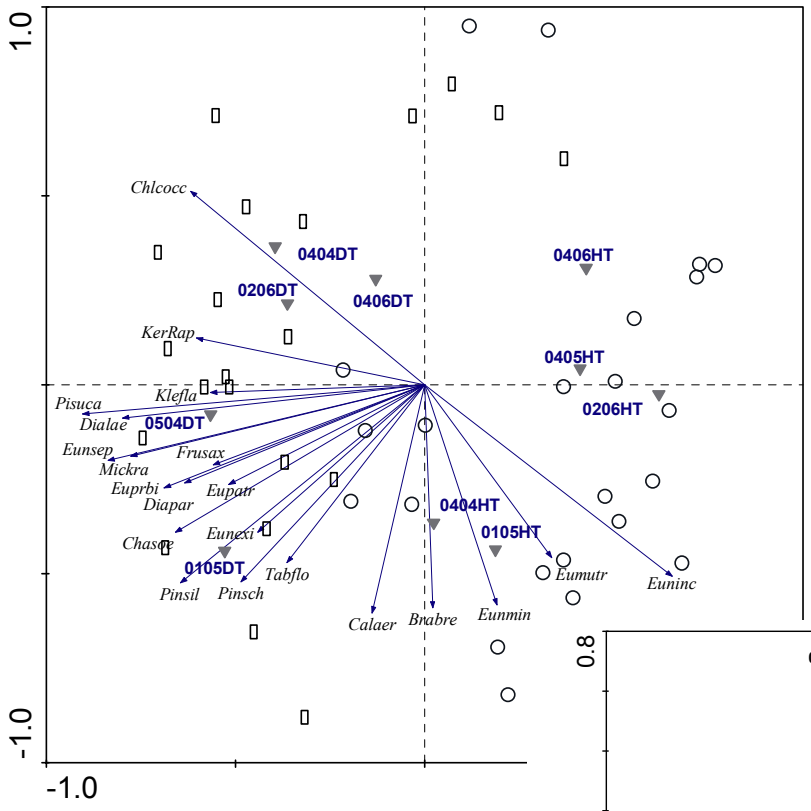
Obr. 14: Počet taxonů rozsivek při různých odběrech na horním (modrozelená) a dolním (zelená) toku SB

Vnitroskupinová variabilita – podobnost druhového složení v rámci horního a dolního toku – se signifikantně (F-test a t-test $p < 0{,}001$) liší od meziskupinové – vzorky porovnávané mezi horním a dolním tokem. Rozdíl v průměrné podobnosti vzorků v rámci toku (0,473) a mezi odběrovými místy (0,425) však není výrazný.

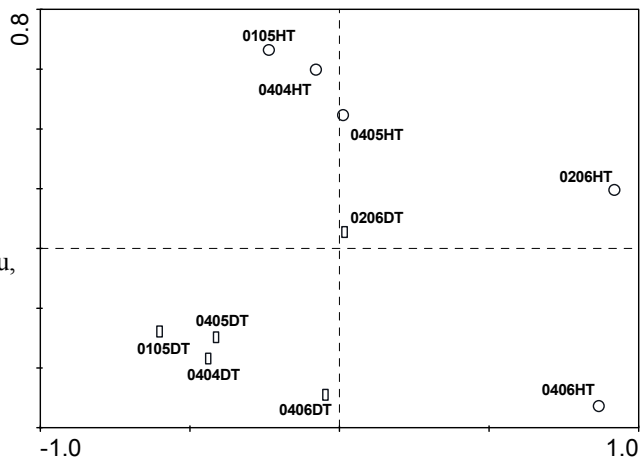


Obr. 15: Bray-Curtisův index podobnosti vzorků: 1-v rámci HT a DT 2-mezi HT a DT

V ordinačním digramu z nepřímé lineární analýzy PCA (data A, Obr. 16) je podél první osy (28,5% vysvětlené variability) většina vzorků z pramenného úseku toku oddělena od vzorků z dolního toku. V druhém PCA diagramu (data B, Obr. 17) odděluje první osa vzorky odebrané v roce 2006, zatímco vzorky z horního a dolního toku nejsou společně odděleny v prostoru prvních dvou os (23,9 % a 18,6% vysvětlené variability). Druhové složení



Obr. 16: PCA ordinační diagram, data A, 1. osa-28,5% 2.osa-12,6%; kolečko-vzorky z horního toku, obdélník-vzorky z dolního toku; 21 taxonů



Obr. 17: PCA ordinační diagram, data B, 1. osa 23,9% 2. osa 18,6%; poloha vzorků v prostoru prvních dvou os

zahrnující v sobě informaci o četnostech jednotlivých taxonů ve vzorcích je odlišné na horním a dolním toku. Rozdílnost společenstev horního a dolního toku (výskyt/absence taxonů) je méně významná, než změny v roce 2006.

Charakteristickými druhy horního toku jsou především *Eunotia incisa*, *E. muscicola* var. *tridentula* a *E. minor*; dolního toku *Diadesmis laevissima*, *Eunotia praerupta* var. *bigibba*, *E. septentrionalis*, *Microcostatus krasskei*, *Chamaepinnularia soehrensis*, *Pinnularia silvatica*, *P. subcapitata* a *P. schoenfelderii*.

V RDA analýzách s permutačními testy vyšla ve všech případech významnost vlivu jednotlivých proměnných prostředí - odběrové místo, datum odběru, pH, vodivost a teplota - (při odstínění vlivu ostatních parametrů prostředí) na variabilitu druhového složení neprůkazně. Statisticky významný vliv na druhová data měl pouze čas, 31,3% vysvětlené variability, p = 0,043.

Z Mantelových testů (odstranění vlivu pouze jedné z proměnných prostředí) vyplynul významný vliv odběrového místa a pH na změny společenstev vodního toku Suchá Bělá:

proměnná prostředí	**tok**						
index podobnosti	Br.-Cur.	Dice	Br.-Cur.	Dice	Dice	Dice	Dice
kovariáta	-	-	odběr	odběr	pH	vodivost	teplota
p-hodnota	***	**	***	**	**	**	**
proměnná prostředí	**odběr**						
index podobnosti	Br.-Cur.	Dice	Br.-Cur.	Dice	Dice	Dice	Dice
kovariáta	-	-	tok	tok	pH	vodivost	teplota
p-hodnota	***	x	***	**	x	x	x
proměnná prostředí	**pH**						
index podobnosti	Dice	Dice	Dice	Dice	Dice		
kovariáta	-	odběr	tok	vodivost	teplota		
p-hodnota	**	**	**	**	**		

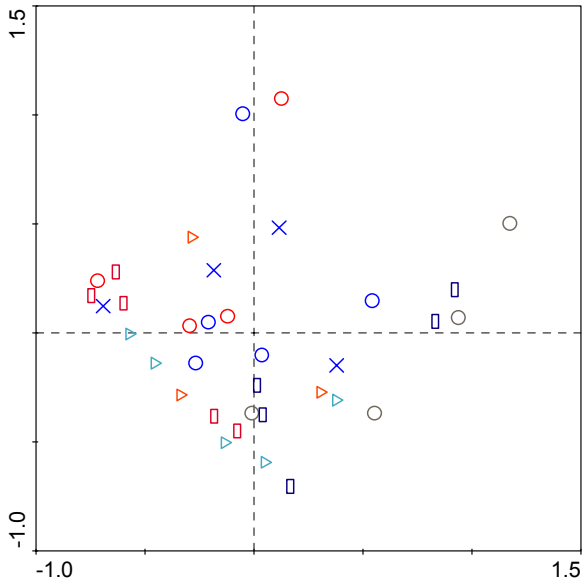
p > 0,05**x** p < 0,05* p < 0,01** p < 0,001***

Sezónní dynamiku, vývoj společenstev v čase a prostorovou heterogenitu bez vlivu odlišnosti odběrových míst jsem vyhodnotila z dat získaných ze vzorků odebíraných pouze na horním toku Suché Bělé.

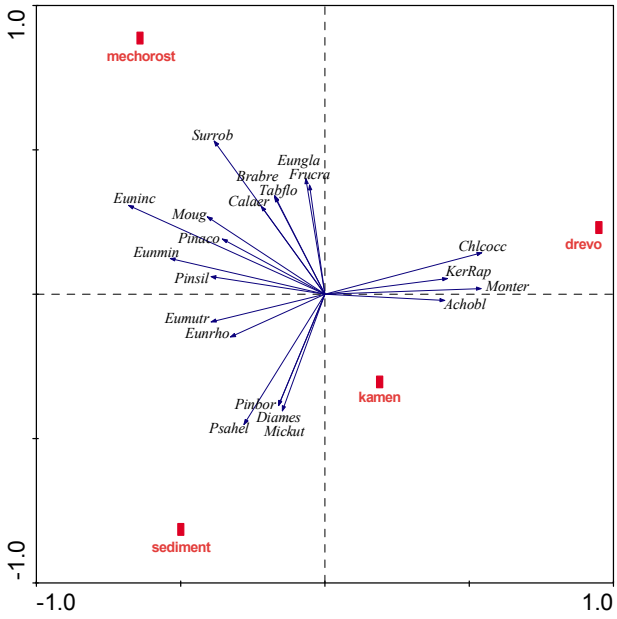
Z ordinačního diagramu z analýzy hlavních komponent (data A) zobrazující polohu vzorků v prostoru největší vysvětlené druhové variability (23,4% a 15,6%, Obr. 18) nevyplývá jednoznačné shlukování vzorků odebraných ve stejném ročním období nebo ve stejném roce.

Statisticky významný vliv na druhové složení (redundanční analýzy s kovariátami spojené s testováním jednotlivých proměnných prostředí permutačními testy) má časová posloupnost

odběrů (10,9% vysvětlené variability, $p < 0,01$) a typ mikrobiotopu (17,1% vysvětlené variability, $p < 0,01$; Obr. 19). Jednotlivé mikrobiotopy si uchovávají mezi jednotlivými odběry své specifické druhové složení. Z ordinačního diagramu zobrazujícím jednotlivé mikrobiotopy a jejich charakteristické druhy vyplývá vyšší podobnost kamenných a dřevěných podkladů v porovnání se vzorky z mechorostů a sedimentů. Typické taxony vzorků dřeva: *Chlorococcaceae* / aerofytické zelené řasy, *Monoraphidium terestre* a *Keratococcus* / *Raphidonemopsis*; sedimentů: *Psamothidium helveticum*, *Microthamnion kützingianum*, *Diatoma mesodon*, *Pinnularia borealis*; mechorostů: *Surirella roba*, *Eunotia incisa*, *Eunotia glacialis*, *Frustulia crassinervia* a *Brachysira brebissoni*.



Obr. 18: PCA ordinační diagram – 1. osa-23,4% 2.osa-15,6% odstíny barev-rok odběru (šedá 04, modrá 05, červená 06), symboly-roční období (jaro-kolečko, léto-obdélník, podzim-křížek, zima-trojúhelník)

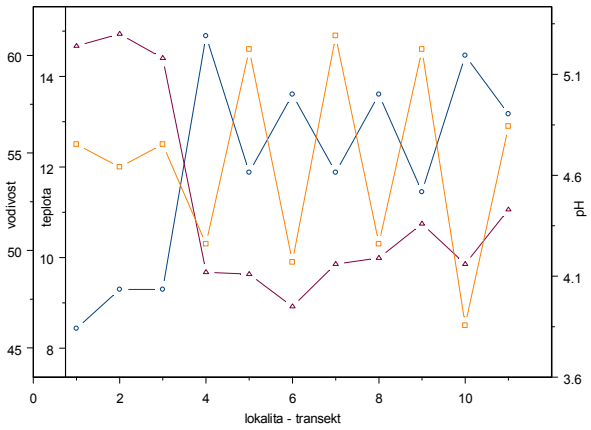


Obr. 19: RDA ordinační diagram, biotopy vysvětlují 17,1% variability v druhových datech, 21 taxonů

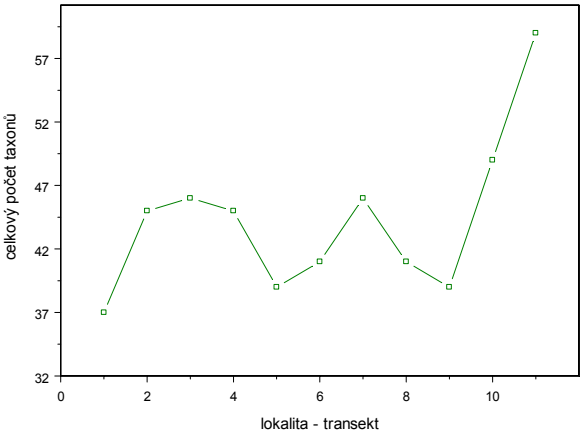
6.1.2 Lineární transekt – Suchá Bělá

Změny v podélném profilu toku Suché Bělé jsem studovala prostřednictvím determinace vzorků z více mikrobiotopů odebraných z 11 odběrových míst s postupně vzrůstající vzdáleností od pramene.

Z 64 vzorků jsem identifikovala 88 taxonů sinic a řas. Hodnoty změřených parametrů (kromě koncentrace NO_3^-, která kopírovala průběh vodivosti) a počtu druhů na jednotlivých odběrových místech jsou zaznamenané na obrázku 20 a 21. Hodnoty vodivosti jsou negativně korelované s pH a pozitivně s množstvím dusíku ($p < 0,05$).

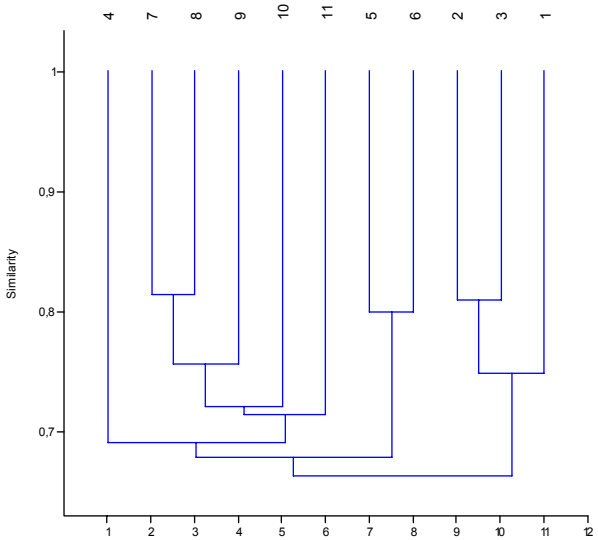


Obr. 20: Hodnoty parametrů (modrá-vodivost, červená-pH, žlutá-teplota) na jednotlivých odběrových místech transektu: 1-11 postupně vzrůstající vzdálenost od pramene.



Obr. 21: Počet taxonů na jednotlivých odběrových místech transektu: 1-11 postupně vzrůstající vzdálenost od pramene.

Z vizualizace vzájemné polohy odběrových míst na základě podobnosti společenstev (shlukovací analýzy - data B, př. Obr. 22 a nepřímá unimodalní metoda – data A) vyplynulo oddělení prvních tří odběrových míst od všech ostatních a odlišnost 5. a 6. lokality. Na prvních třech odběrových místech byly hodnoty stanovených parametrů prostředí velmi stále oproti dalším úsekům toku. V místě mezi 3. a 4. odběrovým místem do vodního toku vtéká přítok z rašeliniště Jelení louže, který mimo jiné výrazně snižuje pH vody. Na odběrových místech 5 a 6 ve vzorcích dominoval rod *Chrysosphaera*, který tvořil makroskopicky viditelné nárosty.



