

**Univerzita Palackého v Olomouci**

**Přírodovědecká fakulta**

**Katedra zoologie a ornitologická laboratoř**



**Společenstva epifytických rozsivek  
na vodních makrofytech**

Epiphytic diatom assemblages inhabiting aquatic plants

Bakalářská práce

**Jan Kollár**

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Systematická biologie a ekologie

**Olomouc 2014**

**Vedoucí práce: Prof. RNDr. Aloisie Pouličková, CSc.**



## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce Prof. RNDr. Aloisie Pouličkové, CSc. a s použitím citované literatury.

V Radiměři dne 14. 4. 2014

.....

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji vedoucí této práce paní Prof. RNDr. Aloisii Poulíčkové, CSc. za zprostředkování svých zkušeností, cenné odborné rady, trpělivost a bezmeznou ochotu, kterou projevila při vytváření této bakalářské práce. Poděkování patří také panu Doc. RNDr. Petru Hašlerovi, Ph.D. za četné odborné rady a významnou pomoc se statistickými analýzami. Velké díky též náleží mým rodičům, Vladimíru a Jaroslavě Veselým, bez jejichž nemalé finanční podpory by tato práce nemohla vzniknout.

## **BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKACE**

Jméno a příjmení autora: Jan Kollár

Název práce: Společenstva epifytických rozsivek na vodních makrofytech

Typ práce: Bakalářská

Pracoviště: Katedra botaniky, Přírodovědná fakulta

Vedoucí práce: Prof. RNDr. Aloisie Pouličková, CSc.

Rok obhajoby: 2014

## **ABSTRAKT**

Epifyton je jedním z periferytických společenstev eufotické vrstvy vodních ekosystémů. Zahrnuje rozličné ekologické i taxonomické skupiny organismů tvořící nárosty na ponořených rostlinných substrátech. V této práci byla srovnávána společenstva epifytických rozsivek různých makrofytických substrátů na dvaceti šesti lentických a lotických lokalitách okresu Svitavy. Vzorok vodních rostlin s rozsivkovými nárosty byly odebírány během čtyř ročních období během let 2012 a 2013. Prostřednictvím determinace, semikvantitativního vyhodnocení a vícerozměrné statistické analýzy byla prozkoumána diverzita, druhové složení a ekologické preference uvnitř společenstev. Rozdíly v druhové diverzitě stojatých a tekoucích vod nebyly signifikantní. Byly zjištěny rozdíly v druhovém složení rozsivek tekoucích vod, stojatých vod bez okřehku a stojatých vod s okřehkem. Rostlinný substrát, zejména okřehek a vrba měly signifikantní vliv na druhové složení epifytonu. Z nalezených druhových komplexů byl pro další studium vytipován okruh rodů *Fragilaria sensu lato*.

Klíčová slova: Rozsivky, epifyton, kryptická diverzita, ekologie, rostlinný substrát

Počet stran: 80

Počet příloh: 11

Jazyk: Český

## **BIBLIOGRAPHIC IDENTIFICATION**

First name and surname of the author: Jan Kollár

Name of the thesis: Epiphytic diatom assemblages inhabiting aquatic plants

Type of thesis: Bachelor

Workplace: Department of Botany, Faculty of Science

Thesis supervisor: Prof. RNDr. Aloisie Poulíčková, CSc.

Year of defence: 2014

## **ABSTRACT**

Epiphyton is one kind of periphytic assemblages living in euphotic zone of aquatic ecosystems. It consists of variable ecological and taxonomical groups of organisms attached to submerged plant substrata. In this thesis the epiphytic diatom assemblages on different kinds of macrophytic substrata were compared within twenty-six lentic and lotic locations of Svitavy region. Samples of aquatic plants with diatomic mats were collected in four seasons of 2012 and 2013. The diversity, species composition and ecological preferences within the sampled assemblages were investigated on species level using semi-quantitative evaluation and multivariate statistical analysis. Differences in species diversity between streams and ponds were not significant. On the other hand differences were found in species composition. Moreover significant influence of substrate, particularly *Lemna* and *Salix* were confirmed. Future research will continue on species complexes *Fragilaria sensu lato*.

Keywords: Diatoms, epiphyton, cryptic diversity, ecology, plant substrata

Number of pages: 80

Number of appendices: 11

Language: Czech



# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>CÍLE PRÁCE</b> .....	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 CHARAKTERISTIKA STUDOVANÉ SKUPINY</b> .....	<b>13</b>
1.1 TAXONOMICKÉ ZAŘAZENÍ .....	13
1.2 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA A STAVBA BUŇKY .....	13
1.2.1 Frustula.....	13
1.2.2 Protoplast.....	16
1.3 ROZMNOŽOVÁNÍ .....	17
1.3.1 Nepohlavní rozmnožování .....	17
1.3.2 Pohlavní rozmnožování.....	19
1.4 EKOLOGIE .....	20
1.4.1 Ekologické nároky a preference.....	21
1.4.2 Bioindikace .....	23
<b>2 CHARAKTERISTIKA EPIFYTONU</b> .....	<b>25</b>
2.1 TERMINOLOGIE PERIFYTICKÝCH SPOLEČENSTEV .....	25
2.2 EPIFYTICKÁ SPOLEČENSTVA .....	25
2.2.1 Substrátová specifita .....	26
2.2.2 Dynamika společenstva.....	27
2.2.3 Vztah epifyt-substrát .....	29
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>30</b>
<b>3 LOKALITY</b> .....	<b>31</b>
3.1 CHARAKTERISTIKA OBLASTI .....	31
3.2 POPIS LOKALIT .....	31
3.2.1 Svitavské lokality .....	33
3.2.2 Lokality na území dalších obcí .....	36
<b>4 METODIKA</b> .....	<b>41</b>
4.1 TERÉNNÍ PRÁCE .....	41
4.2 LABORATORNÍ PRÁCE.....	41
4.3 DETERMINACE.....	42
4.4 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ .....	42
<b>5 VÝSLEDKY</b> .....	<b>44</b>
5.1 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ .....	49
<b>6 DISKUZE</b> .....	<b>53</b>
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>58</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>60</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>72</b>

## ÚVOD

Důležitost studia perifytických společenstev lze dokumentovat jejich ekologickým významem pro daný ekosystém a rovněž mírou neprobádanosti. Ekologický význam tkví nejen ve vlivu na samotný ekosystém (kdy primární produkce může být, zejména ve sladkých relativně mělkých vodách mírného pásu, dokonce větší, než produkce planktonu), ale i v aplikované ekologii a biomonitoringu sladkých vod. Neprobádanost lze dokumentovat nejasnostmi, spory a názorovou nejednotou mezi autory studií a to i v tak zásadních oblastech jako jsou taxonomie perifytických společenstev, substrátová specifita a u epifytonu i míra interakce mezi epifytem a hostitelským substrátem. Tato práce si klade za cíl nejen prozkoumat druhovou diverzitu studované oblasti (tedy okresu Svitavy), ale i přispět alespoň drobným dílkem k celkovému poznání epifytonu, a to i přesto, že hlavním cílem práce je především příprava na navazující diplomovou práci. Práce jakožto celek (tj. bakalářská i diplomová) tak směřuje především ke studiu kryptické diverzity a tedy taxonomii epifytických společenstev, což v závislosti na zjištěných výsledcích může mít vliv nejen na primární poznání skutečné diverzity sladkovodních rozsivek (ať už kryptická diverzita přítomna je, nebo není), ale i na aplikovanou ekologii a biomonitoring sladkých vod.

## CÍLE PRÁCE

Bakalářská práce je přípravou na práci diplomovou. Jejím hlavním cílem je shromáždění materiálu nezbytného pro navazující diplomovou práci. Důležitým aspektem je i nabytí znalostí a praktických zkušeností potřebných pro svědomité vypracování navazující práce. Bakalářskou práci lze rozdělit do několika po sobě jdoucích kroků:

1. Literární rešerše.
2. Sběr vzorků na vytipovaných lokalitách.
3. Příprava trvalých preparátů z nasbíraných vzorků.
4. Determinace rozsivek a statistické zhodnocení vzorků.
5. Vytipování druhových komplexů vhodných pro další práci.

V navazující diplomové práci se pomocí komplexního přístupu (tj. za využití jak klasických morfologických, tak moderních molekulárních metod) a využitím poznatků a materiálu shromážděných v průběhu bakalářské práce pokusím zjistit přítomnost, či nepřítomnost kryptické diverzity uvnitř vytipovaných druhových komplexů epifytických rozsivek. Měla by sestávat z následujících kroků:

1. Izolace jedinců a tvorba klonových kultur z vytipovaných druhových komplexů.
2. Izolace DNA a následné molekulární analýzy.
3. Testování genetické a morfologické variability uvnitř druhových komplexů.
4. Testování potenciální využitelnosti výsledků v biomonitoringu.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 CHARAKTERISTIKA STUDOVANÉ SKUPINY

## 1.1 Taxonomické zařazení

Třída rozsivky (Bacillariophyceae, Diatomea) je tradičně řazena do hnědých řas (Chromophyta, Ochrophyta, Heterokontophyta). Je to monofyletická skupina s vysokou podporou (Cavalier-Smith & Chao 2006). Fylogenetické vztahy uvnitř skupiny jsou však méně jasné a tradiční morfologické dělení, tedy na rozsivky centrické (Centrales) a penátní (Penales), se podle molekulárních analýz malé ribozomální podjednotky ukazuje jako nepřesné (Medlin et al. 1993, Alverson & Theriot 2005, Evans et al. 2007). Přestože existuje několik hypotéz o fylogenezi rozsivek, jejich autoři se shodují na monofyletickém charakteru penátních rozsivek (Simonsen 1979, Medlin et al. 1996, Theriot et al. 2009). Oproti tomu je skupina centrických rozsivek (a zejména fylogenetické vztahy uvnitř skupiny) předmětem sporů a jde zřejmě o parafylum, neboť nezahrnuje skupinu penátních rozsivek, která z ní evolučně vzešla (Round et al. 1990, Medlin et al. 1996).

Kompletní zařazení třídy rozsivky je v závislosti na upřednostněném klasifikačním systému následující.

Dle Adl et al. (2012): Eukaryota > SAR taxon (zahrnující Chromalveolata) > Stramenopiles > Diatomea.

Dle Cavalier-Smith & Chao (2006): Eukaryota > Chromista > Ochrophyta > Khakista > Diatomea.