Obr. 22: Shlukovací analýza UPGMA – Dice(Sørensen) index, lokality na transektu: 1-11 postupně vzrůstající vzdálenost od pramene.

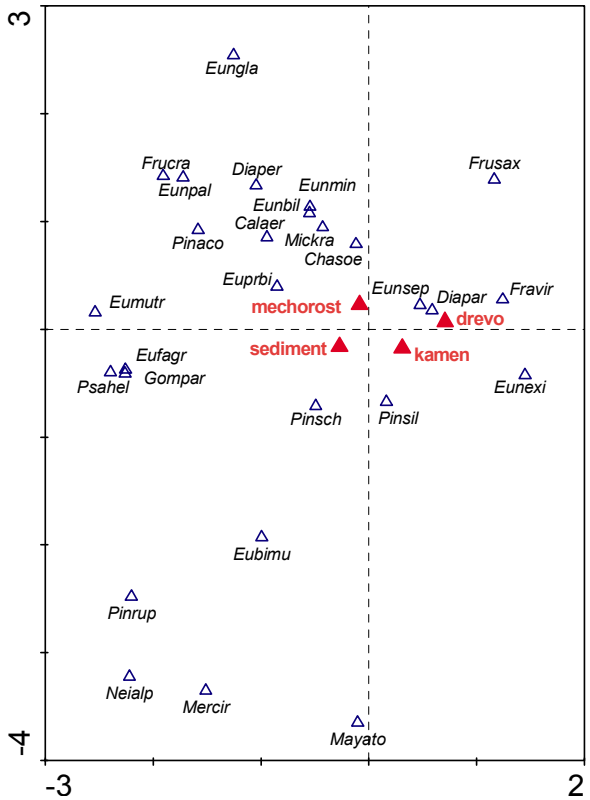
Výsledky Mantelových testů zkoumající vliv vzdálenosti na druhové složení:

proměnná prostředí	**vzdálenost**						
index podobnosti	Br.-Cur.	Dice	Br.-Cur.	Dice	Dice	Dice	Dice
kovariáta	-		biotop	pH	teplota	vodivost	dusík
p-hodnota	*	*	**	x	*	x	*
proměnná prostředí	**mikrobiotop**		**pH**		**vodivost**		
index podobnosti	Br.-Cur.	Br.-Cur.	Dice	Dice	Dice	Dice	
kovariáta	-	vzdálenost	-	vzdálenost	-	vzdálenost	
p-hodnota	**	***	**	*	*	x	

p > 05**x** p < 0,05* p < 0,01** p < 0,001***

Významnými proměnnými prostředí z Mantelových testů je vzájemná vzdálenost mezi odběrovými místy, pH a mikrobiotopy.

Testováním vlivu jednotlivých parametrů prostředí (odběrové místo, typ mikrobiotopu, pH, vodivost, teplota) na druhové složení gradientovou přímou analýzou CCA spojenou s permutačními testy bylo dosaženo statisticky významné hladiny pravděpodobnosti pouze u mikrobiotopů. To tedy znamená, že jednotlivé mikrobiotopy mají specifické druhové složení podél celého transektu bez ohledu na vzdálenost v rámci toku. Z ordinačního CCA diagramu (Obr. 25) je zřetelná blízkost substrátů kámen-dřevo a sediment-mechorost.

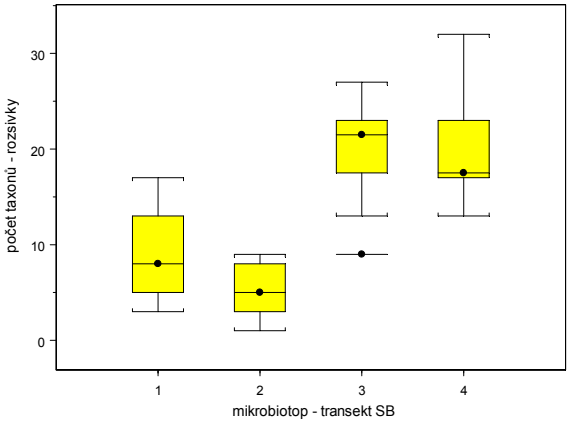


Obr. 25: CCA ordinační diagram - transekt, mikrobiotopy bylo vysvětleno 18,1% variability v druhových datech, zobrazeno 26 taxonů

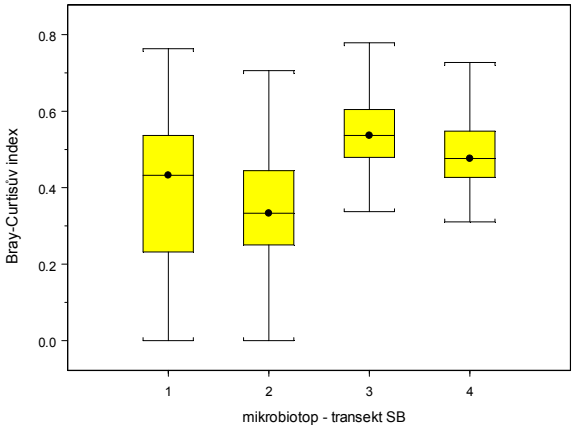
Charakteristickými taxony epilitonu a epixylonu jsou především zelené řasy (př. *Keratococcus* / *Raphidonemopsis*, *Klebsormidium flaccidum*, *Monoraphidium terestre*, subaerofytické kokální zelené řasy) zatímco specifickými druhy epipsamonu a epibryonu jsou rozsivky (př.: *Eunotia praerupta* var *bigibba*, *Chamaepinnularia soehrensis*, *Microcostatus krasskei*, *Pinnularia schoenfelderii*, *Pinnularia subcapitata*).

Porovnáváním variability počtu druhů rozsivek a indexů podobnosti (taxony ze všech skupin) na jednotlivých mikrobiotopech (grafické znázornění viz Obr. 23 a 24) jsem zjistila,

že pevné substráty (epiliton, epixylon) mají nižší počet taxonů a méně specifická společenstva než měkké substráty (epibryon, epipelon/epipsamon).



Obr. 23: Kruskall-Wallisův test: $p < 0,001$
Počet rozsivek na mikrobiotop: 1-epiliton, 2-epixylon, 3-epibryon, 4-epipelon/epipsamon



Obr. 24: Kruskall-Wallisův test $p < 0,001$
Index podobnosti v rámci mikrobiotopů: 1- epiliton, 2-epixylon, 3-epibryon, 4-epipelon/epipsamon

6.2 Shrnutí výsledků

Dlouhodobé odebírání vzorků sinic a řas ze Suché Bělé mi umožnilo studovat časovou a prostorovou heterogenitu bentických společenstev v rámci vodního toku.

Druhové složení společenstev se v mění v delším časovém úseku. Společenstva se odlišují především v posledních dvou odběrech

Změny ve složení společenstev se odehrávají na úrovni odběrových míst i mikrobiotopů. Vzdálenost odběrových míst od pramene významně ovlivňuje druhové složení. Jednotlivé mikrobiotopy mají specifické druhové složení v prostoru i čase. Nejvíce druhově odlišné jsou epiliton-epixylon a epibryon-epipelon/epipsamon.

Statistickými testy nebyl prokázán samostatný vliv jednotlivých měřených proměnných prostředí na druhové složení. Při odstínění vlivu pouze jedné z proměnných prostředí působí na variabilitu společenstev změna pH.

7 Diskuse

Z 281 vzorků z 15 malých vodních toků jsem identifikovala celkem 312 taxonů sinic a řas. Průměrný počet taxonů na vzorek byl 24. Největšího druhového bohatství ve společenstvech dosahovala skupina Bacillariophyceae. Většina taxonů rozsivek byla však ve vzorcích zastoupena pouze několika buňkami. V bentických společenstvech tekoucích vod jsou obvykle nejvíce rozmanitou skupinou právě rozsivky (ROLLAND et al. 1997; WERUM & LANGE-BERTALOT 2004; CANTONATI et al. 2006) s vysokým podílem taxonů dosahujících ve vzorcích nejnižších četností výskytu (HOLOPAINEN et al. 1988; ROUND & BUKHTIYAROVA 1996; VILBASTE 2001; PIIRSOO 2003). V některých vzorcích dominovali zástupci následujících skupin sinic a řas: Cyanobacteria, Chrysophyceae, Rhodophyta, Chlorophyta a Charophyta.

Na základě autekologických vlastností společenstev rozsivek a charakteristických druhů zkoumaných vodních toků lze potoky rozdělit do tří skupin biotopů: I. oligotrofní až dystrofní v průběhu roku vysychající vodní toky s nízkou koncentrací elektrolytů a nízkým pH na pískovcovém nebo křemičitanem bohatém podloží; II. potoky s nejvyšším množstvím živin a nejvyšším pH na geologicky různorodém podloží nebo pískovcovém podloží s výstupy alkalických hornin, charakteristickými druhy této skupiny jsou hojně rozšířené taxony s širokou ekologickou valencí; III. biotopy na rozmezí předchozích dvou skupin.

Proměnné prostředí

Nejvýznamnějšími proměnnými prostředí ovlivňující druhové složení bentických společenstev byly jednotlivé lokality, geologické podloží a pH. Z výsledků studií zkoumajících vliv parametrů prostředí na společenstva fytobentosu vyplývá signifikantní působení odlišného složení geologického podloží (MÖLDER 1964; HOLOPAINEN et al. 1988; MAIER 1994; CANTONATI 1998; WERUM & LANGE-BERTALOT 2004), avšak bez odstínění faktorů prostředí, které jsou silně korelovány s podložím (př. pH, vodivost), nebo dokonce mohou mít významnější vliv na společenstva vodních toků

Signifikantní působení rozdílné hodnoty pH na druhové složení byl také prokázán na lineárním transektu vodního toku Suchá Bělá. Vliv pH se projevil i po odstranění variability způsobené vzdáleností od pramene. Působení různých hodnot pH v malém měřítku byly věnovány následující studie. ALLES et al. (1991) zjistili, že ve zkoumaných horních tocích potoků mají nalezené druhy rodu *Eunotia* odlišné preference k hodnotám pH a jejich

kolísání. GREENWOOD & LOWE (2006) experimentální změnou hodnoty pH v přírodních podmínkách změnili strukturu společenstva řas.

Jednotlivé mnou měřené fyzikálně-chemické proměnné prostředí nemají v dlouhodobém měřítku významný vliv na druhové složení vodního toku Suchá Bělá. Variabilita v druhových datech je pravděpodobně způsobena, stejně jako v celoplošném průzkumu vodních toků, vzájemně působícími faktory prostředí nebo proměnnými prostředí, které jsem na odběrových místech nezaznamenávala, např. koncentrace rozpuštěných živin nebo trvání a rozsah vysychání koryta vodního toku během roku. Významný vliv množství vody na druhové složení sinic a řas byl zjištěn v rámci mechorostů (POULÍČKOVÁ et al. 2005), vysychajících rašelinných tůní (GAISER & JOHANSEN 2000) a skalních stěn (CASSAMATA et al. 2002).

Variabilita vodních toků

Zkoumané malé vodní toky mají charakteristická společenstva bentických sinic a řas, jejichž vzájemná podobnost není ovlivněna geografickou vzdáleností lokalit. Větší druhová podobnost aerofytických sinic a řas geograficky bližších lokalit než vzdálenějších nebyla zjištěna také ve studiích CASAMATTA et al. (2002) a ŠKALOUD (2004). POTAPOVA & CHARLES (2002) a FOERSTER et al. (2004), kteří studovali bentická společenstva vodních toků celých geografických oblastí, zjistili, že geografická vzdálenost významně ovlivňuje druhové složení fytobentosu. Záleží tedy pravděpodobně na velikosti vzdáleností mezi zkoumanými lokalitami.

Podobnost společenstev v rámci jednotlivých vodních toků je vyšší než mezi vodními toky. Specifická společenstva jednotlivých vodních toků našli také STEVENSON & HASHIM (1989) a CANTONATI (1998), kteří zjistili vyšší rozdíly v druhovém složení mezi jednotlivými potoky v porovnání se společenstvy na jednotlivých mikrobiotopech a mezi jednotlivými odběry v rámci vodních toků.

Variabilita v podélném profilu toku

Odlišnost společenstev fytobentosu v podélném profilu toku se projevila ve změnách počtu druhů, četností jednotlivých taxonů a zastoupení druhů na jednotlivých odběrových místech zkoumaných potoků. Postupné změny proměnných prostředí a charakteru toku směrem od pramene k ústí ve vodních tocích působí na druhové složení společenstev (LELLÁK & KUBÍČEK 1992; ALLAN 1995). Významné změny společenstev v horním a dolním úseku toku jsem zaznamenala pouze u vodních toků, kde se odběrová místa výrazně lišila vzájemnou nadmořskou výškou, vzdáleností nebo jiným parametrem prostředí (pH, množství

protékající vody, rychlost proudění).

Zvyšující se vzdálenost odběrových míst od pramene signifikantně ovlivňuje variabilitu druhového složení sinic a řas v potoce Suchá Bělá. Jednotlivá odběrová místa na transektu však nemají charakteristická společenstva. Buňky bentických sinic a řas unášené vodou z vyšších částí toku kolonizují nižší úseky toku, kde se stávají součástí nových ekologických nik a zároveň snižují rozdílnost druhového složení v rámci vodního toku (DOUGLAS 1958; LINDSTRØM et al. 2004).

Variabilita mikrobiotopů

Charakter mikrobiotopu ovlivnil druhové bohatství a druhové složení společenstev vodního toku Suchá Bělá.

Počet taxonů rozsivek ve vzorcích odebraných z kamenných a dřevěných podkladů byl nižší než počet rozsivek ve vzorcích sedimentu a mechorostů či vláknitých řas. Podobně v alpských tocích na silikátovém podloží bylo dosaženo vyšší biodiverzity a většího druhového bohatství rozsivek ve vzorcích epifytonu (mechorostů) v porovnání se vzorky epilitonu (povrch kamenů; CANTONATI 1998). V estonských potocích měly vzorky epipelických společenstev (sediment) rozsivek tendenci k vyšším hodnotám počtu druhů, diverzity a stability než společenstva odebraná z kamenů (VILBASTE 2001). Vyšší hodnota počtu druhů a diverzity rozsivek mezi stélkami mechorostů a částečkami sedimentů může být zapříčiněna zachycováním schránek unášených vodním sloupcem na těchto mikrobiotopech. Diverzita ani počet druhů však neříkají nic o vzájemné druhové podobnosti podkladů. Společenstva s úplně odlišným druhovým složením mohou mít stejnou hodnotu počtu druhů nebo diverzity (TER BRAAK 1983).