## 1.2 Obecná charakteristika a stavba buňky

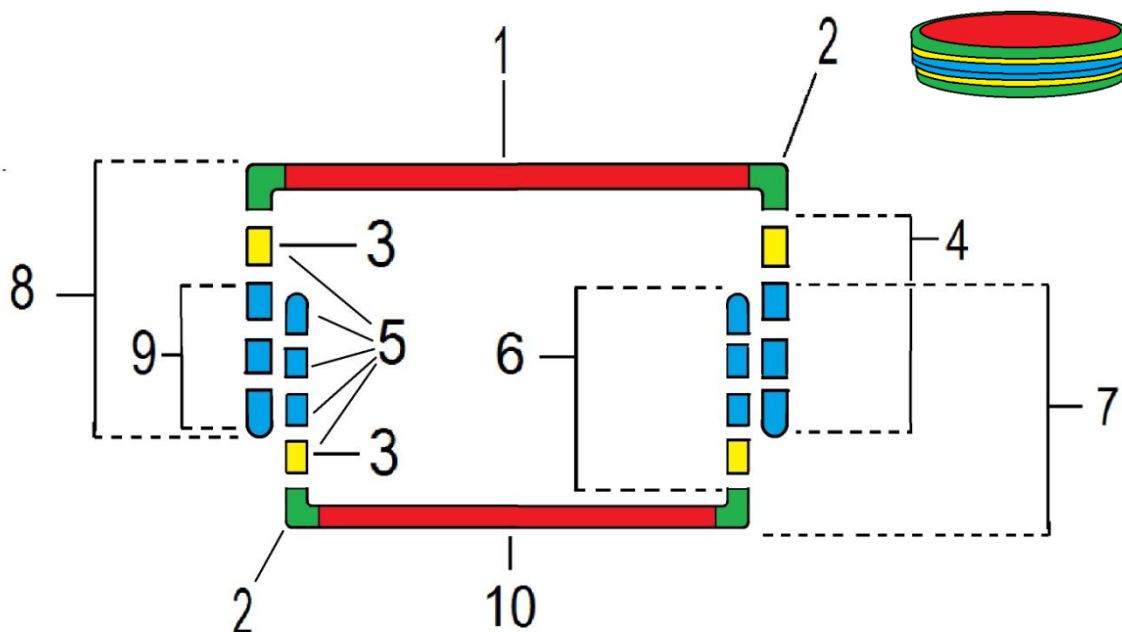
Rosivky jsou jednobuněčné eukaryotní fotoautotrofní organismy obývající mořské i sladkovodní ekosystémy. Jejich nejvýznamnějšími apomorfiemi jsou tzv. frustula a změny velikosti jedné z dceřiných buněk v průběhu rozmnožování (Mann & Marchant 1989). Rozmnožování bude podrobněji popsáno v podkapitole 1.3 Rozmnožování. Stavba buňky bude popsána dále.

### 1.2.1 Frustula

Frustula je křemičitá schránka rozsivek. Jedná se v podstatě o buněčnou stěnu, jejíž pektinová vrstva je inkrustována částečně hydratovaným amorfním oxidem křemičitým  $[(\text{SiO}_2)_m \cdot n\text{H}_2\text{O}]$ . Může mít buď radiální (u centrických rozsivek), nebo bilaterální

souměrnost (u penátních rozsivek). Skládá se ze dvou překrývajících se polovin – tzv. ték. Způsob překrytí je často analogizován se dnem a víkem krabice. Menší spodní polovina („dno krabice“), která je u perifytických druhů přitisknuta k substrátu, se označuje jako hypotéka. Vrchní, označovaná jako epitéka, je větší (Hindák et al. 1978, Kalina & Váňa 2005).

Každá polovina se skládá z ploché části, označované jako valva (v závislosti na téce potom rozlišujeme epi- a hypovalvu) a z boční části, označované jako cingulum, nebo cinctura (anglicky girdle, opět v závislosti na téce rozlišujeme epi- a hypocingulum). Cingulum může být tvořeno jedním, nebo více pásky (lat. copulae, ang. girdle bands). Pásek nejbliže valvy se označuje jako valvocopula. Místo překrytí epicingula a hypocingula (a tím současně i epitéky a hypotéky) označujeme jako pleuru. Valva neboli miska, se skládá z čela (frons) a pláště (limbus). Čelo je centrální plochá část misky, zatímco plášť je prstencovitý okraj misky (Hindák et al. 1978, Medlin et al. 1993, Kalina & Váňa 2005). (viz Obr. 1)



**Obr. 1:** Schéma transversálního řezu frustulou centrické, nebo araphidní rozsivky

(1 (červená) – čelo epivalvy, 2 (zelená) – plášť valvy, 3 (žlutá) – valvocopulae, 4 – epicingulum, 5 (modrá a žlutá) – pásky, 6 – hypocingulum, 7 – hypotéka, 8 – epitéka, 9 – pleura, 10 (červená) – čelo hypovalvy)

Na frustule (zejména na valvách) lze rovněž rozlišit několik menších struktur, které jsou často druhově specifické a využívají se při determinaci rozsivek. Patří mezi ně například raphe, anebo perforace jako komůrky (areolae), či póry.

Komůrky a póry slouží k transportu vody, a v ní rozpuštěných látek přes frustulu. Jejich velikosti se pohybují v řádech nanometrů až mikrometrů, takže jsou světelným mikroskopem často nerozlišitelné. Symetrické uspořádání areol do řádků směřujících od středové osy k okraji frustuly pak způsobuje, že se jeví jako souvislá čárka označovaná jako strie. Prostory mezi striemi, kde je buněčná stěna tlustší, tvoří žebra (costae). Zasahují – li strie blízko ke středové ose, vzniká na ní pole s tlustší buněčnou stěnou označované někdy jako pseudoraphe, které je časté u araphidních penátních rozsivek z podtřídy Fragilariophycidae sensu Round et al. (1990).

Pravé raphe se vyskytuje u penátních rozsivek z podtřídy Bacillariophycidae sensu Round et al. (1990). Je to obvykle štěrbina táhnoucí se středovou osou, uprostřed zdánlivě přerušená centrálním uzlem (nodulus centralis). Naopak na pólech valv přechází raphe do terminálních uzlů (noduli terminales). Uzly jsou místa v ose raphe se ztloustlou buněčnou stěnou. Raphe je důležitým determinačním znakem a může vykazovat i různé odvozené modifikace, jako například vychýlení ze středové osy (např. rod *Cymbella*), nebo redukce na jedné z valv (např. čeleď Achnanthaceae) (Hindák et al. 1978, Kalina & Váňa 2005).

Přes raphe je vylučován lepivý proteoglykanový sekret (Lind et al. 1997), který společně se svazky aktinových vláken ležícími v protoplastu podél vnitřní strany štěrbiny napomáhá pohybu a udržení rozsivky na substrátu (Edgar & Pickett-Heaps 1983).

Co se evolučního původu frustuly týče, někteří autoři předpokládají, že společný předek rozsivek byl pokryt křemičitými šupinami, které sehrály roli klíčových preadaptací v následném vývoji. Diferenciací dali dvě z těchto šupin vzniknout valvám a ostatní cingulárním páskům (Round 1981, Round & Crawford 1981, Mann & Marchant 1989). Nejlogičtější důvodem pro vývoj a zachování frustuly v evoluci se zdá být mechanická ochrana, kterou poskytuje a s tím spojené omezení okruhu predátorů. Predátoři (případně parazité) rozsivek musí frustulu buď rozdrtit, anebo vyvinout specifické adaptace k průniku mezi téky (Beakes et al. 1992).

### 1.2.2 Protoplast

Protoplast víceméně odpovídá typickému protoplastu eukaryotní rostlinné buňky. Obsahuje nezbytné buněčné organely jako jádro, mitochondrie, ribozomy, vakuoly, Golgiho aparát, chloroplasty a další. Součástí buňky jsou i další struktury typické pro Eukaryota, jako například mikrotubulární cytoskelet. Vakuoly rozsivek jsou stejně jako u jiných buněk rostlinného typu hlavní osmoregulační organelou. Kromě toho se v nich ukládají některé zásobní látky. Diktyozom je součástí Golgiho komplexu a je zodpovědný za sekreci a vezikulární transport lepivých proteoglykanů. Protoplast centrických a penátních rozsivek má rozdílné rozložení. U centrických obvykle nacházíme jednu velkou vakuolu ve středu buňky, která odsouvá jádro a ostatní buněčné organely do parietální polohy. Penátní rozsivky mají naopak ve středu buňky jádro, které je zakotvené v plazmatickém můstku. Vakuoly, chloroplasty a další organely potom obklopují můstek s jádrem (Kalina & Váňa 2005).

Chloroplasty rozsivek mají čtyři membrány, které jsou důsledkem způsobu jejich vzniku sekundární endosymbiózou (Whatley & Whatley 1981). Pohlčeným sekundárním endosymbiontem mohl být primitivní eukaryotní fotoautotrofní organismus příbuzný oddělení Glaucophyta, nebo Rhodophyta (Bhattacharya & Medlin 1995). U centrických a araphidních rozsivek z podtřídy Fragilariophycidae pozorujeme obvykle větší množství drobných chloroplastů. Naproti tomu penátní rozsivky je až na výjimky (například někteří zástupci rodů *Nitzschia* a *Pleurosigma*) mají větší a v nízkém počtu, obvykle jeden, nebo dva. Chloroplasty rozsivek patrně vždy obsahují pyrenoid, ačkoliv jeho pozorování je světelným mikroskopem často obtížné (Round et al. 1990). Podle Mann (1996) mají chloroplasty rozsivek větší morfologickou variabilitu, než chloroplasty jakékoliv jiné skupiny řas. Přesto je jim, ve srovnání s frustulami, věnována daleko menší pozornost, ačkoliv je známo, že skýtají jistý determinační a klasifikační potenciál.

Nejen u rozsivek, ale i u mnoha jiných skupin řas byly pozorovány pohyby chloroplastů jako reakce na měnící se intenzitu osvětlení v prostředí. U rozsivek s velkým množstvím drobných chloroplastů jsou plastidy při nízkém osvětlení rozprostřeny na periferii protoplastu. Naopak v prostředí s velmi intenzivním osvětlením se chloroplasty přesunují do středu a seskupují se kolem jádra. Možným důvodem je zastínění a ochrana buněčného jádra před destruktivními účinky příliš silného záření, které by mohlo mutageně působit na jadernou DNA a vyvolávat nežádoucí změny dědičné informace.



Každopádně má pohyb chloroplastů zjevnou výhodu v maximalizaci schopnosti zachytávat fotosyntézu aktivující světelné záření (Haupt 1983).