Spojitost mikrobiotopů epibryon-epipelon (měkké substráty) a epiliton-epixylon (tvrdé substráty) vyplynula také z podobnosti společenstev osidlujících tyto mikrobiotopy. Druhové složení sinic a řas bylo více podobné v rámci měkkých a pevných substrátů než mezi nimi. Odlišnost společenstev nalezených na pevných a měkkých substrátech byla také zjištěna v několika dalších pracích (STEVENSON & BAHLS 1999; POTAPOVA & CHARLES 2005). STEVENSON & HASHIM (1989) ve své studii uvádějí, že biologicky aktivní substráty, jako jsou sedimenty bohaté na organické látky a mechorosty, vláknité řasy a cévnaté rostliny, mohou působit na složení společenstva. Mechorost a sediment navíc poskytují organismům prostředí, ve kterém se mohou volně pohybovat, zatímco k setrvání na kamenných a dřevěných podkladech je zapotřebí příchytných mechanismů jednotlivých jedinců (HINDÁK 1978; ROUND et al. 1990) nebo společná produkce biofilmu (ALLAN 1995; STEVENSON et al. 1996;

LEDGER & HILDREW 1998).

Přestože specifita bentických sinic a řas k osidlování různých typů mikrobiotopů vyplývá z mnoha studií, jsou specifické nároky jednotlivých taxonů k určitému typu mikrobiotopu známy jen u malého množství druhů. Z ordinačních metod a permutačních testů jsem prokázala, že vzorky odebírané ze čtyř různých mikrobiotopů mají vzájemně odlišné druhové složení v čase (opakované odebírání) i prostoru (lineární transekt). Taxony charakteristické pro určitý typ mikrobiotopu jsem zjistila z ordinačních diagramů. Ve výsledcích většiny studií, které se zabývaly vzorky z více něž jednoho mikrobiotopu, není testován vliv různého typu mikrobiotopu na druhové složení. Preference druhů k jednotlivým substrátům jsou pouze výčtem hojných taxonů, u kterých jsou uvedeny četnosti v jednotlivých mikrobiotopech (MAIER 1994; ROUND & BUKHTIYAROVA 1996; SABATER et al. 1998; CANTONATI 2001; VILBASTE 2001).

Výsledky z experimentálních studií, které se zabývají fyziologickým přizpůsobením druhů a fyzikálně-chemickými parametry prostředí působících na společenstva různých mikrobiotopů umožňují vysvětlení preferencí společenstev k určitým mikrobiotopům (MÜLLER-HAECKEL & HÅKANSSON 1978; PRINGLE 1990; STEVENSON et al. 1996; SABATER et al 1998).

Časová variabilita

Druhové složení společenstev bentických sinic a řas malých vodních toků není výrazně ovlivňováno sezónními změnami (VILBASTE 2001; WERUM & LANGE-BERTALOT 2004; POULÍČKOVÁ et al. 2005). Významný vliv sezónnosti lze proto sledovat při odstínění významnějších proměnných prostředí, např. prostorové heterogenity (STEVENSON & HASHIM 1989), nebo na úrovni abundancí jednotlivých druhů (MOORE 1977; MÜLLER-HAECKEL & HÅKANSSON 1978; MAIER 1994; CANTONATI 2001) a skupin sinic a řas (LEDGER & HILDREW 1998; VAVILOVA & LEWIS 1999; MÜLLNER & SCHAGERL 2003).

Časová heterogenita společenstev horního toku Suché Bělé se projevila ve změnách četností taxonů a druhového složení společenstev v průběhu času a celkového počtu taxonů v jednotlivých odběrech. Ve stejném ročním období v průběhu několika let se nevytvářela charakteristická společenstva, což mohlo být způsobeno vývojem společenstva (průkazný test na vliv časové posloupnosti odběrů) ale také tím, že sezónní dynamika byla zachycena pouze okrajově - jeden odběr vzorků za celé roční období. LINDSTRØM et al. (2004), kteří zkoumali dlouhodobé změny druhového bohatství bentických sinic a řas (kromě rozsivek), a VILBASTE (2001), studující relativní abundance rozsivek, považují dlouhodobé změny společenstev

za nevýznamné. V první studii však nejsou zahrnuty rozsivky, které právě ve vzorcích fytobentosu dosahují nejvyššího druhového bohatství – v případě mých dat se největší část variability odehrávala v abundancích a druhovém složení rozsivek. Druhá studie opomíjí ojediněle se vyskytující druhy rozsivek, které mohou mít užší vztah k dlouhodobým změnám faktorů prostředí. CANTONATI et al. (2006) považují společenstva rozsivek za velmi citlivou skupinu řas, jejichž prostřednictvím se dají zaznamenat klimatické změny a působení antropogenního znečištění v dlouhodobém měřítku.

8 Závěr

V této studii jsem se zabývala bentickými společenstvy sinic a řas malých lesních potoků, které protékají členitým pískovcovým územím a chladnými zastíněnými roklemi obklopenými strmými pískovcovými skalami.

Průzkum malých vodních toků mi umožnil rozšíření znalostí o distribuci a ekologii šupinatých chrysomonád a méně známých (subaerických a nedávno popsaných) rozsivek.

Na základě autekologických vlastností jednotlivých druhů nalezených ve zkoumaných tocích a výsledků mnohorozměrných analýz vycházejících z druhového složení jsem ekologicky charakterizovala jednotlivé zkoumané potoky.

Významný vliv na složení společenstev jsem zjistila u dvou parametrů prostředí, pH a složení geologického podloží.

Prostorová heterogenita společenstev se projevila na úrovni potoků, odběrových míst i jednotlivých mikrobiotopů. Druhové složení společenstev dlouhodobě studovaného vodního toku bylo ovlivněno změnami prostředí v delším časovém úseku. Sezónní dynamika společenstev v rámci roku se neprojevila.

9 Literatura

ALLAN, J.D. (1995): Stream ecology: Structure and function of running waters. – Springer, 399 pp.

ALLES, E., NÖRPEL, M. & LANGE-BERTALOT, H. (1991): Zur Systematik und Ökologie charakteristischer Eunotia-Arten (Bacillariophyceae) in elektrolytarmen Bachoberläufen. – Nova Hedwigia 53: 171-213.

ANDERSEN, R.A., MORTON, S.L. & SEXTON, J.P. (1997): Provasoli-Guillard National Center for Culture of Marine Phytoplankton 1997 list of strains. – J. Phycol. 33 (suppl.): 1-75.

BISCHOFF, H. & BOLD, H.C. (1963): Some soil algae from Enchanted Rock and related algal species. Phycological studies IV. – Univ. Texas Publ. 6318: 1-95.

BLUM, J.L. (1957): An ecological study of the algae of the Saline River, Michigan. – Hydrobiologia 9: 361-408.

BOCK, W. (1963): Diatomeen extrem trockner Standorte. – Nova Hedwigia 5: 199-254.

- (1970): Felsen und Mauern als Diatomeenstandorte. –Nova Hedwigia Beih. 31: 395-441.

BONNET, E. & VAN DE PEER, Y. (2002): ZT: a software tool for simple and partial Mantel tests. – J. Stat. Soft. 7: 1-12.

CANTONATI, M. (1998): Diatom communities of springs in the Southern Alps. – Diatom Research 13(2): 201–220.

- (1999): Distribution and seasonality of the phytobenthos along two mountain spring streams in catchments of contrasting lithology. – Atti XIII Convegno del Gruppo per l'Ecologia di Base ''G. Gadio''. Venezia: 25–27 maggio 1996. Supplemento del Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Venezia, 49 (1998): 357–367.

- (2001): The diatom communities of the liverworth *Chiloscyphus polyanthos* var. *rivularis* in a mountain spring-fed stream in the Adamello-Brenta Regional park, Northern Italy. – In: JAHN, R., KOCIOLEK, J.P., WITKOWSKI, A. & COMPÈRE, P. (eds): Lange-Bertalot-Festschrift: 353-368. Ganter, Ruggell.

CANTONATI, M., GERECKE, R. & BERTUZZI, E. (2006): Springs of the Alps – sensitive ecosystems to environmental change: from biodiversity assessments to long-term studies. – Hydrobiologia 562: 59-96.

CASAMATTA, D.A., VERB, R.G., BEAVER, J.R. & VIS, M.L. (2002): An investigation of the cryptobiotic community from sandstone cliffs in southeast Ohio. – International Journal of Plant Sciences 163(5): 837-845.

COX, E.J. (1996): Identification of freshwater diatoms from live material. – Chapman & Hall, 158 pp.

CRONBERG, G. & KRISTIANSEN, J. (1980): Synurophyceae and other Chrysophyceae from central Smaland, Sweden. – Bot. Notiser 133: 595-618, Stockholm.

ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA (2003): GeoINFO - geovědní informace na území ČR. – http://nts5.cgu.cz /website/geoinfo/

DENICOLA, D.M. (2000): A review of diatoms found in highly acidic environments. – Hydrobiologia 433: 111-122.

DENT, C.L. & GRIMM, N.B. (1999): Spatial heterogeneity of stream water nutrient concentrations over succesional time. – Ecology 80(7): 2283-2298.

DENYS, L. (1991a): A check-list of the diatoms in the holocene deposits of the Western Belgian coastal plain with a survey of their apparent ecological requirements. I. Introduction, ecological code and complete list. Professional paper. Ministère des Affaires Economiques - Service Géologique de Belgique., 246: 1-41.

- (1991b): A check-list of the diatoms in the holocene deposits of the Western Belgian coastalplain with a survey of their apparent ecological requirements. II. Centrales.

Professional paper Ministère des Affaires Economiques - Service Géologique de Belgique., 247: 1-92.
- (2004): Relation of abundance-weighted averages of diatom indicator values to measured environmental conditions in standing freshwaters. – Ecological Indicators 4: 155-175
DILLARD, G.E. (1969): The Benthic algal Communities of a North Carolina Piedmont stream. – Nova Hedwigia 17: 9-29.
DOUGLAS, B. (1958): The ecology of the attached diatoms and other algae in a small stony stream. – The Journal of Ecology 46(2): 295-322.
ETTL, H. (1978): Die Süsswasserflora von Mitteleuropa 3: Xanthophyceae, 1. Teil. – VEB G. Fisher, Jena, 530 pp.
- (1980): Grundriβ der allgemeine Algologie. – VEB G. Fischer, Jena. 440-449 pp.
- (1983): Die Süsswasserflora von Mitteleuropa 9: Chlorophyta I, Phytomonadina. – VEB G. Fisher, Jena, 807 pp.
ETTL, H. & GÄRTNER, G. (1988): Die Süsswasserflora von Mitteleuropa 10: Chlorophyta II, Tetrasporales, Chlorococcales, Gloeodendrales. – VEB G. Fisher, Jena, 436 pp.
- (1995): Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen. – G. Fischer Verlag. Stuttgart. 721 pp
EVERITT, B.S. & DUNN, G. (1983): Advanced methods of data exploration and modelling. – Heinemann Educational Books, London.
FLETCHNER, V.R., JOHANSEN, J.R. & CLARK, W.H. (1998): Algal composition of microbiotic crusts from the central desert of Baja California, Mexico. – Great Basin Naturalist 58: 295-311.
FOERSTER, J., GUTOWSKI, A. & SCHAUMBURG, J. (2004): Defining types of running waters in Germany using benthic algae: A prerequisite for monitoring according to the Water Framework Directive. – Journal of Applied Phycology 16: 407–418.
FOTT, B. (1967): Sinice a řasy. – Academia, Praha, 520 pp.
FOURTANIER, E. & KOCIOLEK, J.P. (1999): Catalogue of the diatom genera. – Diatom research 14(1): 1-190.
GAISER, E.E. & JOHANSEN, J.R. (2000): Freshwater diatoms from Carolina Bays and other isolated wetlands on the atlantic coastal plain of South Carolina, U.S.A., with descriptions of sevn taxa new to science. – Diatom research, Volume 15(1): 75-130.
GLÖCKNER, P. (1995): Fyzickogeografické a geologické poměry okresu Děčín. – Nadace Vlastivěda okresu děčínského, Děčín, 194 pp.
GREENWOOD, J.F. & LOWE, R.L. (2006): The effects of pH on a periphyton community in an acidic wetland, USA. – Hydrobiologia 561:71-82.
GUILLARD, R.R.L. & LORENZEN, C.J. (1972): Yellow-green algae with chlorophyllide c. - J. Phycol. 8: 10-14.
GUIRY, M.D. & GUIRY, G.M. (2007): AlgaeBase version 4.2. World-wide electronic publication. – National University of Ireland, Galway. [http://www.algaebase.org]
HÅKANSSON, S. (1993): - Numerical methods for the inference of pH variations in mesotrophic and eutrophic lakes in Southern Sweden - A progress report. Diatom Res. 8 (2): 349-370.
HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. (2001): PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. – Palaeontologia Electronica 4(1): 9pp. [http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm]
- (2006): PAST - Paleontological Statistics, ver. 1.54. – [http://folk.uio.no/ohammer/past /past.pdf]
HANSEN, P. (1996): Silica-scaled Chrysophycae and Synurophyceae from Madagascar. – Arch. Protistenkd. 147: 145-172.
HÄRTEL, H. (2001): Flóra a vegetace Národního parku České Švýcarsko. – [http:// www.npcs.cz/cz/ flora.htm]

HEJTMAN, B. (1977): Petrografie. – Nakladatelství technické literatury, Praha, 264 pp.
HERBEN, T. & MÜNZBERGOVÁ, Z. (2003): Zpracovávání geobotanických dat v příkladech. – Část I. Data o druhovém složení. – Praha, 118 pp.
HETEŠA, J., HRDINA, V., MARVAN, P. & SUKOP, I. (2000): Bentická flóra a fauna toků CHKO Labské pískovce a jejich výpověď o deteriorizaci jakosti vody. – Sborník referátů. Česká limnologická společnost, 24-28 pp.
HILLENBRAND, H. & SOMMER, U. (2000): Diversity of benthic microalgae in response to colonization time and eutrophication. – Aquatic Botany 67: 221-236.
HINDÁK, F. (ed.) (1978): Sladkovodné riasy. – SPN, Bratislava, 724 pp.
- (1996): Klúč na určovanie nerozkonárených vláknitých zelených rias (Ulotrichineae, Ulutrichales, Chlorophyceae). - Bull. Slov. bot. spol., Suppl. 1: 1-77.
HINDÁK, F., KOMÁREK, J., MARVAN, P. & RŮŽIČKA, J. (1975): Kľúč na určovanie výtrusných rastlín. I. diel: Riasy. – SPN, Bratislava, 397 pp.
HOFMANN, G. (1994): Aufwuchs diatoms in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie. – Bibliotheca Diatomologica 30: 1-241.
HOFMANN, G. (1989): Diatomeengesellschaften sauer Gewässer des Odenwaldes und ihre Veränderungen durch anthropogene Faktoren. – Schriftenr. Hessische Landesanstalt f. Umwelt 80: 1-249.
HOLOPAINEN, A-L., HOVI, A. & RÖNKKÖ, J. (1988): Lotic algal communities and their metabolism in small forest brooks in the Nurmes area of eastern Finland. – Aqua Fennica 18 (1): 29-46.
HOUK, V. (2003): Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Part I., Melosiraceae, Orthoseiraceae, Paraliaceae and Aulacoseiraceae. – Czech Phycol. Suppl. 1, 111 pp.
HRDINA, J. et al. (1956): Děčínsko a České Švýcarsko, oblastní turistický průvodce. – Státní tělovýchovné nakladatelství, Praha.
HUSS, V.A.R., FRANK, C., HARTMANN, E.C., HIRMER, M., KLOBOUCEK, A., SEIDEL, B.M., WENZELER, P. & KESSLER, E. (1999): Biochemical taxonomy and molecular phylogeny of the genus *Chlorella* sensu lato (Chlorophyta). – J. Phycol. 35: 587-598.
CHARLES, D.F., ACKER, F.W, HART, D.D., REIMER CH.W. & COTTER, P.B. (2006): Large-scale regional variation in diatom-water chemistry relationships: rivers of eastern United States. – Hydrobiologia 561: 27-57.
CHOLNOKY, B.J. (1968): Die Ökologie der Diatomeen in Binnengewässern. – Lehre (Cramer: 1-699.
JACOBSEN, B.A. (1985): Scale bearing Chrysophyceae (Mallomonadaceae and Paraphysomonadaceae) from West Greenland. – Nord. J. Bot. 5: 381-398.
JOHANSEN, J.R. (1999): Diatoms of aerial habitats. – In: STOERMER, E.P. & SMOL, J.P. (eds): The diatoms: applications for the environmental and earth sciences. Cambridge University Press, pp. 264-273.
JOHANSEN, J.R. & CASAMATTA, D.A. (2005): Recognizing cyanobacterial diversity through adoption of a new species paradigm. – Algological Studies 117:71-93.
JOHANSEN, J.R. & SRAY, J.C. (1998): *Microcostatus* gen. nov.: a new aerophilic diatom genus based on *Navicula krasskei* Hustedt. – Diatom Research 13(1): 93-101.
JORDAN, W.J. (2001): Taxonomy, morphology and distribution of two *Pinnularia* species from acidic lakes and rivers in Yamagata and Miyagi Prefectures, Northeast Japan. – JAHN, R., KOCIOLEK, J.P., WITKOWSKI, A. & COMPÈRE (eds): Lange-Bertalot-Festschrift: 279-302.
KALINA, T. (1994): Sinice a řasy. – In: KŘÍSA, B. & PRÁŠIL, K. (eds). Sběr, preparace a konzervace rostlinného materiálu, PřF UK. Praha.
KALINA, T. & VÁŇA, J. (2005): Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii. – Karolinum, Praha, 606 pp.

KOCIOLEK, J.P. (1996): The diatom collection of the California Academy of Sciences. – [http://www.calacademy.org/research/diatoms/]

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. (1998): Die Süsswasserflora von Mitteleuropa 19: Cyanoprokaryota. 1. Teil: Chroococcales. – Gustav Fischer-Verlag, Jena. 548pp.

- (2005): Die Süsswasserflora von Mitteleuropa 19: Cyanoprokaryota. 2. Teil: Oscillatoriales. - Elsevier GmbH, München, 759 pp.

KRAMMER, K. (1992): Pinnularia: Eine Monographie der europäischen Taxa. – Bibliotheca Diatomologica, Band 26. J. Cramer Verlag. Berlin-Stuttgart.

- (1997): Die cymbelloiden Diatomeen - Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil 1. Allgemeines und Encyonema Part. 1. – Bibliotheca Diatomologica 36: 1-382.

- (1997): Die cymbelloiden Diatomeen. Teil 2: Encyonema part., Encyonopsis und Cymbellopsis. – Bibliotheca Diatomologica 37: 1-469.

- (2000): Diatoms of Europe. Volume 1: The genus Pinnularia. –A.R.G. Gantner Verlag K.G., 703 pp.

- (2002): Diatoms of Europe. Volume 3: Cymbella. – A.R.G. Gantner Verlag K.G, 584 pp.

- (2003): Diatoms of Europe. Volume 4: Cymbopleura, Delicata, Navicymbula, Gomphocymbellopsis, Afrocymbella. A.R.G. Gantner Verlag K.G., 530 pp.

KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1985): *Naviculaceae*. Neue und wenig bekannte Taxa, neue Kombinationen und Synonyme sowie Bemerkungen zu einigen Gattungen. – Bibliotheca Diatomologica. Band 9. J. Cramer Verlag, Berlin-Stuttgart.

- (1986): Die Süsswasserflora von Mitteleuropa 2: Bacillariophyceae. 1 Teil: Naviculaceae. – Gustav Fischer-Verlag, Stuttgart, 876 pp.

- (1988): Die Süsswasserflora von Mitteleuropa 2: Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surrielaceae. – Gustav Fischer-Verlag, Stuttgart, 596 pp.

- (1991): Die Süsswasserflora von Mitteleuropa 2: Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. – Gustav Fischer-Verlag, Stuttgart, 576 pp.

- (1991): Die Süsswasserflora von Mitteleuropa 2: Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Erganzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Gesamtliteraturverzeichnis Teil. – Gustav Fischer-Verlag, Stuttgart, 436 pp.

KRAUTOVÁ, M. (2006): Sinice a řasy pískovcových skal NPR Broumovské stěny. – [bakalářská práce, depon. in: Biologická fakulta JU, České Budějovice].

KRISTIANSEN, J. (2000): Cosmopolitan chrysophytes. – Syst. Geogr. Pl. 70: 291-300.

- (2002): The genus *Mallomonas* (Synurophyceae) – a taxonomic survey based on the ultrastructure of silica scales and bristles. - Opera Botanica 139: 1-218.

KUSBER, W.H., & JAHN, R. (2003): Annotated list of diatom names by Horst Lange-Bertalot and co-workers. Version 3.0 – [http://www.algaterra.org/Names_Version3_0.pdf]

LANGE-BERTALOT, H. (1979): - Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. – Nova Hedwigia 64 : 285-304.

- (1979): Toleranzgrenzen und populationsdynamik bentischer Diatomeen bei untershiedlich starker Abwasserbelastung. – Algological Studies 23: 184-219.

- (1993): 85 Neue Taxa und über 100 weitere neu definierte Taxa ergänzend zur Süsswasserflora von Mitteleuropa Vol. 2/1-4. – Bibliotheca Diatomologica, Band 27, J. Cramer, Berlin – Stuttgart.

- (2001): Diatoms of Europe. Volume 2: Navicula sensu stricto, 10 genera separated from Navicula sensu lato, Frustulia. – A.R.G. Gantner Verlag K.G, 526 pp.

LANGE-BERTALOT, H. & GENKAL, S.I. (1998): Diatoms from Siberia: Islands in the arctic Ocean (Yugorsky Shar Strait) – Iconographica Diatomologica: Annotated Diatom Micrographs, Volume 6. Koeltz Scientific Books.

LANGE-BERTALOT, H. & METZELTIN, D. (1996): Indicators of oligotrophy. 800 taxa representative of three ecologically distinct lake types. Carbonated buffered -

oligodystrophic - weakly buffered soft water. – Iconographica Diatomologica: Annotated Diatom Micrographs, Volume 2. Koeltz Scientific Books, Königstein, 390 pp.

LANGE-BERTALOT, H. & MOSER, G. (1994): Brachysira: Monographie der Gattung. – Bibliotheca Diatomologica, Band 29. J. Cramer Verlag, Berlin-Stuttgart.

LANGE-BERTALOT, H. & RUMRICH, M. (2000): Diatomeen der Anden: Von Venezuela bis Patagonien / Tierra del Fuego. Und zwei weitere Beiträge. – Iconographia Diatomologica: Annotated Diatom Micrographs, Volume 9. A.R.G. Gantner Verlag K.G.

LECOINTE, C., COSTE, M. & PRYGIEL, J. (1993): Omnidia: software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. – Hydrobiologia 269/270: 509-513.

LEDERER, F. & LHOTSKÝ, O. (2001): Přehled sladkovodních ruduch (Rhodophyceae) v České Republice. – Sborník 17. semináře Aktuální otázky vodárenské biologie, Praha, pp.76-81.

LEDGER, M.E. & HILDREW, A.G. (1998): Temporal and spatial variation in the epilitic biofilm of an acid stream. – Freshwater biology 40: 655-670.

LELLÁK, J. & KUBÍČEK, F. (1992): Hydrobiologie. – Univerzita Karlova, Karolinum, 260 pp.

LENZENWEGER, R. (1996): Desmidiaceenflora von Österreich, Teil 1. – J. Cramer Verlag. Berlin-Stuttgart, 120 pp.

- (1996): Desmidiaceenflora von Österreich, Teil 1. – J. Cramer. Berlin-Stuttgart, 120 pp.
- (1997): Desmidiaceenflora von Österreich, Teil 2. – J. Cramer. Berlin-Stuttgart, 153 pp.
- (1999): Desmidiaceenflora von Österreich, Teil 3. – J. Cramer. Berlin-Stuttgart, 158 pp.
- (2003): Desmidiaceenflora von Österreich, Teil 4. – J. Cramer. Berlin-Stuttgart, 63 pp.

LEPŠ, J. & ŠMILAUER, P. (2000): Mnohorozměrná analýza ekologických dat. – Biologická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, České Budějovice, 102 pp.

LINDSTRØM, E., JOHANSEN, S.W. & SALORANTA, T. (2004): Periphyton in running waters – long-term studies of natural variation. – Hydrobiologia 521: 63-86.

LOKHORST, G.M. (1996): Comparative taxonomic studies on the genus *Klebsormidium* (Charophyceae) in Europe. – Gustav Fischer Verlag, 132 pp.

- (1999): Taxonomic study of the genus *Microspora* THURET (Chlophyceae): An integrated field, culture and herbarium analysis. – Algological Studies 93: 1-38.

LUKEŠOVÁ, A. (2001): Soil algae in brown coal and lignite post-mining areas in Central Europe (Czech Republic and Germany). – Restorat. Ecol. 9: 341-350.

LUTTENTON, M.R. & BAISDEN, C. (2006): The relationships among disturbance, substratum size and periphyton community structure. – Hydrobiologia 561: 111-117.

MAIER, M. (2004): Die jahreszeitliche Veränderung der Kieselalgengemeinschaft in zwei geologisch unterschiedlichen Fliessgewässern der Alpen und ihre Verteilung auf verschiedenen Substraten. – Diatom Research, Volume 9(1): 121-131.

MANN D.G., MCDONALD S.M., BAYER M.M., DROOP S.J.M., CHEPURNOV V.A., LOKE R.E., CIOBANU A. & DU BUF J.M.H. (2004): The *Sellaphora pupula* species complex (Bacillariophyceae): morphometric analysis, ultrastructure and mating data provide evidence for five new species. – Phycologia 43: 459-482.

MARHOLD, K. & SUDA, J. (2002): Statistické zpracování mnohorozměrných dat v taxonomii (Fenetické metody). – Karolinum, Praha, 159 pp.

MÖLDER, K. (1964): Abhängigkeit der Diatomeen vom Felsgrund in Mittelfinnland. – Annales Botanici Fennici 1: 104-109.

MOORE, J.W. (1977): Seasonal succesion of algae in rivers: II. Examples from Highland Water, a small woodland stream. – Arch. Hydrobiol. 80(2):160-171.

MOSER, G., LANGE-BERTALOT, H. & METZELTIN, D. (1998): Island of endemics: New Caledonia – a geobotanical phenomenon. – Bibliotheca Diatomologica, Band 38, J. Cramer, Berlin, Stuttgart.

MÜLLER-HAECKEL, A. & HÅKANSSON, H. (1978): The diatomflora of a small stream near Abisco (Swedish Lapland) and its annual periodicity, judged by drift and colonization. –

Arch. Hydrobiol. 84(2): 199-217.
MÜLLNER, A.N. & SCHAGERL, M. (2003): Abundance and vertical distribution of the phytobenthic community within a pool and riffle sequence of an alpine gravel stream. – Internat. Rev. Hydrobiol. 88(3-4): 243-254.
NEBESÁŘOVÁ, J.(2002): Elektronová mikroskopie pro biology. Multimediální učební texty. – [http://www.paru.cas.cz/lem/book/index.html]
NĚMCOVÁ, Y. (2000): Ultrastruktura a taxonomie vybraných skupin řas. – [disertační práce, depon. in: knihovna Katedry botaniky PřF UK, Praha]
NĚMCOVÁ, Y., NEUSTUPA, J., NOVÁKOVÁ, S. & KALINA, T. (2003): Acta Universitatis Carolinae, Biologica 47 (2003): 285-346, Editum October 30, 2003.
NEUSTUPA, J. (2001): Soil algae from marlstone-substratum based biotopes in the Nature Park Džbán (Central Bohemia, Czech Republic) with special attention to the natural treeless localities. – (Algological Studies 101: 109-120.
NICHOLLS, K.H. & GERRATH, J.F. (1985): The taxonomy of Synura (Chrysophycae) in Ontario with special reference to taste and odour in water supplies. – Can. J. Bot. 63: 1482-1493.
NOVÁKOVÁ, S. (2002): Algal flora of subalpine peat bog pools the Krkonoše Mts. – Preslia 74: 45–56.
- (2003): Algoflóra rašelinišť Českosaského Švýcarska. – Czech Phycology 3: 71-78.
NOVÁKOVÁ, S., NĚMCOVÁ Y., NEUSTUPA J., ŘEZÁČOVÁ M., ŠEJNOHOVÁ L. & KALINA T. (2004): Silica-scaled chrysophytes in acid peat bogs of Bohemian Switzerland (Czech Republic) and Saxonian Switzerland (Germany). – Nova Hedwigia 78: 507-515.
PALS, A., DRIES, E., MUYLAERT, K. & VAN ASSCHE, J. (2006): Substrate specifity of periphytic desmids in shallow softwater lakes in Belgium. – Hydrobiologia 568: 159-168.
PATZELT, Z. & HÄRTEL H. (2001): Hydrologie a hydrobiologie. – [http://www.npcs.cz/cz/hydrologie.htm]
PATZELT, Z. & SOJKA V. (2003): Národní park České Švýcarsko. – OPS České Švýcarsko. Krásná Lípa.
PIIRSOO, K. (2003): Species diversity of phytoplankton in Estonian streams. – Cryptogamie, Algologie 24 (2): 145-165.
POPOVSKÝ, J. & PFIESTER, L.A. (1990): Die Süsswasserflora von Mitteleuropa 6: Dinophyceae. – Gustav Fischer-Verlag, Jena, 272 pp.
POTAPOVA, M.G., & CHARLES, D.F. (2002): Benthic diatoms in USA rivers: distributions along spatial and environmental gradients. – Journal of Biogeography 29: 167-187.
- (2005): Choice of substrate in algae-based water-quality assessment. – Journal of the North American Benthological Society 24: 415-427.
POULÍČKOVÁ, A. (1998): Ochrana horských a podhorských toků, úvod do studia jeho biocenóz. – Metodika Českého svazu ochránců přírody č. 18, 02/09 ZO ČSOP Vlašim.
POULÍČKOVÁ, A., HÁJKOVÁ, P., KŘENKOVÁ, P. & HÁJEK, M. (2004): Distribution of diatoms and bryophytes on the linear transects through spring fens. – Nova Hedwigia 78(3): 411-424
POULÍČKOVÁ, A., LHOTSKÝ, O. & DŘÍMALOVÁ, D. (2004): Prodromus sinic a řas České Republiky. – Czech Phycology 4: 19-33.
POULÍČKOVÁ, A., HAŠLER, P. & KITNER, M. (2005): Cyanobacteria and algae. – In: POULÍČKOVÁ, A., HÁJEK, M. & RYBNÍČEK, K. (eds). Ecology and palaeoecology of spring fens of the West Carpathians. Vydavatelství UP Olomouc, 105-130 pp.
PRINGLE, C.M. (1990): Nutrient spatial heterogenity: effect on community structure, physiognomy, and diversity of stream algae. – Ecology 7(3): 905-920.
ROLLAND, T., FAYOLLE, S., CAZAUBON, A. & PAGNETTI, S. (1997): Methodical approach to distribution of epilithic and drifting algae communities in French subalpine river: Inferences on water quality assesment. – Aquatic Sciences 59: 57-73.
ROIJACKERS, R.M. & KESSEL, H. (1986): Ecological characteristics of scale-bearing