Centrum chloroplastu rozsivek, stejně jako ostatních hnědých řas, tvoří svazky sestávající z trojice tylakoidů, kterým se říká lamely. Ty jsou obepnuty věncovou lamelou. Genetická informace je obvykle ve formě prstencovitého nukleoidu umístěna pod věncovou lamelou na periferii plastidu (Coleman 1985).

Hlavními světlosběrnými pigmenty obsaženými v chloroplastech rozsivek jsou chlorofyl a, c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub>, c<sub>3</sub> a β-karoten. Dalšími pigmenty, tentokrát ze skupiny xantofylů, jsou fukoxantin, diatoxantin a diadinoxantin (Kalina & Váňa 2005). Tyto přídatné pigmenty společně se specifickými proteiny zprostředkovávajícími spojení mezi nimi a chlorofylem (např. FCPs z anglického fucoxanthin-chlorophyll binding proteins) působí na tylakoidní membrány a usměrňují excitované fotony nesoucí světelnou energii do chlorofylu a (Owens 1986). Zásobními látkami jsou chrysolaminaran, volutin a olej, který je středem pozornosti pro svůj biotechnologický potenciál.

### 1.3 Rozmnožování

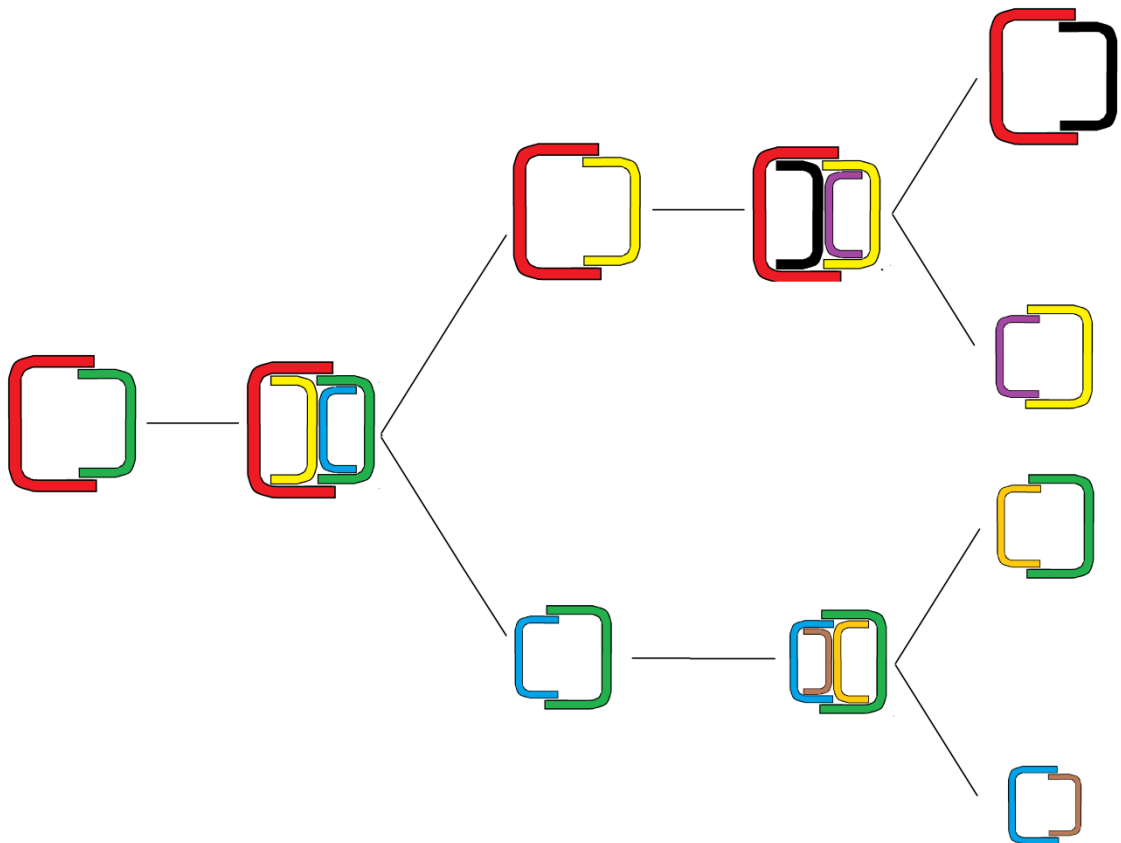
Rozsivky se primárně množí nepohlavně. Frustula a s ní spojený mechanismus mitózy však zapříčiňují postupné zmenšování rozměrů jedné z dceřiných buněk. K pohlavnímu rozmnožování dochází až po dosažení určité kritické hraniční velikosti. Výsledkem pohlavního rozmnožování je nejen zvýšení variability genetické informace potomka, ale zejména obnovení velikosti buňky. Tato redukce a následné obnovení velikosti je vedle samotné frustuly další významnou apomorfií rozsivek (Mann & Marchant 1989).

#### 1.3.1 Nepohlavní rozmnožování

Nepohlavní rozmnožování probíhá klasickou eukaryotní mitózou. Výše zmíněná odlišnost mitózy rozsivek, tedy redukce velikosti jedné z dceřiných buněk, vychází z vlastnictví frustuly. MacDonald (1869) a Pfitzer (1869) vyvinuli nezávisle na sobě stejnou hypotézu, která popisuje mechanismus nepohlavního rozmnožování. Ta je založena na logickém předpokladu, že nově syntetizované komponenty frustuly vznikají uvnitř frustuly již existující a musí mít tudíž menší velikost.

Jednotlivé téky mateřské buňky mají vždy funkci epiték buněk dceřiných. V průběhu mitózy jsou pak uvnitř mateřské buňky nově syntetizovány téky chybějící, které

převzmu funkci hypoték dceřiných buněk. Dceřiné buňky, které přebírají původní mateřskou hypotéku za svoji epitéku jsou tak vždy menší než buňka mateřská a tento trend se v populaci udržuje až do dosažení určité kritické hraniční velikosti (viz Obr. 2). Rozsivky tuto kritickou situaci řeší pohlavním rozmnožováním (viz podkapitulu 1.3.2 Pohlavní rozmnožování).



**Obr. 2:** Schéma frustul rozsivek procházejících nepohlavním rozmnožováním

Je otázkou jak dlouho napříč generacemi (myšleno jak dlouhý geologický čas) může být jedna konkrétní epitéka předávána mezi jedinci nepohlavně se množící linie rozsivek, které mají to štěstí, že dědí od mateřské buňky vždy větší z ték (a tedy nemají potřebu sexuálního rozmnožování). To sice souvisí spíše se životností a zachováním funkčnosti frustuly, ale vzhledem k faktu, že křemičitá schránka rozsivek je velmi odolná (soudě podle chemického složení a poměrně bohatého fosilního záznamu), lze vyslovit hypotézu, že jedna konkrétní téka se může předávat z generace na generaci a přetrvávat tak

v populaci po relativně velmi dlouhý čas, a to přinejmenším z pohledu délky života rozsivky.

Díky frustulám jsou rozsivky jako jedny z mála jednobuněčných organizmů vhodným objektem pro pozorování cytoskeletálních detailů mitózy elektronovou mikroskopií (Pickett-Heaps 1991).

### 1.3.2 Pohlavní rozmnožování

Buňky rozsivek jsou diploidní, ale mohou tvořit i haploidní gamety, které jim umožňují pohlavní rozmnožování. Schopnost gametogeneze mají pregametální buňky. Jsou to takové buňky, které vlivem redukce velikosti v průběhu nepohlavního rozmnožování dosáhly kritické velikosti a tím i pohlavní zralosti (viz podkapitolu 1.3.1 Nepohlavní rozmnožování). Pohlavní rozmnožování je vždy doprovázeno obnovou maximální velikosti buněk potomků a pro drtivou většinu rozsivek je to jediný způsob, jak vyvážnout z fatálního trendu redukce buněčné velikosti v průběhu generací (Geitler 1932, Round et al. 1990, Kalina & Váňa 2005). Existují nicméně i vzácná pozorování popisující schopnost některých rozsivek obnovit velikost redukovanych buněk vegetativní cestou (např. *Skeletoma costatum* v Gallagher 1980, nebo někteří zástupci rodu *Achnanthes* v Sabbe et al. 2004).

Pokud se rozsivka, která dosáhla kritické velikosti, nemůže z nějakého důvodu sexuálně rozmnožit (např. nemůže nalézt sexuálního partnera) může se stát, že velikost potomků klesne následným nepohlavním rozmnožováním natolik, že už nebudou schopni vyprodukovat gamety a vegetativní linie vzešlé z těchto buněk budou postupnou redukcí odsouzeny k zániku. Toto bylo pozorováno například u druhu *Coscinodiscus asteromphalus*, jehož jedinci jsou schopni produkovat gamety jen při velikostech buněk mezi 100 a 70  $\mu\text{m}$  (Werner 1971). U druhu *Stephanodiscus niagarae* odpovídá průměrná velikost buněk schopných produkce gamet přibližně 43 % průměru velikosti jedinců v populaci (Edlund & Stoermer 1991).

Pohlavní rozmnožování rozsivek je velmi komplexní děj a lze v něm pozorovat značné rozdíly mezi rozsivkami centrickými a penátními. Pro centrické rozsivky (a podle Round et al. (1990) i pro araphidní penátní rod *Rhabdonema*) je typická oogamie (Geitler 1932, von Stosch 1950). Spermatozoidy, tedy menší pohyblivé samčí gamety, jsou na apikálním konci opatřeny jedním pěřitým bičíkem. Větší samičí oosféra je nepohyblivá. Po oplození oosféry spermatozoidem vzniká uvnitř mateřské buňky zvláštní zygotické

buněčné stádium, kterému se říká auxospora. Ta postupně roste a vyloupne se z mateřské frustuly. Uvnitř uvolněné kulovité auxospory vzniká po sérii mitóz (a apoptóz nepotřebných buněk) zkřemenělá iniciální buňka. Jejím zvětšením, dalším mitotickým dělením a vyloupením z obalu auxospory vzniká rozsivka s obnovenou velikostí buňky, která dává vzniknout nové linii nepohlavně se množících rozsivek (von Stosch 1950, Round et al. 1990, Kalina & Váňa 2005).