Chrysophyceae from Netherlands. – Nord. J. Bot. 6: 373-383.
ROLLAND, T., FAYOLLE, S., CAZAUBON, A. & PAGNETTI, S. (1997): Methodical approach to distribution of epilithic and drifting algae communities in French subalpine river: Inferences on water quality assessment. – Aquatic Sciences 59: 57-73.
ROUND, F.E. (2001): How large is a river? A view from a diatom. – Diatom research, Volume 16(1): 105-108.
ROUND, F.E. & BUKHTIYAROVA, L. (1996): Epipsammic diatoms – communities of british rivers. – Diatom Research, Volume 11(2): 363-372.
ROUND, F.E., CRAWFORD, R.M. & MANN, D.G. (1990): The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera. – Cambridge University Press, Cambridge, 747 pp.
RUBÍN, J. et al. (2006): Pískovcová skalní města. – 151-159, Přírodní klenoty České republiky. – Nakladatelství Academia, 320 pp.
RUMRICH, U., LANGE-BERTALOT, H. & RUMRICH, M. (2000): Diatoms of the Andes: from Venezuela to Patagonia (Tierra del Fuego). – Iconographia Diatomologica: Annotated Diatom Micrographs, Volume 9, A.R.G. Gantner Verlag K.G.
RŮŽIČKA, J. (1977): Die Desmidiaceen Mitteleuropas, Band 1, 1. Lieferung – E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, pp. 1-292.
- (1981): Die Desmidiaceen Mitteleuropas, Band 1, 2. Lieferung – E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, pp. 293-736.
RYDER, S.D., WATTS, R.J., NYE, E. & BURNS, A. (2006): Can flow velocity regulate epixylic biofilm structure in a regulated floodplain river? – Marine and Freshwater Research 57: 29-36.
ŘEZÁČOVÁ, M. (2003): Ekologie a rozšíření chrysomonád s křemitými šupinami (Chrysophyceae, Synurophyceae). – [Bakalářská seminární práce, depon. in: Katedra botaniky PřF UK]
SABATER, S., GREGORY, S.V. & SEDELL, J.R. (1998): Community dynamics and metabolism of benthic algae colonizing wood and rock substrata in forest stream. – Journal of Phycology 34: 561-567.
SABATER, S. & ROCA, J.R. (1992): Ecological and biogeographical aspects of diatom distribution in Pyrenean springs. – British Phycological Journal 27: 203–213.
SCHADE, A. (1923): Die kryptogamischen Pflanzengesellschaften an den Felswänden der Sächsischen Schweiz. - Ber. Deutsch. Bot. Ges, Berlin 41:49-59.
SCHIEFELE, S. & SCHREINER, C. (1991): - Use of diatoms for monitoring nutrient enrichment, acidification and impact of salt in rivers in Germany and Austria. – In: WHITTON, B.A., ROTT, E. & FRIEDRICH, G. (eds) Use of algae for monitoring rivers, Düsseldorf Germany, E. Rott -Institut für Botanik Universität Innsbruck. STUDIA, 103-110 pp.
SCHORLER, B. (1915): Die Algenvegetation an den Felswänden des Elbsandsteingebirges. – Abhandlungen der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft ISIS in Dresden. 1-27 pp.
SENOUSY, H.H., BEAKES, G.W. & HACK, E. (1999): Phylogenetic Placement of *Botryococcus braunii* (Trebouxiophyceae) and *Botryococcus sudeticus* isolate UTEX 2629 (Chlorophyceae). – J. Phycol. 40: 412-423.
SIVER, P.A. (1989): The distribution of scaled chrysophytes along a pH gradient. – Can. J. Bot. 67: 2120-2130.
- (1991): The biology of Mallomonas: Morphology, Taxonomy and Ecology. – Kluwer Academic Publishers, 248 pp.
- (1995): The distribution of chrysophytes along environmental gradients: their use as biological indicators. – Chrysophyte algae. Ecology, phylogeny and development. – In: SANDGREN, C. D., SMOL J. P. & KRISTIANSEN, J. - Cambridge University Press, 232-268 pp.
- (2002): The scaled chrysophyte flora of Cape Cod, Massachusetts, USA, with special emphasis on lake chemistry. – Nova Hedwigia, Beih 122: 55-74.

SIVER, P.A. & HAMER, J.S. (1989): Multivariate statistical analysis of factors controlling the distribution of scaled chrysophytes. – Limnol. Oceanogr. 34: 368-381.

SIVER, P.A., HAMILTON, P.B., STACHURA-SUCHOPLES, K. & KOCIOLEK, J.P. (2005): Diatoms of North America: The Freshwater Flora of Cape Cod, Massachusetts, U.S.A. – Iconographia Diatomologica: Annotated Diatom Micrographs, Volume 14. A.R.G. Gantner Verlag K.G.

SKÁCELOVÁ, O. (1998): Předběžná zpráva o algologickém průzkumu v CHKO Labské pískovce. – Sborník referátů 38. pracovní konference Algologické sekce České botanické společnosti, Rožmberk nad Vltavou, 37-40 pp.

SPRÁVA NÁRODNÍHO PARKU ČESKÉ ŠVÝCARKO (2001): Návrh zonace Národního parku České Švýcarsko. – [http://www.npcs.cz/cz/zonace.htm]

SRNSKÝ, S. (1998): Chráněná krajinná oblast Labské pískovce, její vývoj a problémy. Celostátní seminář, Chřibská. – Česká společnost pro životní prostředí.

STARMACH, K. (1972): Flora sładkowodna Polski, tom 10.: Chlorophyta 3., Zielenice nitkowate. – PWN, Warszawa – Kraków, 807 pp.

- (1977): Flora sładkowodna Polski: Phaeophyta - Brunatnice, Rhodophyta - Krasnorosty. – PWN, Warszawa, Kraków, 445pp.

- (1985): Die Süsswasserflora von Mitteleuropa 1: Chrysophyceae und Haptophyceae. – VEB Gustav Fisher Verlag, Jena, 515pp.

STEVENSON, R.J. & BAHLS, L.L. (1999): Periphyton protocols. – In: Barbour, M.T., Gerritsen, J. & Snyder, B.D. (eds): Rapid Bioassessment Protocols for Use in Wadeable Streams and Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish. Second Edition. United States Environmental Protection Agency, Washington, pp 6-22.

STEVENSON, R. J., BOTHWELL, M. L. & LOWE, R. L. (eds.) (1996): Algal ecology: freshwater benthic ecosystems. – Academic press, 753 pp.

STEVENSON, R.J. & HASHIM, S. (1989): Variation in diatom community structure among habitats in sandy streams. – Journal of Phycology 25: 678-686.

STEVENSON, R.J. & PETERSON, CH.G. (1989): Variation in benthic diatom (Bacillariophyceae) immigration with habitat characteristics and cell morphology. – Journal of Phycology 25: 120-129.

STEVENSON, R.J., PETERSON, CH.G., KIRSCHTEL D.B., KING, CH.C. & TUCHMAN, N.C. (1991): Density-dependent growth, ecological strategies, amd effects of nutrients and shading on benthic diatom succesion in streams. – Journal of Phycology 27: 59-69.

ŠKALOUD, P. (2004): Aero-terestrické sinice a řasy ventarol NPP Borečský vrch. – [Diplomová práce, depon. in: knihovna Katedry botaniky PřF UK]

- (2006): Variation and taxonomic significance of some morphological features in European strains of *Klebsormidium* (Klebsormidiophyceae, Streptophyta). – Nova Hedwigia 83(3-4): 533-550.

TER BRAAK, C.J.F. (1983): Principal components biplots and alpha and beta diversity. – Ecology 64(3): 454-462.

TER BRAAK, C.J.F. & ŠMILAUER, P. (1998): CANOCO Reference Manual and User´s Guide to Canoco for Windows. – Microcomputer Power. Ithaca, NY, US, 353 pp.

- (2002): CANOCO Reference Manual CanoDraw for Windows User´s Guide: software for canonical community ordination (version 4.5). – Microcomputer Power, Ithaca, USA, 500 pp.

VAN DAM, H., MERTENS, A. & SINKELDAM, J. (1994): A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. – Netherlands J. Aquatic Ecol. 28(1): 117-133.

VAN DAM, H., SUURMOND, G. & TER BRAAK, C.J.F. (1981): Impact of acidification on diatoms and chemistry of Dutch moorland pools. – Hydrobiologia 83: 425-459.

VAN DE VIJVER, B., BEYENS, L. & LANGE-BERTALOT, H. (2004a): The genus *Stauroneis* in the Arctic and (Sub-) Antartic Regions. – Bibliotheca Diatomoligica 51, 317 pp.

VAN DE VIJVER, B., BEYENS, L., VINCKE, S. & GREMMEN, N.J.M. (2004b): Moss-inhabiting diatom communities from Heard Island, sub-Antarctic. – Polar Biology 27: 532-543.

VAN DE VIJVER, B., FRENOT, Y. & BEYENS, L. (2002): Freshwater diatoms from Ile de la Possession (Crozet archipelago, sub-Antarctica). – Bibliotheca Diatomologica 46, 412 pp.

VAVILOVA, V.V. & LEWIS, W. M. (1999): Temporal and altitudinal variations in the attached algae of mountain streams in Colorado. – Hydrobiologia 390: 99-106.

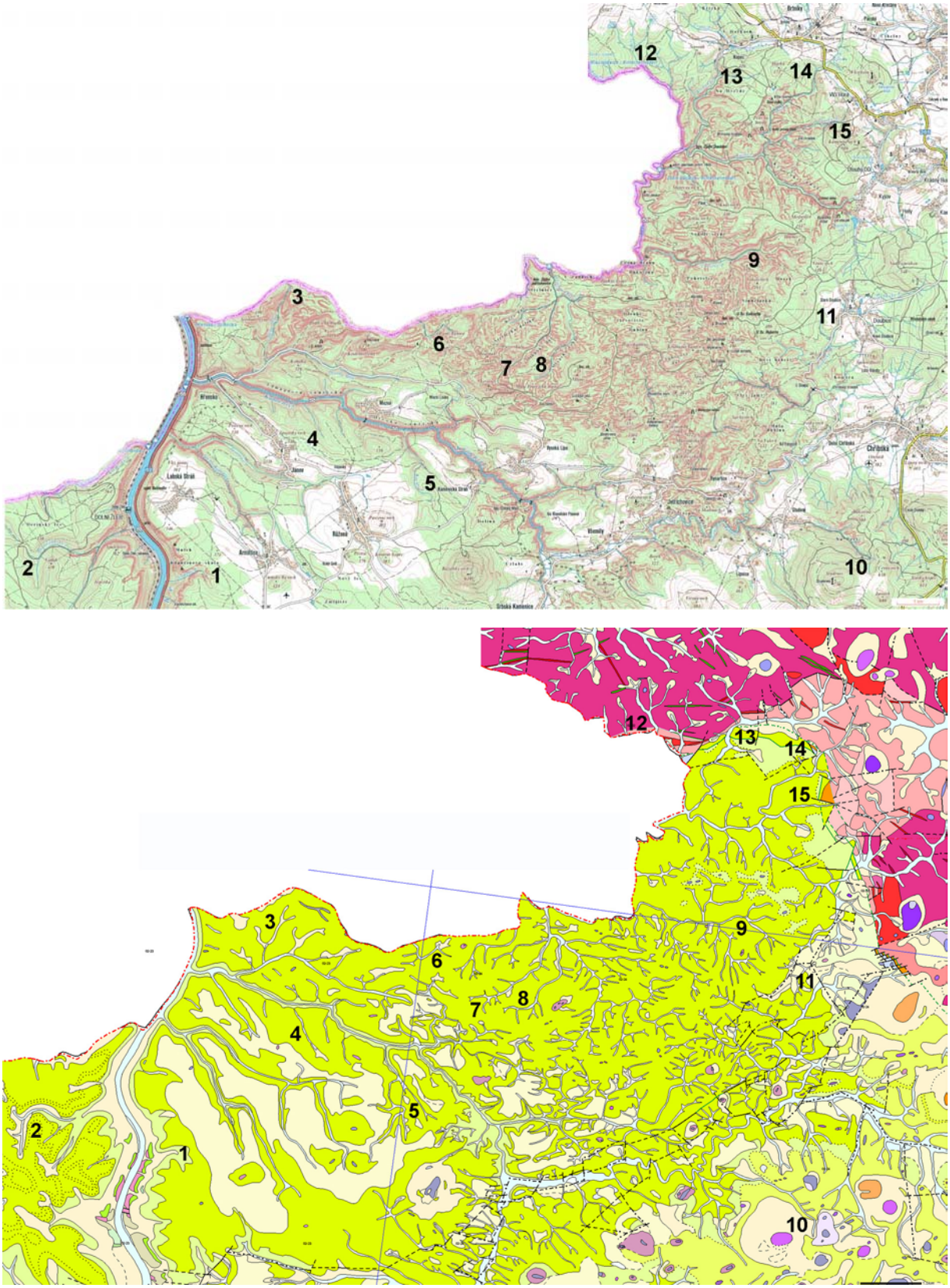
VILBASTE, S. (2001): Benthic diatom communities in Estonian rivers. – Boreal Environment Research 6: 191-203.

WERUM M. & LANGE-BERTALOT, H. (2004): Diatoms in springs from Central Europe and elsewere under influence of hydrogeology and anthropogenic impacts. – Iconographia Diatomologica: Annotated Diatom Micrographs, Volume 13. A.R.G. Gantner Verlag K.G., 480 pp.

WOŁOWSKI, K. (1998): Taxonomic and environmental studies on euglenophytes of the Kraków-Częstochowa Upland (Southern Poland). – Fragmenta Floristica et Geobotanica Supplementum 6: 3-192, Kraków.

WUNSAM, S., CATTANEO, A. & BOURASSA, N. (2002): Comparing diatom species, genera and size in biomonitoring: a case study from streams in the Lauretanians (Quebec, Canada). – Freshwater Biology 47: 325-340.

ZVÁRA, K. (2003): Biostatistika. – Karolinum, Praha, 213 pp.



Tab. 1: **Geografická a geologická mapa** zkoumaného území s vyznačenými lokalitami.

1-Studený potok, 2-Dolnožlebský potok, 3-Suchá Bělá, 4-Písečná rokle, 5-Kachní potok, 6-Ponova louka, 7-Hluboký důl, 8-Mlýnská rokle, 9-Červený potok, 10-Studenec, 11-Doubický potok, 12-Bílý potok, 13-Brtnický potok, 14-Vlčí potok, 15-Panský potok

Geologická legenda, ve které jsou uvedeny zkoumané lokality:

kvartér - *holocén*

6 hlína, písek, štěrk (fluviální nečleněné + sedimenty vodních nádrží) - Dolnožlebský p., Kachní p., Ponova l., Hluboký d., Mlýnská r., Červený p., Studenec, Doubický p., Bílý p., Brtnický p., Vlčí p., Panský p.