Naproti tomu vznikají auxospory penátních rozsivek izogamií, nebo anizogamií, tedy spojením identických (při izogamii), či velikostně odlišených gamet (při anizogamii) reprezentovaných obnaženými protoplasty s meiózou haploidizovanými jádry. Auxospory jsou pokryty polysacharidovou stěnou, která při prodlužování auxospory praská a její zbytky jsou pozorovatelné jako čepičky na pólech. Uvnitř auxospor se opět vyvíjí iniciální buňka (Geitler 1932, Round et al. 1990, Kalina & Váňa 2005).

Ačkoliv se většina penátních rozsivek pohlavně rozmnožuje alogamicky, tj. spojením gamet původem ze dvou různých buněk, popsal už Geitler (1932) několik zvláštních typů rozmnožování rozsivek, jako jsou apomixie, autogamie, nebo pedogamie (pro příklady pozorovaných druhů včetně studií, ve kterých byla pozorování publikována viz Pouličková & Mann 2008). Dalšími vzácnými zvláštnostmi, které byly v průběhu pohlavního rozmnožování pozorovány, jsou haploidní partenogeneze, nebo tvorba polyploidních auxospor (Mann 1994).

Detaily průběhu pohlavního rozmnožování jsou patrně druhově specifické a mohou mít značný potenciál pro taxonomii rozsivek, jak se ukázalo například při vyčlenění rodů *Craticula* (Mann & Stickle 1991) a *Dickieia* (Mann 1994) z rodu *Navicula*.

## 1.4 Ekologie

Rozsivky jsou jednou z nejdíverzifikovanějších a ekologicky nejvýznamnějších skupin řas s globálním rozšířením. Popsáno je přes 12 000 druhů, ale střízlivé odhady celkového počtu druhů se pohybují kolem 200 000 (Mann & Droop 1996). Obývají téměř všechny typy mořských i sladkovodních biotopů, a dokonce i některé biotopy terestrické. V ekosystémech plní roli primárních producentů a zaujímají významný podíl celkové primární produkce Země. Podle Werner (1977) mohou obstarávat až 25 % celkové produkce kyslíku. Jsou také významným článkem potravních řetězců.

### 1.4.1 Ekologické nároky a preference

Obecně lze říci, že rozsivky preferují spíše chladnější vody. Ve vodách o teplotě nad 10 °C začíná být konkurence způsobená teplomilnějšími a rychleji se množícími fotoautotrofy, zejména sinicemi a zelenými řasami, příliš silná a relativní zastoupení rozsivek v ekosystému klesá. Ačkoliv jsou v našich vodách přítomny po celý rok, hlavní vegetační vrcholy mají na jaře (v závislosti na druhu a konkrétních teplotních a světelných podmínkách přibližně v polovině dubna) a na podzim (přibližně v září), kdy se stávají jednou z dominantních skupin řas ve vodních ekosystémech. V těchto obdobích jsou pro ně obvykle příznivé podmínky, tj. nižší teplota vody, nízká konkurence a minimálně v případě lentických vod i dostatek živin zapříčiněný jarní cirkulací a s ní spojeným vyzvednutím živin ode dna vodní nádrže (Lellák & Kubíček 1991, Pouličková 2011).

Limitujícími prvky mohou být pro rozsivky dusík, křemík a vlivem přítomnosti nedostupných forem, a to zejména v acidifikovaných vodách, i fosfor. Dusík je limitující zejména pro mořské rozsivky. V našich podmínkách ho vody většinou obsahují dostatek, ale v rybnících hnojených přirozenými, nebo fosforečnými hnojivy může být limitujícím faktorem (Pouličková et al. 1998). Limitace fosforem je poměrně častá a to z důvodu jeho nedostatku v podložních horninách. Zejména na podzim se může dusík a fosfor ukázat jako významný limitující faktor pro růst rozsivek (Pouličková 1993). Křemík je pro rozsivky velmi významným prvkem a jeho nedostatek může být limitující pro růst a syntézu frustul a tím i pro růst samotných rozsivek. Jedná se ovšem o druhý nejrozšířenější prvek v zemské kůře a tak je ho ve většině vod dostatek. Limitujícím může být na otevřeném moři, nebo v hlubokých jezerech (Reynolds 1984). Návrat křemíku do oběhu z frustul odumřelých rozsivek, které sedimentují na dně, je poměrně pomalý. Důvodem je polymerizace křemičitých monomerů v průběhu syntézy frustul (Mikkelsen 1979).

Pro rozsivky jsou některé vitaminy esenciální, ale jejich limitující vliv nebyl prokázán odborníky a je nepravděpodobný. Drobný experiment, který jsem v průběhu laboratorní práce provedl, tedy porovnání klonových kultur *Fragilaria sp.* rostoucích v o vitaminy obohaceném živném médiu s kontrolními klonovými kulturami bez vitaminů potvrdilo nulovou hypotézu, tedy že rozsivky v kulturách s vitaminy a bez nich rostou přibližně stejně (pozorování však bylo zcela subjektivní, bez jakéhokoliv statistického vyhodnocení). Jak ale podotkla vedoucí práce, je otázkou, zda rozsivky nepřežívali z vitaminových zásob, či zda nečerpali vitaminy syntetizované bakteriemi (kultury totiž byly unialgální, tj. obsahující jeden řasový druh, přičemž výskytu organismů jiných

skupin, zejména prokaryotních, nebyla věnována zvýšená pozornost). Pro odfiltrování vlivů těchto skrytých proměnných by bylo nutné izolovat axenickou rozsivkovou kulturu (tj. obsahující pouze jeden rozsivkový druh bez dalších organismů) a experiment provádět po delší časový úsek.

Rosivky mají rozličné způsoby života. Mohou žít volně v planktonu, přisedle na substrátu, aerofyticky a dokonce i endosymbioticky (např. uvnitř Foraminifera; Lee et al. 1979). Planktonní druhy tvoří mnohdy kolonie, které jim napomáhají při nadnášení ve vodním sloupci a zpomalují jejich sedimentaci. Naproti tomu jsou perifytické druhy spíše solitérní. Planktonní rozsivky našich vodních nádrží jsou například zástupci centrických rodů *Aulacoseira*, *Cyclotella* nebo *Stephanodiscus* a araphidních rodů *Asterionella*, nebo *Tabellaria*. V planktonu se mohou vyskytnout i raphidní rody, jako třeba *Eunotia*, ale i další a to vlivem promíchávání sedimentů. V pomalu tekoucích úsecích toků lze pozorovat potamoplankton obsahující opět zástupce rodů *Stephanodiscus* a *Cyclotella*. Zejména penátní rozsivky obvykle tvoří výraznou část biomasy i druhové diverzity perifytických společenstev. Mezi našimi perifytickými rozsivkami můžeme nalézt druhy epilitické, epipelické i epifytické (viz kapitolu 2 Charakteristika epifytonu). V epilitonu nacházíme například rody *Gomphonema*, *Achnanthes*, *Meridion* a další. V epipelonu můžeme očekávat rody *Surirella*, *Campylodiscus*, *Achnanthes*, *Eunotia*, *Nitzschia*, *Navicula* nebo *Gyrosigma* (Round et al. 1990, Kalina & Váňa 2005, Pouličková 2011).

Rosivky obývají i extrémní stanoviště jako ledovce (např. *Nitzschia frigida*, *Amphiprora hyperborea*), terestrické ekosystémy a výjimečně i horké a minerální prameny (do maximální teploty kolem 40°C, ve které mohou žít někteří zástupci rodu *Achnanthes*). Aerofytické rozsivky lze najít v terestrických ekosystémech s vyšší vlhkostí. Na kamenech můžeme nalézt druhy jako *Pinnularia borealis*, *Orthoseira roeseana*, nebo *Luticola mutica*, zatímco v půdě lze pozorovat například *Hantzschia amphioxys*, *Caloneis fasciata*, nebo *Pinnularia silvatica* (Pouličková 2011). Pokud je přítomno alespoň nějaké světlo, lze rozsivky najít i v jeskynních systémech. V moravských jeskyních tak byly nalezeny například druhy *Diademsis gallica*, *Luticola paramutica*, nebo *Orthoseira roeseana* (Pouličková & Hašler 2007).

Jedním z mála vodních prostředí, kde rozsivky nenalezneme vůbec je výrazně hypersalinní voda, jaká je třeba v mrtvém moři. Předpokládá se, že některé euryhalinní druhy mohou přežívat ve vodě s obsahem solí až do 150 ‰. Ve vodách s touto salinitou

pozoroval Ehrlich v roce 1975 euryhalinní druh dříve známý pod jménem *Amphora coffeaeformis*, dnes *Halamphora coffeaeformis* (podle Round 1981).

Endemické druhy, jako například *Cyclotella fottii* v Ochridském jezeře, nebo *Stephanodiscus yellowstonensis* v jezeře Yellowstone, jsou vzhledem k diverzitě rozsivek relativně vzácné. Druh *S. yellowstonensis*, který se vyvinul a reprodukčně izoloval od druhu *Stephanodiscus niagarae*, je zajímavý i z paleontologického hlediska. Díky tisíce let starým mikrofosiliím z jezerních sedimentů máme k dispozici nebývale ucelený obraz vývoje druhu *S. yellowstonensis* z *S. niagarae* a to včetně uspokojivého množství mezičlánků a přechodných forem mezi oběma druhy (Theriot et al. 2006). Tento názorný příklad ukazuje mezi mikroorganismy vzácný potenciál rozsivek pro klasický (myšleno paleontologický) výzkum evolučních mechanismů, a to i přesto, že mikrofosilie frustul nebývají tak kvalitní, jak bychom mohli očekávat.

Je známo i několik málo druhů z rodu *Pseudo-nitzschia* (např. *P. australis*, *P. multiseriata*), které mohou být toxické. Toxinem je kyselina domoiková (domoic acid). Přes slávku jedlou (*Mytilus edulis*) se může dostat až do těla člověka, kde působí jako neurotoxin a může mít až smrtelné následky (Fritz et al. 1992).

Ekologické nároky rozsivek jsou mnohdy druhově specifické. Najdeme mezi nimi druhy s širokou ekologickou amplitudou, ale často také druhy výrazně stenovalentní a to vzhledem k různým parametrům prostředí (nejčastěji ke stupni eutrofizace nebo pH vody). Tato vlastnost dává skupině rozsivek významný bioindikační potenciál.

#### 1.4.2 Bioindikace

Bioindikační potenciál rozsivek je dán nejen přítomností stenovalentních druhů, ale i jejich celkovou rozmanitostí a všudypřítomností. Jejich poměrně dobrá určitelnost na základě čistě morfologických parametrů, tedy na detailech frustul, rovněž přispívá k jejich praktické využitelnosti.

Nárosty na různých substrátech se liší především v oligotrofních vodách, kde v případě epifytonu patrně dochází k vyššímu stupni interakce mezi makrofytem a epifytickým společenstvem (Pouličková et al. 2004, dos Santos et al. 2013). Z analýzy rozsivkových společenstev lze vyvozovat hypotézy o parametrech prostředí, jako jsou pH, trofie a do jisté míry i saprobity (Pouličková 2011). Ve studii Pouličková et al. (2004)

projevila epifytická společenstva (konkrétně na mladých rákosech) největší potenciál pro bioindikaci trofie vod a to v porovnání se společenstvy epilitickými a epipelickými.

Indikátory nízké trofie vody jsou například *Cymbella helvetica*, *Gomphonema angustum* a *Diatoma moniliformis*. Druhy tolerantní k vysokému stupni trofie jsou například *Nitzschia communis*, *Amphora veneta* nebo *Craticula cuspidata* (Stenger-Kovacs et al. 2007). Rod *Eunotia* je obecně považován za dobrý indikátor kyselých vod s výskytem i v rašelinných tůních. Mírně alkalické, kyslíkem saturované mezotrofní vody by zase měli být indikovány druhy *Pseudostaurosira brevistriata*, *Achnanthydium minutissimum* a *Cocconeis placentula* (Toporowska et al. 2008).



## 2 CHARAKTERISTIKA EPIFYTONU

### 2.1 Terminologie perifytických společenstev

Perifyton je obecné označení pro společenstva autotrofních i heterotrofních organismů žijících na ponořeném substrátu (Wetzel & Westlake 1969, Pouličková et al. 2008a). Podle Stevenson et al. (1996) je to termín víceméně srovnatelný se spojením bentická mikroflora, nebo termínem fytobentos, a to i přesto, že kromě autotrofů zahrnuje i bakterie, houby a další heterotrofní a mixotrofní organismy. Jakožto samostatně fungující společenstva zahrnují producenty, konzumenty i destruenty (Pouličková 2011). Jemnější členění perifytonu je tradičně chápáno ve spojení s typem substrátu. Substrátem může být v podstatě jakákoliv ponořená anorganická, nebo organická (žijící i odumřelá) pevná struktura, přičemž jednotlivé typy substrátu mohou porůstat specifická společenstva (Wetzel 1983). Substrátem mohou být například kameny a skaliska (pak nárostové společenstvo označujeme jako epilíton), jemné dnové sedimenty (společenstvo označujeme epipelon), písek (epipsamon), rostliny (epifyton) a dokonce i zvířata (epizoon) (Pouličková et al. 2008a, Pouličková 2011). Vzhledem k zaměření práce se budu podrobněji věnovat pouze epifytonu, ačkoliv některé údaje a trendy mohou mít obecnější platnost a lze je pozorovat i na jiných typech substrátu.

Termín epifyt lze chápat v širším (a z hlediska klasické botaniky tradičnějším) pojetí, kdy kromě mikroorganismů na ponořených rostlinách zahrnuje i makroskopické terestrické rostliny využívající jiné makroskopické rostliny jako substrát. Takové terestrické rostliny jsou však ze své podstaty vyloučeny z výše uvedené definice perifytických společenstev. Proto budu dále užívat termín epifyt (případně epifyton a další odvozené termíny) výhradně v užším pojetí (viz dále).

### 2.2 Epifytická společenstva

Epifyton *sensu stricto* je jedním z perifytických společenstev eufotické vrstvy litorálního pásma vodních ekosystémů. Zahrnuje rozličné skupiny autotrofních organismů tvořících nárosty na submerzních, nebo ponořených částech emerzních makrofytických rostlin. Způsob přichycení epifytických organismů k substrátu je značně variabilní. Zahrnuje prostou syntézu slizovitých látek (často u perifytických bakterií, sinic, ale i rozsivek jako *Cocconeis* nebo *Amphora* a dalších eukaryot), nebo tvorbu specializovaných struktur jako jsou slizové stopky (z rozsivek např. rod *Gomphonema*),

terčíky, slizové trubice (z rozsivek *Cymbella*) nebo u pokročilejších skupin dokonce rhizoidy (Lellák & Kubiček 1991, Pouličková et al. 2008a, Pouličková 2011).

Kvůli charakteru většiny světových jezer a rybníků (tj. poměrně mělké nádrže s rozsáhlými litorálními pásmy) je produkce epifytonu často vyšší, než produkce fytoplanktonu (Wetzel 1983).

### 2.2.1 Substrátová specifita

Otázka substrátové specifity není doposud uspokojivě vyřešena a mezi autory panuje značná názorová nejednota. Zatímco někteří přisuzují druhu substrátu významný vliv na skladbu epifytického společenstva, jiní zastávají názor, že většina epifytických organismů je substrátově nescifická a rozdíly mezi společenstvy jsou dány spíše hydrologickými faktory (pro přehled studií podporujících jednotlivé varianty viz Tesolín & Tell 1996). Jisté je, že alespoň některé druhy řas mají výrazné preference k určitým druhům substrátu. Studie Buczko (2007) potvrzuje jasné preference druhu *Lemnicola hungarica* k rostlinám z čeledi okřehekovitých (Lemnaceae). Zajímavé je, že ačkoliv okřehek menší (*Lemna minor*) a okřehek hrbatý (*Lemna gibba*) tyto preference jasně potvrzují, třetí ze středoevropských druhů okřehek, okřehek trojbrázdý (*Lemna trisulca*), byl hostitelem společenstev s dominancí druhu *Cocconeis placentula*.

Epifyton najdeme na většině submerzních a emerzních rostlin, ačkoliv na některých více než na jiných. Velmi nízká hustota epifytonu je například na skřipinách (rod *Scirpus*). Naopak silně vyvinutá společenstva bývají na rákosech (rod *Phragmites*) nebo orobincích (rod *Typha*). Hustota perifytonu se může lišit i mezi jednotlivými částmi rostliny. Jemnější části údajně nesou větší masu epifytického nárostu, než části s hrubším povrchem (Roos 1983). Tato hypotéza je přinejmenším zajímavá, neboť intuitivní očekávání by bylo, že se zvyšující se hrubostí se v důsledku zvyšující se plochy bude zvyšovat i hustota nárostu. Patrně zde ale působí ještě jiné faktory, anebo, je – li hrubost povrchu chápána na mikrostrukturální úrovni, snižuje hrubý povrch účinnost přichytných adaptací.

Protože poskytují submerzní a emerzní rostliny různé podmínky, mohou být rozdíly ve skladbě a hustotě epifytického společenstva zapříčiněny i fytoecologickým typem rostliny. Studie Cattaneo et al. (1998) porovnává epifyton několika různých druhů submerzních a emerzních rostlin se splývavými listy. Ze dvou porovnávaných typů substrátů signifikantně vychází preference epifytických řas k submerzním rostlinám. Možným vysvětlením je vyšší zastínění listy u splývavých rostlin a zachytávání

detritických částic jejich extenzivním kořenovým systémem, což podporuje vyšší výskyt heterotrofních škrabačů, kteří omezují rozvoj epifytického společenstva.

Studie také naznačuje, že biomasa epifytonu a biomasa submerzních makrofyt mají mezi sebou nepřímý úměrný vztah, tedy že s růstem biomasy substrátu klesá biomasa epifytonu. To se dá vysvětlit vyšším zástínem a tedy nižším přístupem epifytů k fotosynteticky aktivní části světelného spektra. Naproti tomu vliv biomasy emerzních rostlin se splývavými listy neměl významnější vliv na biomasu jejich epifytonu a to z toho důvodu, že splývavé listy většinou nerostou přes sebe a zastínění ponořených částí je tak víceméně konstantní při všech populačních hustotách (Cattaneo et al. 1998).

Časté je také porůstání epifytických vláknitých řas sekundárními epifyty. Vlákňité řasy jako *Cladophora* nebo *Oedogonium*, pak mohou být pokryty rozsivkami rodů *Cocconeis*, *Achnanthes*, *Gomphonema* a dalšími. Sekundární epifytismus je efektivní strategie v konkurenčním boji o světlo. Některé spájkivé řasy (Zygnematophyceae) se mu však aktivně brání tvorbou slizových obalů, nebo taninu (Pouličková 2011).

Ačkoliv jsou rozsivky jen velmi zřídka samy substrátem pro jiné organismy, byla i tato zvláštnost pozorována (např. u velkých zástupců sladkovodních rodů *Surirela*, *Cymatopleura*, nebo *Nitzschia*) a referuje o nich Round et al. (1990). Tyto rozsivky přebírající roli substrátu mohou být porostlé například trubénkami (Choanoflagellata) a kromě jiných řas dokonce i rozsivkami jako je například druh *Pseudostaurosira parasitica* (Round et al. 1990).

Na starších rostlinách obvykle nacházíme vyvinutější a bohatší nárost, než na mladších (Roos 1983). To je dáno dynamikou epifytického společenstva.

### 2.2.2 Dynamika společenstva

Dynamika epifytických společenstev je kromě charakteru substrátu ovlivňována dostupností živin, světla a intenzitou oškrabování škrabači. Epifytické společenstvo prochází jistým vývojem a stárne spolu s rostlinou tvořící substrát. Pokaždé, když se nárost stane příliš hustě osídleným, působení vzniklá konkurence o světlo tlak na vyvíjející se společenstvo a organismy větší (resp. vyšší) se dostávají do výhody. To vede k nárůstu jejich relativního zastoupení ve společenstvu na úkor menších druhů (Roos 1983).

Jako první obvykle osidlují substrát bakterie a sinice, které vytváří sliz. Ten může sloužit jako přichytná vrstva pro mnoho dalších druhů organismů. Po prokaryotech

nastupují větší eukaryotní buňky. Nejdříve ty přitisknuté celou plochou k substrátu (z rozsivek třeba *Cocconeis*), potom ty přitisknuté jenom jedním pólem buňky (z rozsivek *Fragilaria*). Po nárůstu biomasy epifytonu a současným zvýšením konkurence o světlo se dostávají do výhody druhy s vyvinutými specializovanými strukturami, jako jsou slizové stopky, nebo trubice (*Gomphonema*, *Cymbella*) a také druhy vláknitých řas (*Cladophora*, *Lemanea*). Dalším vývojem dochází k osídlení vláknitých řas sekundárními epifyty, kterými mohou být rozsivkové rody *Gomphonema*, *Cocconeis* a další (Pouličková 2011).