7 sediment smíšený (deluviofluviální) - Dolnožlebský p., Suchá Bělá, Písečná r., Kachní p., Ponova l., Hluboký d., Mlýnská r., Červený p., Studenec, Doubický p., Bílý p., Brtnický p., Vlčí p.

9 slatina, rašelina, hnilokal (organická) - Suchá Bělá

12 písčito-hlinitý až hlinito-písčitý sediment (deluviální) (složení pestré) - Ponova l., Hluboký d., Mlýnská r., Červený p., Studenec, Doubický p.

13 kamenitý až hlinito-kamenitý sediment (deluviální) (složení pestré) - Studený p., Dolnožlebský p., Suchá Bělá, Písečná r., Doubický p., Bílý p., Brtnický p., Vlčí p.

14 hlinito-kamenitý, balvanitý až blokový sediment (deluviální) (složení oligomiktní) - Studenec, Doubický p.

16 spraš, sprašová hlína (eolická) (složení křemen + příměsi + $CaCO_3$) - Kachní p., Hluboký d., Červený p., Doubický p.

neogén, kvartér - *pliocén, pleistocén*

49 písek, štěrk (fluviální) (složení pestré) - Studenec

terciér (paleogén - neogén), kvartér - *eocén, oligocén, miocén, pliocén, pleistocén*

179 bazaltoid olivinický (efuze, intruze) **-** Doubický p., Bílý p., Brtnický p.

terciér (paleogén - neogén) - *eocén, oligocén, miocén*

183 bazalt alkalický olivinický, bazanit, limburgit (efuze, intruze) (složení foid, pyroxen, olivín sklo) - Mlýnská r., Studenec, Doubický p.

terciér (paleogén - neogén), kvartér - *eocén, oligocén, miocén, pliocén, pleistocén*

189 bazanit nefelinický (efuze, intruze) (složení (plagioklas, nefelín), olivín, (pyroxen)) - Vlčí p.

198 nefelinit olivinický, analcimit olivinický (efuze, intruze) (složení nefelín, pyroxen, (olivín), magnetit, analcim) – Ponova l.

terciér (paleogén - neogén) - *eocén, oligocén, miocén*

235 tefrit analcimický, tefrit sodalitický, trachybazalt analcimický, trachybazalt sodalitický (efuze, intruze) (složení (plagioklas), K živec), analcim, apoleucit, sodalit, pyroxen) - Studenec

242 brekcie subvulkanická bazaltoidní (intruze) - Ponova l., Mlýnská r., Červený p.,

terciér (paleogén - neogén), kvartér - *eocén, oligocén, miocén, pliocén, pleistocén*

252 pyroklastika bazaltoidních hornin (pyroklastika) - Studenec

křída - *křída svrchní*

279 283 293 295 303 pískovec (marinní) (složení křemen) - Studený p., Dolnožlebský p., Suchá Bělá, Písečná r., Kachní p., Ponova l., Hluboký d., Mlýnská r., Červený p., Studenec, Doubický p., Bílý p., Brtnický p., Vlčí p., Panský p.

290 vápnitý jílovec, slínovec, vápnitý prachovec (marinní) (složení vápnitý, (0), vápnitý - Studenec, Doubický p.

296 pískovec (marinní) (složení vápnitý, jíl, glaukonit) - Dolnožlebský p.

315 pískovec (marinní) (složení křemen, vápnitý, jíl, glaukonit) – Studený p.

jura - *jura střední-dogger, jura svrchní-malm*

320 pískovec, vápenec, dolomit (marinní) - Doubický p., Bílý p.

perm - *perm spodní*

343 aleuropelit, pískovec, slepenec, ryolit - Doubický p., Vlčí p., Panský p.

821 žilný křemen - Bílý p., Brtnický p.

ordovik

822 granit aplitický - Brtnický p., Vlčí p.

825 dolerit - Bílý p., Brtnický p.

neoproterozoikum, kambrium, ordovik - *ordovik svrchní*

827 830 832 granit (složení biotit) - Doubický p., Bílý p., Brtnický p., Vlčí p.

831 granit - Vlčí p., Panský p.

843 granodiorit (složení biotit ±muskovit) - Bílý p., Brtnický p.

844 granodiorit (složení biotit) - Studený p.

	Studp	Dožlp	SB	Písro	Kachp	Ponlou	Hldůl	Mlyro	Čerp	Stnec	Doubp	Bílýp	Brtnp	Vlčíp	Panp
Cyanobacteria															
Homoeothrix sp.		x													
Chamaesiphon minutus													x		
Chamaesiphon spp.		x								x		x	x		
Chroococcopsis sp.		x													
Leptolyngbia spp.	x	x				x				x	x				
Oscillatoria spp.		x	x							x	x			x	
Phormidium spp.	x	x			x					x	x	x	x	x	x
Pseudanabaena catenata	x	x	x		x				x						
Pseudanabaena cf. *constricta* **8o**		x			x					x				x	x
Euglenophyta															
Euglena mutabilis			x	x	x				x		x				x
Trachelomonas spp.			x				x		x						
Dinophyta															
Bernadinium sp.					x				x						
Gymnodinium sp.					x										
Cryptophyta															
Cryptomonas spp.	x		x		x		x	x	x	x	x			x	x
Heterokontophyta															
Chrysophyceae															
Anthophysa vegetans							x								
Chrysocapsaceae **8g**			x												
Chrysosphaera sp. **8f**			x		x				x						
Paraphysomonas vestita					x										
Synurophycae															
Chrysodidymus synuroideus **7j**					x										
Mallomonas annulata **7a**					x										
Mallomonas calceolus **7b-c**					x										
Mallomonas flora **7d**					x										
Mallomonas multisetigera **7e**				x											
Mallomonas ouradion								x							
Mallomonas papillosa **7f**					x										
Mallomonas pillula **7g**					x										
Mallomonas cf. *striata*					x										
Mallomonas spp.								x							
Synura echinuata **7h**					x										
Synura petersenii **7ch-i**					x										
Synura spp.				x			x			x					
Bacillariophyceae															
Adlafia bryophila			x	x				x			x				

	Studp	Dožlp	SB	Písro	Kachp	Ponlou	Hldůl	Mlyro	Čerp	Stnec	Doubp	Bílýp	Brtnp	Vlčíp	Panp
Achnanthes acidoclinata **5i-j**	x														
Achnanthes cf. *amoena*		x				x						x			
Achnanthes laevis **5a**				x				x							x
Achnanthes lanceolata sensu lato	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Achnanthes lapidosa			x												
Achnanthes minutissima sensu lato	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x
Achnanthes oblongella	x		x									x	x		
Achnanthes spp.	x		x					x				x			
Amphipleura pellucida		x													
Amphora libyca	x	x		x		x	x					x			
Amphora pediculus	x	x		x		x	x	x				x	x		
Amphora spp.			x		x										
Asterionella formosa		x													
Aulacoseira italica		x													
Aulacoseira spp.	x		x	x											
Brachysira brebissonii **6o**	x		x		x	x								x	x
Brachysira vitraea		x	x	x				x							
Caloneis bacillum / *aerophila*	x		x	x		x	x	x	x	x	x	x	x		x
Caloneis silicula		x									x				
Caloneis tenuis					x			x							
Caloneis vasileyevae **6p**			x												
Cavinula cocconeiformis			x	x					x		x				
Cocconeis placentula var. *clinoraphis*				x											
Cocconeis placentula var. *lineata*	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x	x	
Cocconeis pl. var. *pseudolineata* **5m**	x	x		x	x	x		x				x			
Craticula riparia var. *riparia*										x					x
Cyclotella menenghiniana		x	x									x			
Cyclotella pseudostelligera	x														
Cyclotella sp.		x													
Cyclotella steligera		x													
Cymatopleura solea		x													
Cymbella cf. *lanceolata*					x										
Cymbella cf. *perpusilla*	x	x				x	x		x	x		x	x		x
Cymbella gracilis				x		x		x			x				
Cymbella subaequalis **5l**				x				x							
Cymbopleura naviculiformis	x	x	x	x	x	x		x		x		x	x	x	
Diadesmis brekkaensis **6b**			x						x						
Diadesmis gallica **6e**			x												
Diadesmis laevissima **6c-d, 7k**			x												
Diad. paracontenta / contenta **6a, 7l**	x		x	x	x	x	x	x	x	x		x			x
Diadesmis perpusilla **6f**	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x	
Diatoma mesodon	x		x	x	x	x		x			x	x	x		
Diploneis fontanella			x	x	x					x					
Diploneis oblongella	x					x	x	x				x			
Diploneis oculata				x		x		x			x	x	x		
Diploneis ovalis	x		x	x			x						x		
Diploneis pseudovalis												x			
Diploneis sp.					x										
Encyonopsis cesatii			x												
Enc. falaisensis / *microcephala* **6m**		x		x	x			x				x	x		
Encyonema minutum / *silesiacum* **5k**	x	x	x	x		x		x			x	x	x	x	

	Studp	Dožlp	SB	Písro	Kachp	Ponlou	Hldůl	Mlyro	Čerp	Stnec	Doubp	Bílýp	Brtnp	Vlčíp	Panp
Encyonema spp.			x												
Eolimna minima												x			
Epithemia sp.						x									
Eunotia arculus											x				
Eunotia bilunaris **6r**			x	x	x	x		x	x	x			x	x	x
Eunotia botuliformis **6x**			x	x		x		x		x	x	x	x		
Eunotia exigua / *tenella* **6u-w**	x		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
Eunotia faba									x				x		
Eunotia fallax			x									x			
Eunotia fallax var. *fallax*									x						
Eunotia fallax var. *groenlandica*			x								x				
Eunotia glacialis			x						x		x		x		x
Eunotia implicata **6t**	x			x	x			x			x		x		
Eunotia incisa **6s**			x	x	x				x		x			x	x
Eunotia meisteri									x	x					
Eunotia minor **6q**	x		x	x		x			x	x	x	x	x	x	x
Eunotia muscicola var. *tridentula* **6j**			x									x	x		x
Eunotia nymanniana									x						
Eunotia paludosa **6l**	x		x	x	x	x		x	x	x			x	x	x
Eunotia paludosa var. *trinacria* **6y**			x						x	x				x	
Eunotia praerupta			x								x			x	x
Eunotia praerupta var. *bigibba* **6i**			x					x			x				x
Eunotia rhomboidea **6p**	x		x			x				x			x	x	x
Eunotia septentrionalis **6k**			x		x				x	x	x			x	
Eunotia spp.			x	x											x
Eunotia steineckii									x				x		
Eunotia sudetica	x														
Fallacia vitrea **5a**			x												x
Fragilaria capucina sensu lato	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x	x		
Fragilaria ulna	x	x		x	x	x		x					x	x	
Fragilariforma virescens	x		x			x		x	x		x	x		x	x
Frustulia crassinervia			x						x						x
Frustulia saxonica			x		x			x	x	x			x	x	x
Frustulia vulgaris	x	x	x	x		x	x				x	x	x		
Frustulia weinholdii	x			x											
Gomphonema acuminatum		x		x		x									
Gomphonema angustum							x							x	
Gomphonema clavatum **5t**	x		x	x	x	x		x		x	x	x	x		
Gomphonema gracile / *acidoclinatum*		x	x	x	x			x		x	x		x	x	x
Gomphonema minutum	x	x			x	x				x		x			
Gomphonema parvulum sensu lato	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
Gomphonema spp.			x									x			
Gomphonema truncatum				x		x									
Hannaea arcus					x										
Hantzschia amphioxis			x	x			x		x						
Hippodonta capitata		x		x		x									
Chamaepinnularia mediocris **6ch, 7m**			x							x			x		x
Ch. soehrensis var. *soehren.* **6h, 7n**			x		x				x	x			x	x	x
Ch. soehrensis var. *hassiaca*			x												x
Kobayasiella cf. *jaagii*	x											x			
Kobayasiella subtilissima															x

	Studp	Dožlp	SB	Písro	Kachp	Ponlou	Hldůl	Mlyro	Čerp	Stnec	Doubp	Blýp	Brtnp	Vlčíp	Panp
Luticola acidoclinata	x		x				x			x				x	
Luticola mutica **5b**			x	x					x						
Mayamea atomus var. *permits* **5d**				x		x	x					x	x		
Mayamea spp.		x	x									x			x
Melosira varians	x	x		x		x									
Meridion circulare	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Microcostatus krasskei **6g, 7n**			x			x		x	x	x	x		x		x
Navicula angusta								x					x		
Navicula clementis														x	
Navicula cryptocephala sensu lato	x	x		x		x	x	x		x	x	x	x		
Navicula cryptotenella sensu lato	x		x	x		x	x	x		x		x	x		
Navicula gregaria	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x			
Navicula lanceolata **5r**	x	x		x		x	x					x		x	
Navicula medioconvexa															x
Navicula minuscula **5e**												x			
Navicula protracta						x						x			
Navicula radiosa		x	x	x		x									
Navicula reinhardtii		x													
Navicula rhynchocephala **5s**	x	x		x		x		x		x	x	x	x		
Navicula spp.			x	x											
Navicula tripunctata	x					x	x								
Navicula ventralis	x														
Naviculadicta detenta				x				x							
Naviculadicta tridentula				x					x						
Neidium sp. - šířka 3µm											x				
Neidium sp. - ampliátní **5u**				x				x	x	x	x	x		x	
Neidium affine			x	x						x	x	x	x		x
Neidium alpinum			x					x	x	x	x				x
Neidium ampliatum		x									x	x			
Neidium binodefme							x								
Neidium bisulcatum		x		x											
Neidium carterii **7o**			x	x											
Neidium hercynicum			x					x	x	x	x		x	x	x
Neidium productum							x				x			x	
Neidium spp.			x												
Nitzschia - baculatá, strie, fibuly											x				
Nitzschia - bez strií, hrubé fibuly											x				
Nitzschia - velká, z boku hranatá	x	x		x		x	x	x				x			
Nitzschia acicularis		x		x		x									
Nitzschia cf. *levidensis*				x		x									
Nitzschia dissipata	x	x		x		x		x				x	x		
Nitzschia spp.	x	x	x	x		x	x	x		x		x	x	x	
Ortoseira roseana			x												
Peronia fibula			x												
Pinnularia - menší viridoidní	x		x		x	x	x	x	x			x	x		
Pinnularia acoricola / *obscura*	x		x	x	x				x	x	x	x			x
Pinnularia borealis		x	x	x			x		x			x		x	
Pinnularia brebissonii		x		x						x					
Pinnularia gibba											x				
Pinnularia grunowii				x			x	x			x	x	x		
Pinnularia lata									x					x	

	Studp	Dožlp	SB	Písro	Kachp	Ponlou	Hldůl	Mlyro	Čerp	Stnec	Doubp	Blýp	Brtnp	Vlčíp	Panp
Pinnularia macilenta														x	
Pinnularia microstauron	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x	
Pinnularia neomajor								x					x		
Pinnularia nodosa			x					x						x	
Pinnularia notabilis				x				x							
Pinnularia obscura															
Pinnularia pseudogibba **5q**			x						x	x			x		x
Pinnularia rabenhorstii			x	x											
Pinnularia renata	x										x				
Pinnularia rupestris			x						x	x		x	x	x	x
Pinnularia silvatica	x		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x
Pinnularia sinistra															
Pinnularia schoenfelderi **5p**	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pinnularia sp. - rozličná fascie		x	x												
Pinnularia spp.			x												
Pinnularia subcapitata / *sinistra* **5o**	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pinnularia subcommutata				x			x					x			
Pinnularia subgibba		x		x				x							
Pinnularia submicrostauron									x						
Pinnularia viridiformis	x	x	x	x		x		x		x	x	x	x	x	x
Pinnularia viridis				x				x			x	x		x	
Placoneis ignorata **5c**						x						x	x		x
Placoneis paraelginensis		x		x		x	x	x		x		x			x
Psammothidium helveticum **5f-g**		x	x	x			x			x	x	x	x	x	x
Reimeria sinuata	x	x	x	x		x	x	x				x			
Rhoicosphenia abbreviata					x	x	x					x			
Rhopalodia gibba						x									
Sellaphora pupula sensu lato		x		x		x	x			x		x			
Sellaphora sp.											x				
*Stauroneis anceps s*ensu lato	x	x		x		x	x	x		x	x	x	x	x	x
Stauroneis kriegerii		x				x	x	x				x			
Stauroneis legumen											x				
Stauroneis obtusa							x								
Stauroneis phoenicenteron	x			x		x		x			x	x		x	
Stauroneis smithii				x							x				
Stauroneis thermicola	x		x				x								x
Stephanodiscus hantzschii														x	
Surirella angusta	x	x		x		x	x	x			x	x	x		
Surirella brebissonii	x	x		x		x	x	x			x	x			
Surirella helvetica	x					x									
Surirella linearis		x					x								x
Surirella minuta		x					x			x	x	x			
Surirella roba **5n**			x	x	x			x		x	x	x	x	x	
Surirella splendida														x	x
Surirella tenera													x		
Tabellaria flocculosa / *ventricosa*		x	x	x		x			x	x	x	x	x	x	x
Xanthophyceae															
Tribonema sp.					x										
Tribonema aequalis														x	
Tribonema regulare						x									
Vaucheria sp.													x		

	Studp	Dožlp	SB	Písro	Kachp	Ponlou	Hldůl	Mlyro	Čerp	Stnec	Doubp	Bílýp	Brtnp	Vlčíp	Panp
Rhodophyta															
Audouinella spp.		x							x	x			x		x
Batrachospermum sp.		x													
Chlorophyta															
Ankistrodesmis falcatus														x	
Ankistrodesmus bibraianus											x				
Binuclearia tectorum							x								
Coelastrum astroideum											x			x	
Crucigenia tetrapedia											x				
Desmodesmus spp.											x			x	
Dictyosphaerium sp.											x				
Chaetophorales			x	x							x				
Chlamydomonas sp.			x		x	x					x				x
Chlorococcacae / aerofytické **8h**	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Keratococcus raphidioides				x											
Keratoc. / *Raphidonemopsis* **8a-c**			x	x	x				x						
Microspora amoena													x		
Microspora cf. *stagnorum*							x								
Microspora floccosa							x								
Microspora quadrata														x	
Microspora spp.									x						
Microspora tumidula			x					x							
Microthamnion kützingianum	x	x	x		x		x	x							
Monoraphidium contortum	x														
Monoraphidium griffithi											x				
Monoraphidium terestre **8d**			x	x	x				x						
Nephroselmis olivaceae					x					x					
Oedogonium spp.											x			x	
Pediastrum boryanum														x	
Pediastrum duplex											x	x		x	
Pediastrum tetras											x			x	
Scotiellopsis terrestris **8e**			x												
Stichococcus bacillaris			x	x											
Tetraedron caudatum											x				
Tetraedron minimum											x				
Ulothrix cf. *oscillatoria*														x	
Ulothrix sp.			x												
Ulothrix variabilis						x	x								
Charophyta															
Klebsormidiophyceae															
Klebsormidium crenulatum **8n**			x												
Klebsormidium flaccidum / *nitens* **8m**	x		x		x	x	x	x	x					x	
Klebsormidium mucosum			x												
Klebsormidium cf. *scopulinum* **8l**			x		x		x								
Zygnematophyceae															
Actinotaenium cf. *perminutum*									x						
Actinotaenium sp. **8j**		x	x		x			x	x	x					
Closterium acerosum														x	
Closterium acutum														x	
Closterium cf. *idiosporum*		x													
Closterium ehrenbergii													x	x	

	Studp	Dožlp	SB	Písro	Kachp	Ponlou	Hldůl	Mlyro	Čerp	Stnec	Doubp	Bílýp	Brtnp	Vlčíp	Panp
Closterium intermedium							x		x						
Closterium limeticum var. *fallax*											x				
Closterium littorale var. *crassum*															x
Closterium moniliferum														x	x
Closterium navicula															x
Closterium parvulum											x				
Closterium praelongum														x	
Closterium pseudolunula				x											
Closterium rostratum										x				x	
Closterium spp.		x					x								
Closterium striolatum							x			x					
Closterium tumidulum													x	x	x
Cosmarium contractum var. *minutum*											x				
Cosmarium notabile var. *transiens*														x	
Cosmarium sp.														x	
Cosmarium subcucumis														x	x
Cosmarium vexatum														x	x
Cylindrocystis brebisonii		x	x												
Euastrum binale var. *gutwinski*							x								
Hyalotheca dissiliens			x												
Mesotaenium sp.			x												
Mougeotia spp.	x	x	x		x		x	x						x	x
Roya anglica	x	x	x		x				x	x					x
Staurastrum cf. *micron*											x				
Staurastrum punctulatum							x		x	x					
Staurastrum sp.														x	
Staurastrum striatum														x	
Staurodesmus cuspidatus											x				

Tab. 2: **Seznam taxonů** identifikovaných z přírodních vzorků z jednorázového odběru 14 potoků a z dlouhodobě studovaného potoka Suchá Bělá - u některých taxonů je uveden odkaz na fotografie v příloze.

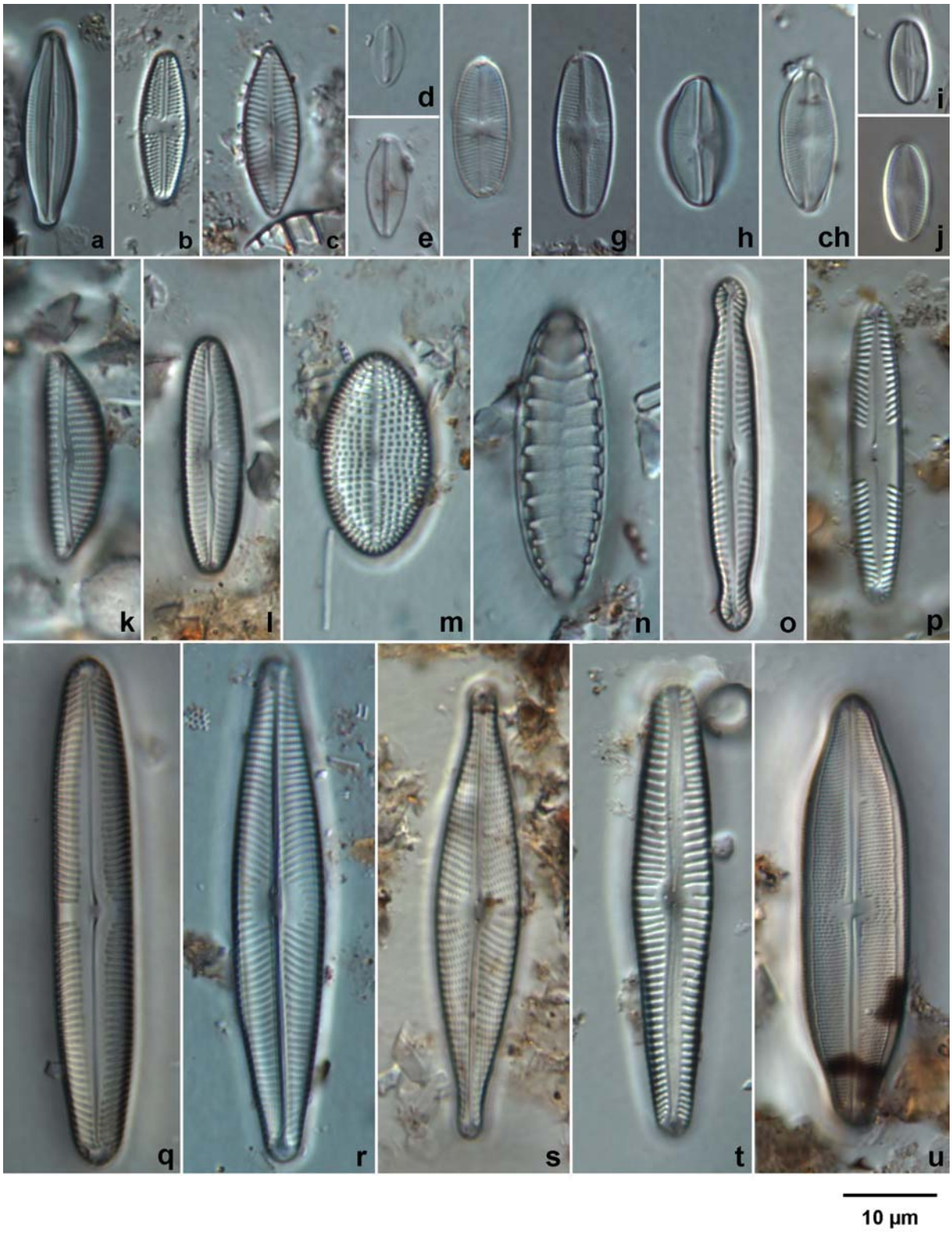
lokalita a datum odběru		pH	vodivost $\mu S \cdot cm^{-1}$	teplota °C	datum odběru	pH	vodivost $\mu S \cdot cm^{-1}$	teplota °C	NO_3^-	NH_4^+	celkový dusík	celkový fosfor
Studený potok	HT	6,27	136	9,2	08.12.2006	6,32	140	7,9	3,71	264,2	4,7	0,14
3.11.2005	DT	6,20	135	9,5		5,65	138	7,6	4,39	247,1	20,9	0,64
Dolnožlebský	HT	6,31	184	12,2	08.12.2006	5,39	197	8,0	7,98	459,7	12,7	0,27
potok 18.6.2006	DT	6,31	155	14,1		5,23	163	6,9	4,75	405,8	12,4	0,23
Suchá Bělá	HT	5,31	53	6,1	08.12.2006	4,53	60	7,4	0,45	68,2	8,1	0,33
23.4.2005	DT	4,43	70	5,8		3,92	49	7,7	0,98	111,0	7,0	0,50
Písečná rokle	HT	3,30	147	9,1	10.12.2006	3,95	164	6,3	2,85	337,1	11,7	0,41
15.5.2005	DT	5,20	148	9,3		3,71	155	6,4	1,88	284,9	12,4	0,37
Kachní potok	HT	6,13	135	7,9	10.12.2006	5,19	128	6,0	7,91	498,6	13,5	0,39
7.5.2006	DT	5,91	118	8,7		5,01	108	6,5	3,73	616,1	10,7	0,37
Ponova louka	HT	7,30	130	11,5	10.12.2006	6,46	200	6,9	5,03	153,2	0,7	0,56
18.4.2005	DT	8,30	229	9,4		6,41	208	6,4	6,06	173,0	11,6	0,70
Hluboký důl	HT	4,74	78	9,0	10.12.2006	4,86	28	5,9	0,44	64,7	1,3	0,36
28.10.2004	DT	6,20	181	9,1		4,77	63	5,7	0,89	169,0	6,1	0,25
Mlýnská rokle	HT	3,62	82	5,1	10.12.2006	2,93	121	6,2	2,26	51,5	2,7	0,29
9.4.2006	DT	4,39	52	5,5		3,68	47	5,7	0,58	67,8	10,0	0,27
Červený potok	HT	6,71	146	9,5	09.12.2006	6,12	130	6,1	0,59	238,0	5,2	0,47
7.5.2006	DT	5,22	53	7,8		5,74	51	6,2	0,86	99,4	7,4	0,43
Studenec	HT	6,54	184	15,4	10.12.2006	5,83	125	5,1	1,37	199,4	0,3	0,64
17.6.2006	DT	6,66	109	16,0		5,44	105	6,3	1,00	248,6	1,4	0,39
Doubický potok	HT	7,28	202	13,9	10.12.2006	6,20	165	5,7	1,37	376,3	---	0,57
7.5.2006	DT	6,95	175	11,3		5,96	162	5,5	1,11	318,1	---	0,41
Bílý potok	HT	7,21	154	14,6	09.12.2006	5,49	141	7,0	2,52	136,0	12,2	0,24
20.8.2005	DT	7,61	153	14,5		5,64	143	6,7	2,30	136,8	12,6	0,31
Brtnický potok	HT	7,36	190	15,3	09.12.2006	6,10	173	6,3	3,93	380,7	5,8	0,37
20.8.2005	DT	7,50	173	15,7		5,97	168	6,0	3,79	355,1	14,2	0,51
Vlčí potok	HT	7,35	162	5,8	09.12.2006	6,53	158	5,9	1,77	252,2	6,3	0,31
30.10.2005	DT	6,94	152	6,9		6,67	143	6,0	1,39	301,0	0,1	0,30
Panský potok	HT	7,84	229	7,3	09.12.2006	6,22	155	7,2	0,69	134,0	11,0	0,56
30.10.2005	DT	7,02	125	7,4		6,10	134	6,1	0,72	161,8	11,3	0,11

Tab. 3: **Proměnné prostředí** – změřené hodnoty parametrů v den odběru vzorků a v prosinci 2006.