Společenstvo tak získává výraznou patrovitou strukturu, jejíž vznik je podmíněn konkurenčním bojem o světlo. Svým celkovým charakterem i důvodem vzniku připomíná výrazně vyvinuté epifytické společenstvo klimaxové stádium lesních terestrických ekosystémů. Tímto „epifytickým lesem“ se dále pohybují další zástupci pohyblivých řas (z rozsivek typicky rod *Navicula*, ze sinic např. *Oscillatoria*). Epifytické společenstvo je i lákavým úkrytem a zdrojem potravy pro živočišné mikroorganismy, kteří zde mohou působit jako primární i sekundární konzumenti. Epifytické společenstvo se může stát i zdrojem potravy pro mnohobuněčné organismy z řad škrabačů, jak již bylo naznačeno výše (Roos 1983, Stevenson et al. 1996, Pouličková 2011).

Sezónní dynamika společenstva je dána sezónními změnami dostupnosti živin, světla, vhodného substrátu, rozvojem planktonních řas (a následným zvýšením konkurence o živiny a světlo), houbovými infekcemi a rozvojem populační hustoty škrabačů. Co se rozsivek týče, tak jsou mezi nimi jak druhy víceméně sezónní, tak druhy se stálou hodnotou abundance během roku. Během podzimního vegetačního vrcholu se zvyšují počty jedinců rodů *Diatoma*, *Fragilaria* a *Tabellaria*, zatímco rody *Achnanthes*, *Gomphonema*, nebo *Nitzschia* zůstávají stále v průběhu celé sezóny (Roos 1983).

V konkurenci o živiny je například araphidní planktonní rozsivkový rod *Asterionella* významným konzumentem fosfátů. Pokud při jarním vrcholu dojde k jejímu přemnožení, může spotřebovat velké množství dostupných fosfátů, které potom budou chybět jiným organismům. Jarní přemnožení *Asterionelly* tak může přispívat ke snížení (ve smyslu nižšího nárůstu abundance a biomasy) podzimního vegetačního vrcholu rozsivek (Roos 1983, van Donk et al. 1989). Také dostupnost substrátu může výrazně ovlivnit sezónní dynamiku epifytického společenstva. V době, kdy dojde k nárůstu množství vláknitých heterotrichálních řas dochází i k nárůstu množství jejich sekundárních epifytů. Naopak když dojde k vytlačení vláknitých řas jako *Cladophora*, nebo *Oedogonium* řasami, které nejsou kolonizovatelné (např. některé Zygnetophyceae vlivem tvorby slizových

obalů), dojde i k vymizení sekundárních epifytů a drastické změně ve struktuře společenstva (Roos 1983).

Rozsivky bývají mezi epifytickými řasami jednou z dominantních skupin. Nejčastěji zastoupenými rody epifytických společenstev vod mírného pásu jsou penátní *Achnanthes*, *Cocconeis*, *Cymbella*, *Epithemia*, *Fragilaria*, *Gomphonema*, *Navicula* a *Nitzschia* (Stevenson et al. 1996).

### 2.2.3 Vztah epifyt-substrát

Vztah epifytů s makrofytem tvořícím substrát není dosud uspokojivě objasněn. Patrně jde o velmi komplexní vztah dvou organismů, který je druhově specifický. Některé epifytické organismy využívají rostlinu čistě jako substrát pro svůj růst. Rostliny jako substrát poskytují poměrně velkou plochu k expanzi a minimálně v případě emerzních litorálních druhů (např. z rodů *Typha* a *Phragmites*) poskytují pohyblivým organismům možnost stoupat, nebo klesat ve vodním sloupci a regulovat tak přísun světelného záření. Jiné epifytické druhy mohou být substrátem přímo ovlivněny (například příjmem živin vyloučených substrátem) a to v závislosti na trofii ekosystému. Ukázalo se, že makrofyta v oligotrofních vodách mají výrazně větší vliv na svá epifytická společenstva než ta rostoucí v eutrofních vodách (Eminson & Moss 1980, dos Santos et al. 2013).

Epifytické společenstvo může mít hned několik negativních dopadů na makrofyty. Biofilm může snižovat přístup rostliny ke světlu, konkurovat mu v odběru živin z prostředí a zvýšený tlak škrabačů může vést k poškození rostlinných tkání (Azim et al. 2005). Ukázalo se, že společně mohou tyto faktory negativně ovlivnit růst makrofyty (Hootsmans & Vermaat 1985).

Epifyton ale může mít i pozitivní vliv. Může působit jako UV filtr chránící rostlinu před škodlivým zářením. Zejména pro submerzní rostliny čistých vod, kde by vlivem nízkého množství rozpuštěných částic ve vodě mohlo pronikat na povrch rostlin velké množství UV, může mít dodatečná ochrana relevantní podíl na ochraně rostlinných buněk před destruktivním vlivem tohoto záření (Brandt & Koch 2003).

V každém případě se epifytická společenstva rozvíjejí lépe na přirozeném substrátu než na substrátu umělém (dos Santos et al. 2013), což ukazuje minimálně na jistý stupeň interakce mezi substrátem a epifytickým společenstvem jako celkem. Tento fakt mnohdy komplikuje snahy o kultivaci epifytických řas.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 LOKALITY

Pro terénní práci a odběry vzorků společenstev epifytických rozsivek bylo vytipováno 26 lokalit ve 14 obcích správního obvodu Svitavy (tj. centrální část okresu Svitavy – Pardubický kraj, viz Příloha 1). Vzorky byly odebírány z makrofyt stojatých i tekoucích vod, ačkoliv jejich vzájemný poměr není kvůli dispozicím krajiny zcela vyrovnaný. Ze stojatých vod byly monitorovány jak rybníky, tak drobné rybníčky a tůně v menších obcích. Tekoucí vody jsou reprezentovány řekou Svitavou, říčkou Třebovkou a řadou potoků v menších obcích.

#### 3.1 Charakteristika oblasti

Centrální část okresu Svitavy je tvořena Svitavskou pahorkatinou, která leží v jihovýchodní části české křídové pánve. V oblasti převládají druhohorní (pískovce, opuky, jílovce) a čtvrtohorní (hlíny, spraše, šterky, písky) usazené horniny. Nadmořská výška okresu se pohybuje kolem 500 metrů nad mořem (Česká geologická služba 2014, Český úřad zeměměřičský a katastrální 2014).

Voda je z centrální části okresu odváděna řekou Svitavou, která se přes Svatku, Dyji a Moravu vlévá do Dunaje a je tak v úmoří Černého moře. Jedinou výjimkou mezi lokalitami tekoucích vod je Třebovka, která je v povodí Labe a tedy v úmoří Severního moře. Další lokality tekoucích vod představují především potoky. Větší stojaté vody jsou v oblasti reprezentovány svitavsko-opatovskou rybniční soustavou, z níž bylo pro odběry vzorků vybráno šest rybníků (Lánský, Horní, Dolní, Vidlák a dvojice lačnovských rybníků). Dalšími lokalitami se stojatou vodou byli menší vesnické rybníčky, nádrže a drobné tůně (Mapy 2014).

V oblasti je také stanoveno ochranné pásmo vodního zdroje II. stupně. To zahrnuje území obcí Banín, Bělá nad Svitavou, Březová nad Svitavou, Pohledy, Hradec nad Svitavou, Lavičné, Radiměř, Rohozná a Sklené. Z výše jmenovaných nebyly odebírány vzorky pouze v Baníně a Skleném a to z důvodu absence vhodných vodních nádrží, či toků (Informační portál města Svitavy 2014, Český statistický úřad 2014).

#### 3.2 Popis lokalit

Jednotlivé lokality jsou označeny kódem sestávajícím z písmenné zkratky obce, ve které se nacházejí, a čísla odlišujícího jednotlivé lokality v rámci této obce. Například

kódy svitavských lokalit tak sestávají z písmenné zkratky „Sy“ a čísel značících konkrétní lokalitu (např. Sy1, Sy2, Sy3 apod.). Tato kódová označení mohou být kvůli úspornosti užity v tabulkách, mapách a kódech vzorků. Soupis všech lokalit včetně jejich kódů zobrazuje Tab. 1. GPS souřadnice uvedené u jednotlivých lokalit označují v případě tekoucích vod přesné místo odběru vzorků.

Drobné stojaté, či tekoucí vody mnohdy nemají žádný oficiální název. Proto jim byly přiděleny názvy umělé, které jsou psány v uvozovkách. Nenávaznost čísel kódů lokalit u některých obcí (např. HnS1, HnS2, HnS4) je způsobena vyšším počtem původně vytipovaných lokalit, které byly později z různých důvodů vyškrtuty (např. kvůli vyschnutí, vypuštění, špatné dostupnosti apod.). Z důvodu obavy z pomíchání lokalit a vzorků a s tím spojené ztráty dat byla nenávaznost zachována.

**Tab. 1:** Lokality, jejich typ, územní příslušnost a kódové označení

Obec	Lentické	Lotické	Kód
Bělá n. Svitavou		Bělský potok	Be1
Brněnec		Svitava	Br1
Březová n. Svitavou		Svitava	BnS1
Hradec n. Svitavou	"Dolní hradecký rybníček"		HnS1
	"Horní hradecký rybníček"		HnS2
		Svitava	HnS4
Kamenná horka	"Rybníček u OÚ"		KH1
Koclířov	"Tůň mezi č. p. 196, 200 a 201"		K1
	"Rybník u č.p. 63"		K2
		Třebovka	K3
Lavičné		Bělský potok	L1
Opatov	Vidlák		O3
Pohledy	"Rybníček naproti č. p. 159"		Po2
Radiměř		Radiměřský potok	Ra1
Rohozná		Rohozenský potok	R2
Svitavy	Lánský rybník		Sy1
	Dolní rybník		Sy2
	Horní rybník		Sy3
		Svitava	Sy6
	"Lačnovský východní rybník"		Sy7
	"Lačnovský západní rybník"		Sy8
		Lačnovský potok	Sy11
	"Výpust u Sy8"		Sy12
Vendolí	U Rybníčku		V1
		Vendolský potok	V3
Vítějeves		Korejtko	Vs1



### 3.2.1 Svitavské lokality

Území okresního města Svitavy je reprezentováno osmi lokalitami (viz Příloha 2). Šest z nich je lentického a dvě lotického charakteru.