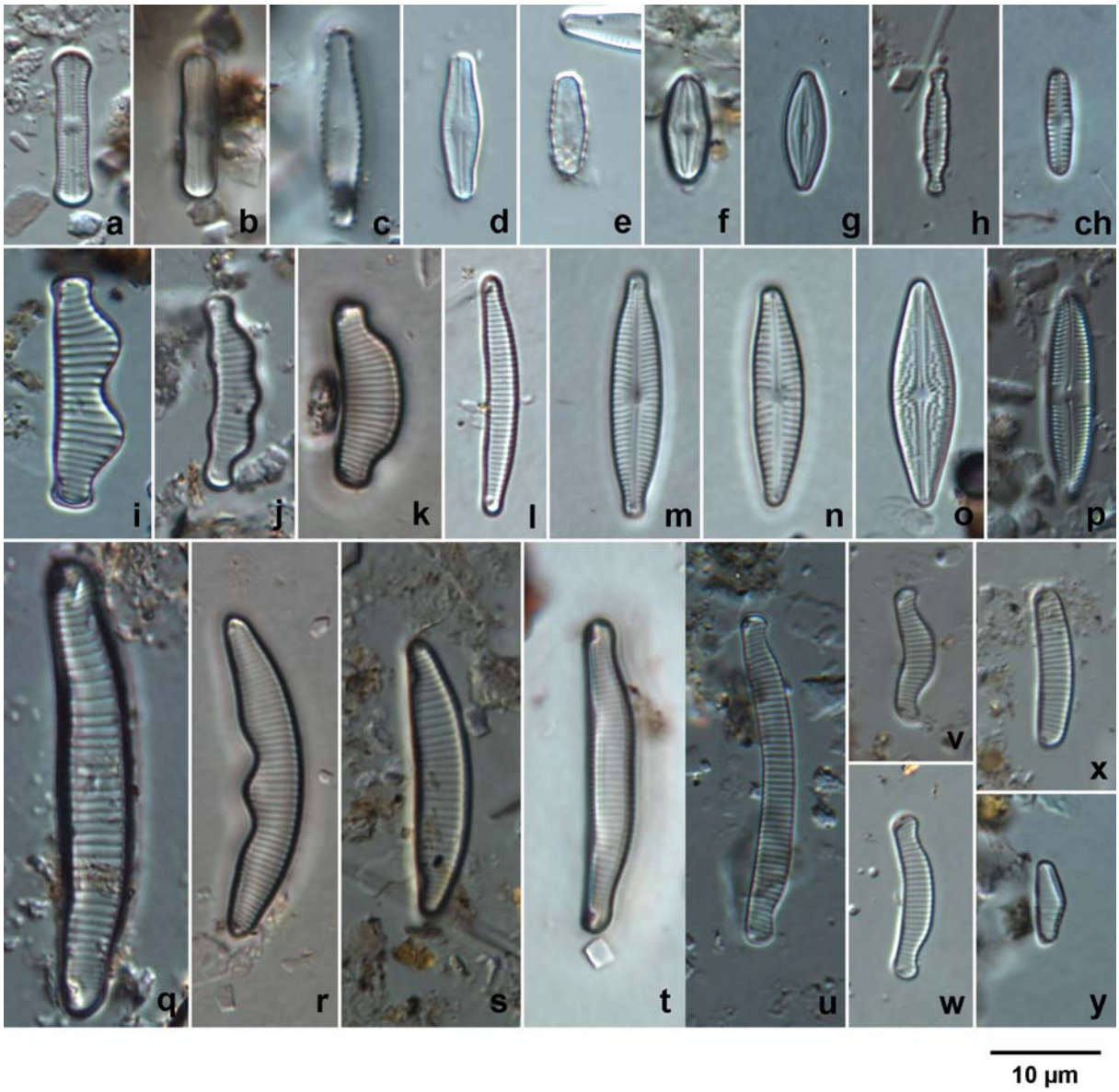
	Studp	Dožlp	SB	Písro	Kachp	Ponlou	Hldůl	Mlyro	Čerp	Stnec	Doubp	Bílýp	Brtnp	Vlčíp	Panp
Studp	**0,516**														
Dožlp	**0,516**	0,386													
SB	0,348	0,313	0,458												
Písro	0,091	0,129	0,261	0,447											
Kachp	0,444	0,356	0,432	0,333	0,357										
Ponlou	0,316	0,143	0,300	0,211	0,242	0,436									
Hldůl	0,333	0,205	0,323	0,200	0,364	0,296	0,461								
Mlyro	0,500	0,276	0,476	0,200	0,471	0,353	0,429	0,447							
Čerp	0,333	0,256	0,323	0,333	**0,591**	0,222	0,368	0,357	0,349						
Stnec	0,345	**0,526**	0,200	0,138	0,372	0,154	0,270	0,222	0,324	0,386					
Doubp	0,216	0,217	0,105	0,216	0,235	0,176	0,089	0,114	0,178	0,227	**0,647**				
Bílýp	0,267	0,250	0,125	0,133	0,138	0,167	0,087	0,154	0,087	0,273	0,200	0,453			
Brtnp	0,190	0,267	0,182	0,095	0,114	0,222	0,069	0,105	0,138	0,286	0,111	0,429	**0,630**		
Vlčíp	0,244	0,200	0,190	0,049	0,218	0,105	0,163	0,205	0,122	0,250	0,321	0,176	0,200	**0,511**	
Panp	0,308	0,286	0,074	0,154	0,400	0,174	0,176	0,250	0,294	0,303	0,195	0,105	0,240	0,311	0,356

Tab. 4: **Indexy podobnosti -** tučnými číslicemi jsou zvýrazněné hodnoty podobnosti > 0,5

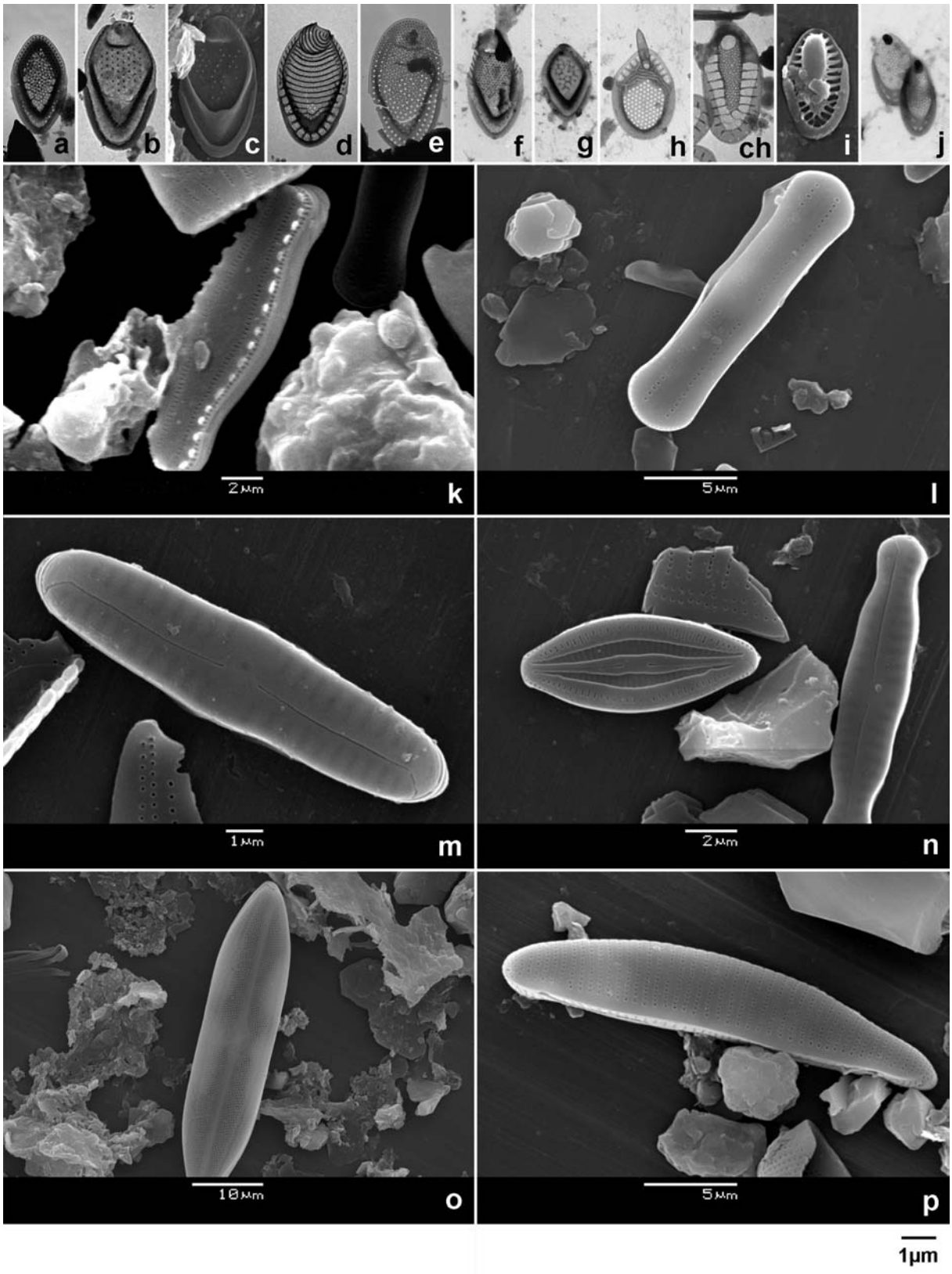
Vzájemná podobnost společenstev rozsivek zkoumaných vodních toků – Diceův (Sørensenův) index. Na diagonále průměrná podobnost druhového složení sinic a řas ve vzorcích v rámci odběrového místa a vodního toku – Bray-Curtisův index.



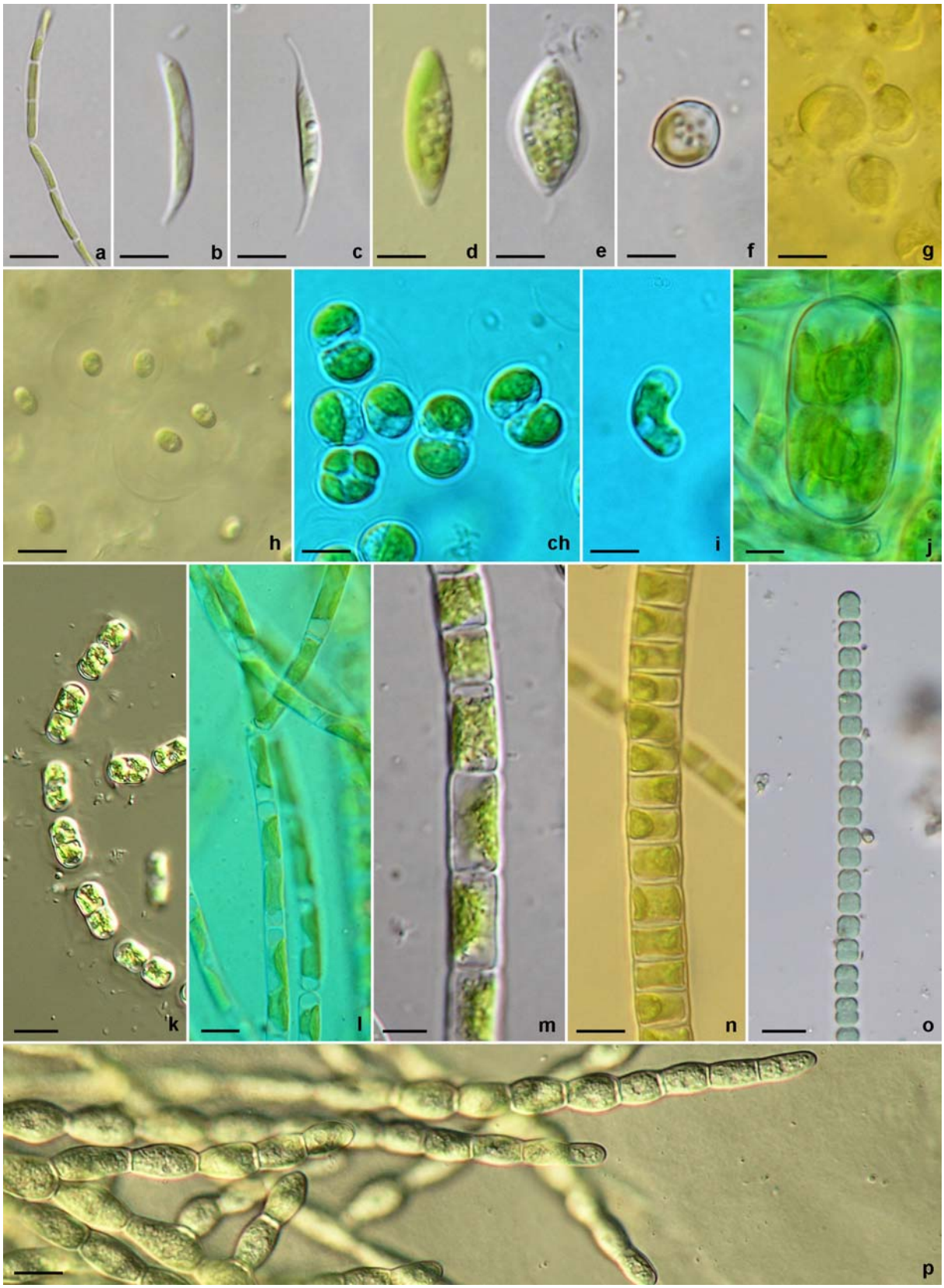
Tab. 5 – **Bacillariophyceae**: **a** *Fallacia vitrea* **b** *Luticola mutica* **c** *Placoneis ignorata* **d** *Mayamea atomus* var. *permits* **e** *Navicula minuscula* **f-g** *Psammothidium helveticum* **h-ch** *Achnanthes laevis* **i-j** *Achnanthes acidoclinata* **k** *Encyonema minutum* / *silesiacum* **l** *Cymbella subaequalis* **m** *Cocconeis placentula* var. *pseudolineata* **n** *Surirella roba* **o** *Pinnularia subcapitata* **p** *Pinnularia schoenfelderi* **q** *Pinnularia pseudogibba* **r** *Navicula lanceolata* **s** *Navicula rhynchocephala* **t** *Gomphonema clavatum* **u** *Neidium* sp. - ampliátní



Tab. 6 – **Bacillariophycea: a** *Diadesmis paracontenta* **b** *Diadesmis brekkaensis* **c-d** *Diadesmis laevissima* **e** *Diadesmis gallica* **f** *Diadesmis perpusilla* **g** *Microcostatus krasskei* **h** *Chamaepinnularia soehrensis* var. *soehrensis* **ch** *Chamaepinnularia mediocris* **i** *Eunotia praerupta* var. *bigibba* **j** *Eunotia muscicola* var. *tridentula* **k** *Eunotia septentrionalis* **l** *Eunotia paludosa* **m** *Encyonopsis falaisensis* **n** *Gomphocymbella* sp. **o** *Brachysira brebissonii* **p** *Caloneis vasileyevae* **q** *Eunotia minor* **r** *Eunotia bilunaris* **s** *Eunotia incisa* **t** *Eunotia implicata* **u-w** *Eunotia exigua* / *tenella* **x** *Eunotia botuliformis* **y** *Eunotia paludosa* var. *trinacria*



Tab. 7 – **Synurophycea**: **a** *Mallomonas annulata* **b-c** *Mallomonas calceolus* **d** *Mallomonas flora* **e** *Mallomonas multisetigera* **f** *Mallomonas papillosa* **g** *Mallomonas pillula* **h** *Synura echinuata* **ch-i** *Synura petersenii* **j** *Chrysodidymus synuroideus* **Bacillariophyycea**: **k** *Diadesmis laevissima* **l** *Diadesmis paracontenta* **m** *Chamaepinnularia mediocris* **n** *Microcostatus krasskei, Chamaepinnularia s oehrensis* var. *soehrensis* **o** *Neidium carterii* **p** *Eunotia rhomboidea*



Tab. 8 – **Chlorophyta, Chrysophyceae, Charophyta, Cyanobacteria, Rhodophyta**: **a** *Raphidonemopsis* sp. **b-c** *Raphidonemopsis* / *Keratococcus* **d** *Monoraphidium terestre* **e** *Scotiellopsis terrestris* **f** *Chrysosphaera* sp. **g** *Chrysocapsaceae* **h** *Chlorococcacae* / kokální aerofytické **ch** *Diplosphaera chodatii* **i** *Stichococcus allas* **j** *Actinotaenium* sp. **k** *Geminella* sp. **l** *Klebsormidium* cf. *scopulinum* **m** *Klebsormidium flaccidum* **n** *Klebsormidium crenulatum* **o** *Pseudanabaena* cf. *constricta* **p** *Audouinella* sp.
úsečka znázorňuje 5µm: **a-m** nebo 10 µm: **n-p**