#### **Lánský rybník – Sy1** (GPS souřadnice: 49°44'35.760"N, 16°28'8.220"E)

Lánský rybník (Lány jsou periferní částí Svitav) je součástí svitavsko-opatovské rybniční soustavy. Jde o chovný rybník, který v rámci soustavy slouží především k odchovu plůdku nebo násady. Hospodaření na rybníku probíhá polointenzifikačním způsobem. Letnění bývá jen částečné. Hlavní chovanou rybou je kapr obecný (*Cyprinus carpio*), ale podle aktuální potřeby bývají dosazovány i doplňkové druhy ryb jako candát obecný (*Sander lucioperca*), štika obecná (*Esox lucius*), sumec velký (*Silurus glanis*), lín obecný (*Tinca tinca*), amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*), tolstolobik pestrý (*Hypophthalmichthys nobilis*), cejn velký (*Abramis brama*) nebo okoun říční (*Perca fluviatilis*). Výlov ryb bývá podle potřeby a aktuální rybí osádky prováděn na jaře a na podzim. Po podzimním výlovu bývá rybník zimován a k opětovnému napouštění dochází koncem zimy (osobní sdělení správce rybníku, tj. Rybářství Litomyšl s.r.o.).

Plocha vodní hladiny se pohybuje kolem 57 147 m<sup>2</sup> a rybník zadržuje přibližně 74 147 m<sup>3</sup> vody. Hladina je v závislosti na aktuálních hydrologických a meteorologických podmínkách přibližně v nadmořské výšce 433 m. n. m. (osobní sdělení správce rybníku, tj. Rybářství Litomyšl s.r.o.). Rybník je napájen Ostrým potokem, který z něj také vychází a vlévá se do řeky Svitavy.

Rybník je lemován rákosinami (*Phragmites australis*), které tvoří dominantní složku emerzního rostlinstva litorálního pásma. Blízké okolí rybníku je tvořeno křovinatými porosty s řídkým výskytem rostlin stromovitého vzrůstu. Vzdálenější okolí je tvořeno zemědělskou krajinou. Díky rozmanitosti prostředí (tj. rákosiny, křoviny, zemědělská krajina) je rybník oblíbeným hnízdištěm vodního ptactva (vlastní pozorování a osobní sdělení členů Východočeské pobočky České společnosti ornitologické).

#### **Dolní (Svitavský) rybník – Sy2** (GPS souřadnice: 49°45'58.719"N, 16°27'37.682"E)

Dalším rybníkem svitavsko-opatovské rybniční soustavy je Dolní rybník. Leží zhruba 160 m severovýchodně od Horního rybníka (viz níže) a je s ním propojen kanálem (v podstatě řekou Svitavou, ačkoliv to není jeho oficiální název) a mokřinou. Z rybníka vytéká (resp. rybníkem protéká) řeka Svitava. Způsob hospodaření i rybí osádka jsou

obdobné, jako na Lánském, ale na rozdíl od něj jsou zde chovány spíše ryby tržní (osobní sdělení správce rybníku, tj. Rybářství Litomyšl s.r.o.). Ze zoofauny je zde zaznamenán i výskyt želvušek (kmen Tardigrada) (vlastní pozorování).

Dolní rybník má rozlohu 162 967 m<sup>2</sup> a zadržuje cca. 104 742 m<sup>3</sup> vody. Hladina leží přibližně v nadmořské výšce 438 m. n. m.. Okolí rybníka tvoří pole, zahrádkářská kolonie a dopravní struktury (železnice a asfaltová silnice). Zahrádkářské kolonie a pole jsou pro rybník potencionálním zdrojem organického znečištění, čemuž by odpovídal celkový ráz rybníka. Litorál je lemován společenstvem rákosu (*Phragmites australis*). Jiné druhy emerzních rostlin na místě odběru (tj. jihovýchodním břehu) nebyly pozorovány.

#### **Horní rybník (Rosnička) – Sy3** (GPS souřadnice: 49°46'15.313"N, 16°27'5.582"E)

Nejstarším ze studovaných nádrží svitavsko-opatovské soustavy je Horní rybník, též nazývaný Rosnička, jehož historie sahá až do 16. století. Rybník je určen především k turistice a rekreačnímu rybolovu. Tomuto účelu odpovídá rybí osádka, která svým složením víceméně odpovídá Lánskému rybníku (Rybáři Svitavy 2014).

Rozloha rybníku je přibližně 150 000 m<sup>2</sup> a kóta hladiny se pohybuje kolem 439 m. n. m.. Rybník je vzdálen asi 3 km od prameniště řeky Svitavy a je první nádrží, kterou řeka na své cestě prochází. Rybník je ze severozápadní strany obklopen Javornickým lesem. Významným faktorem z hlediska eutrofizace vody mohou být i poměrně rozsáhlé zahrádkářské kolonie vystavěné v blízkosti rybníka. Tomu napovídá i tvorba sinicových vodních květů v letních měsících posledních let.

Litorální pásmo je osídleno populacemi rákosu obecného (*Phragmites australis*), orobince širokolistého (*Typha latifolia*) a v minoritním zastoupení i blíže nespecifikovanými rostlinami z čeledi šáchorovitých (*Cyperaceae*) a dalšími. I Horní rybník bývá navštěvován vodním ptactvem, i když (kvůli turistickému ruchu) v menším měřítku než rybníky Lánský a Dolní.

#### **Řeka Svitava – Sy6** (GPS souřadnice: 49°44'36.775"N, 16°28'41.705"E)

Prameniště řeky Svitavy, kterou popsal již Kosmas (přibližně kolem roku 1120), leží na hranici rozvodí Černého a Severního moře asi 4 km severozápadně od města Svitavy. Dno jednoho z jezírek v prameništi je údajně pokryto bílou vrstvou, což může indikovat zvýšený výskyt sloučenin síry (Městské muzeum ve Svitavách 2014, Národní

registr pramenů a studánek 2014). Řeka je dlouhá 98 km a nedaleko Brna se vlévá do Svratky (povodí Dunaje a úmoří Černého moře).

Na své cestě protéká obcemi, polní a lesní krajinou. V rámci studovaného území z ní byly odebírány vzorky na čtyřech lokalitách a to ve Svitavech (Sy6), Hradci nad Svitavou (HnS4), Březové nad Svitavou (BnS1) a Brněnci (Br1). Lokalita Sy6 (viz Příloha 2) leží v suburbánní oblasti a vlivem okolních vzrostlých stromů je charakterizována značným zástínem. Břehová vegetace je reprezentována minoritně zastoupeným rákosem (*Phragmites australis*) a dalšími příležitostně zaplavovanými lipnicovitými rostlinami (např. srha laločnatá – *Dactylis glomerata*).

**„Lačnovský východní rybník“ – Sy7** (GPS souřadnice: 49°46'22.688"N, 16°28'20.627"E)

Dvojice lačnovských rybníků (Lačnov je periferní část Svitav) leží na severním okraji města. Východnější z dvojice rybníků má rozlohu 4 300 m<sup>2</sup> a zadržuje 4 500 m<sup>3</sup> vody. Kóta hladiny je cca. 437 m. n. m.. Je bohatě obklopen vzrostlými stromy, což zapříčiňuje zástínění litorálních společenstev dominovaných rákosem obecným (*Phragmites australis*). Způsob hospodaření je obdobný, jako na rybníku Lánském a Dolním. Chová se zde násada a případně i tržní ryby (osobní sdělení správce rybníku, tj. Rybářství Litomyšl s.r.o.). Lokalita je z důvodu vypuštění zastoupena pouze jedním vzorkem.

**„Lačnovský západní rybník“ – Sy8** (GPS souřadnice: 49°46'25.950"N, 16°28'7.276"E)

Západnější z dvojice lačnovských rybníků má rozlohu cca. 6 520 m<sup>2</sup> a leží v nadmořské výšce přibližně 440 m. n. m. (Geoportál ČÚZK 2014). Jihozápadní břeh je lemován jehličnatým lesním porostem, zatímco ostatní břehy poli a cyklistickou stezkou. Konkrétní místo odběrů vzorků je vegetací zcela nezastíněno. Rybník je propojen kanálem s východním lačnovským rybníkem (Sy7). Výpust do tohoto kanálu drží stojatou vodu a kvůli na první pohled rozdílným podmínkám prostředí byla označena za samostatnou lokalitu (viz „Výpust u Sy8“ - Sy12) Litorální porost rybníka tvoří především rákos obecný (*Phragmites australis*) a orobinec širokolistý (*Typha latifolia*).

**Lačnovský potok – Sy11** (GPS souřadnice: 49°46'0.188"N, 16°28'26.644"E)

Drobný potok vlévající se do řeky Svitavy. Je poměrně málo vodnatý a v letních měsících může získat charakter téměř stojaté vody. Místo odběru bylo zastíněno okolní vegetací. Odebírány byly delší dobu ponořené srhy laločnaté (*Dactylis glomerata*).

„Výpust u Sy8“ – Sy12 (GPS souřadnice: 49°46'24.584"N, 16°28'10.762"E)

Jde o výpust (resp. přepouštěcí nádrž) západního lačnovského rybníka (Sy8), ve které dlouhodobě stojí voda a rostou v ní orobince širolisté (*Typha latifolia*). Ústí do kanálu vedoucího do východního lačnovského rybníka (Sy7), který je mimo dobu vypouštění uzavřený. Rozloha výpusti je přibližně 89 m<sup>2</sup> a je zcela nezastíněná (Geoportál ČÚZK 2014). Stěny výpusti jsou tvořeny betonem a kamenivem. Dno je (soudě podle výskytu orobince) pokryto nějakým typem substrátu, patrně bahnem vyplaveným z rybníka. Vlivem zvýšeného výparu v letních měsících a omezeným objemem nádrže zde dochází k významnému poklesu hladiny a patrně i zvyšování koncentrace látek ve vodě.

### 3.2.2 Lokality na území dalších obcí

Pro mapy viz Příloha 3 – 6.

#### Obec Bělá nad Svitavou

**Bělský potok – Be1** (GPS souřadnice: 49°38'23.969"N, 16°28'48.945"E)

Bělský potok je menší vodní tok protékající obcí Bělá nad Svitavou. Vytéká z rybníčku v sousední obci Lavičné a v obci Brněnec se vlévá do řeky Svitavy. Potok je cca. 5,8 km dlouhý (Geoportál ČÚZK 2014) a jeho vodnatost je v rámci srovnávaných lotických vod poměrně vysoká. Bezprostřední okolí toku je porostlé graminoidními, tedy travinnými společenstvy s vysokým zastoupením druhu srha laločnatá (*Dactylis glomerata*). Konkrétní místo odběru bylo nezastíněno okolní vegetací.

#### Obec Brněnec

**Řeka Svitava – Br1** (GPS souřadnice: 49°37'23.628"N, 16°31'26.769"E)

Úsek řeky Svitavy (viz Řeka Svitava – Sy6) protékající obcí Brněnec má podobný ráz jako vyšší části toku. Okolí toku je poměrně silně suburbánního charakteru. Konkrétní místo odběru leží kvůli přístupnosti pod jedním z mostů a je tedy zcela zastíněno. Byl zde zaznamenán výskyt submerzních rostlin rodu hvězdoš (*Callitriche*), drobný porost rákosu obecného (*Phragmites australis*) a dále periodicky smáčená břehová vegetace, jako například srha laločnatá (*Dactylis glomerata*).

### Obec Březová nad Svitavou

#### Řeka Svitava – BnS1 (GPS souřadnice: 49°39'25.761"N, 16°30'27.857"E)

Úsek řeky Svitavy (viz Řeka Svitava – Sy6) protékající územím obce Březová nad Svitavou má podobný charakter jako jiné úseky toku na území okresu. Odběrné místo je charakteristické silným zástinem způsobeným vzrostlými stromy. Tok vede podél asfaltové silnice. Břehy odběrného místa jsou mohutně porostlé graminoidním společenstvem s dominancí *Dactylis glomerata*. Ve střední části toku jsou i ponořené trsy hvězdoše (*Callitriche*).

### Obec Hradec nad Svitavou

#### „Dolní hradecký rybníček“ – HnS1 (GPS souřadnice: 49°41'7.646"N, 16°28'57.071"E)

Dvojice hradeckých rybníčků leží poblíž protékající řeky Svitavy a je touto řekou napájena. Menší z rybníčků má rozlohu 2 908 m<sup>2</sup> a jeho hladina je v přibližné nadmořské výšce 414 m. n. m. (Geoportál ČÚZK 2014). Není žádným způsobem obhospodařován a výskyt ryb není znám (nicméně je předpokládán). Je obklopena jehličnatým lesem, asfaltovou silnicí, zahradou a mokřinou. Litorální pásmo je osídleno především rákosem obecným (*Phragmites australis*) a orobincem širokolistým (*Typha latifolia*). Vyskytuje se zde i menší populace okřehku menšího (*Lemna minor*).

Na rybníčku probíhá každoročně záchranný transfer obojživelníků s výskytem druhů ropucha obecná (*Bufo bufo*), blatnice skvrnitá (*Pelobates fuscus*), kuňka obecná (*Bombina bombina*), skokan hnědý (*Rana temporaria*), skokan zelený (*Pelophylax esculenta*), čolek obecný (*Triturus vulgaris*) a čolek velký (*Triturus cristatus*). Poměrně hojný je také výskyt vodního ptactva z řádu vrubozobí (Anseriformes) nebo čeledi volavkovití (Ardeidae). V posledních letech je hlášen i výskyt vydry říční (*Lutra lutra*) (vlastní pozorování, nebo osobní sdělení členů ČSOP).

#### „Horní hradecký rybníček“ – HnS2 (GPS souřadnice: 49°41'8.094"N, 16°28'55.294"E)

Druhý z dvojice rybníčků leží mezi řekou Svitavou a „Dolním hradeckým rybníčkem“. Má rozlohu 4 055 m<sup>2</sup> a leží v přibližné nadmořské výšce 415 m. n. m. (Geoportál ČÚZK 2014). Na rozdíl od dolního rybníčku zde dochází k mnohonásobně vyšší tvorbě biomasy okřehku menšího (*Lemna minor*), která zejména v letních měsících zapříčiňuje vznik až několik centimetrů mocné vrstvy okřehkového společenstva na hladině rybníčku. Příčina tohoto masivního nárůstu biomasy je otázkou. Fakt,

že k podobnému nárůstu nedochází i na několik metrů vzdáleném dolním rybníčku, ukazuje na nestejnost podmínek v obou rybníčcích.

**Řeka Svitava – HnS4** (GPS souřadnice: 49°41'6.744"N, 16°28'51.934"E)

Úsek řeky Svitavy (viz Řeka Svitava – Sy6), který slouží k odběru vzorků na území Hradce nad Svitavou, protéká obcí, loukami a blízkostí jehličnatých lesů. Odběrné místo je nezastíněné a břehy jsou pokryty graminoidními společenstvy.

### **Obec Kamenná horka**

**„Rybníček u OÚ“ – KH1** (GPS souřadnice: 49°44'18.342"N, 16°31'43.116"E)

Rybníček obklopený vzrostlými listnatými stromy má rozlohu 1 657 m<sup>2</sup> a leží v nadmořské výšce 513 m. n. m. (Geoportál ČÚZK 2014). Způsob hospodaření není znám. Litorální společenstva jsou dominována orobincem širokolistým (*Typha latifolia*) a v menší míře (z hlediska biomasy) rákosem obecným (*Phragmites australis*).

### **Obec Koclířov**

**„Tůň mezi č.p. 196, 200 a 201“ – K1** (GPS souřadnice: 49°46'20.363"N, 16°31'21.760"E)

Mělká tůň v obecní zástavbě Koclířova je spíše periodického charakteru, ačkoliv se zde voda drží až do pozdního léta. Rozlohu má kolem 120 m<sup>2</sup> a kóta je kolem 487 m. n. m. (Geoportál ČÚZK 2014). Pravděpodobně do ní ústí odpadní potrubí vedoucí z nedalekého domu. Dominantní je porost orobince široolistého (*Typha latifolia*) a v menší míře rákosu obecného (*Phragmites australis*). Zaznamenán je i výskyt okřehku (*Lemna*).

**„Rybník u č. p. 63“ – K2** (GPS souřadnice: 49°45'46.485"N, 16°33'17.125"E)

Jde o rybník v obecní zástavbě o rozloze 2 355 m<sup>2</sup> a nadmořské výšce přibližně 509 m. n. m. (Geoportál ČÚZK 2014). Je lemován vzrostlými stromy a tedy víceméně zastíněn. Litorální emerzní fytoceózy jsou tvořeny orobincem širokolistým (*Typha latifolia*) a minoritně rákosem obecným (*Phragmites australis*). Rovněž je zde zaznamenán výskyt okřehku (*Lemna*). Způsob hospodaření na rybníku není znám.

**Třebovka – K3** (GPS souřadnice: 49°46'0.706"N, 16°32'18.231"E)

U Ústí nad Orlicí se říčka Třebovka vyčleňuje z Tiché orlice a na své cestě protéká největší nádrží svitavsko-opatovské rybníční soustavy rybníkem Hvězda. V Koclířově má spíše charakter potoku. V létě se tu vlivem vysokého výparu dokonce může držet stojatá

voda. Místo odběru bylo zastíněno a tvořeno travinnými společenstvy. Výlučně vodní rostlinstvo se zde nevyskytovalo.

### **Obec Lavičné**

#### **Bělský potok – L1** (GPS souřadnice: 49°38'30.121"N, 16°27'39.831"E)

Bělský potok je menší vodní tok dlouhý vytékající z drobného rybníčku v obci Lavičné. Bezprostřední okolí toku je porostlé travinnými společenstvy s vysokým zastoupením druhu srha laločnatá (*Dactylis glomerata*). Konkrétní místo odběru bylo nezastíněno okolní vegetací.

### **Obec Opatov**

#### **Vidlák – O3** (GPS souřadnice: 49°49'3.160"N, 16°29'19.770"E)

Rybník Vidlák patří v rámci studovaných lokalit k větším vodním nádržím. Je součástí svitavsko- katovské soustavy a má rozlohu 206 034 m<sup>2</sup>. Leží v nadmořské výšce 438 m. n. m. (Geoportál ČÚZK 2014). Je obklopen zejména intenzivně obhospodařovanou zemědělskou krajinou a dopravními strukturami jako železnice a silnice. Litorální společenstva, reprezentuje rákos obecný (*Phragmites australis*). V emerzním společenstvu bylo zastoupeno i poměrně velké množství suchého rákosu a celkově rybník vypadá neudržovaně a zanedbaně. Kromě faktu, že je rybník na zimu vypouštěn, nebyly zjištěny žádné další informace ohledně hospodaření.

### **Obec Pohledy**

#### **„Rybníček naproti č. p. 159“ – Po2** (GPS souřadnice: 49°41'46.008"N, 16°33'39.107"E)

Drobný rybníček o 164 m<sup>2</sup> leží v nadmořské výšce 520 m. n. m. (Geoportál ČÚZK 2014). Rybníček je v osobním vlastnictví a způsob hospodaření se nepodařilo zjistit. Okolí tvoří silnice, zahrady a vzrostlé stromy. Odběrné místo je bez zástinu. Litorálnímu společenstvu dominuje rákos obecný (*Phragmites australis*).

### **Obec Radiměř**

#### **Radiměřský potok – Ra1** (GPS souřadnice: 49°41'31.163"N, 16°27'26.189"E)

Radiměřský potok pramení asi 1,5 km západně od obce Radiměř v přibližné nadmořské výšce 617 m. n. m. (Geoportál ČÚZK 2014). Pod obcí se vlévá do řeky Svitavy. Tok je v rámci srovnávaných tekoucích vod poměrně vodnatý a udržuje si tekoucí

vodu i v letních měsících. Břehy jsou lemovány travinnými společenstvy s vysokým podílem srhy laločnaté (*Dactylis glomerata*).

### **Obec Rohozná**

#### **Rohozenský potok – R2** (GPS souřadnice: 49°39'27.722"N, 16°24'21.656"E)

Rohozenský potok je drobný vodní tok pramenící v Rohozenských lesích a pod hradem Svojanovem se vlévá do řeky Křetíanky, která se vlévá do Svitavy. V letních měsících bývá až úplně vyschlý a z toho důvodu v něm nerostou žádné výhradně vodní rostliny. Břehy jsou pokryty travinami.

### **Obec Vendolí**

#### **U Rybníčku – V1** (GPS souřadnice: 49°43'33.575"N, 16°26'39.028"E)

Drobný rybníček v obci Vendolí má rozlohu 283 m<sup>2</sup> (Geoportál ČÚZK 2014). Je zcela zastíněn okolním porostem tvořeným zejména vzrostlými vrbami (rod *Salix*). Ústí do něj odpadní potrubí z nedalekého domu, která je spolu se srážkami patrně jediným zdrojem vody. Z rybníčku vyrůstají semenáčky vrb a je v něm poměrně bohatě vyvinuté společenstvo okřehku (*Lemna*).

#### **Vendolský potok – V3** (GPS souřadnice: 49°43'29.678"N, 16°26'39.936"E)

Drobný potůček pramenící nad obcí a vlévající se do řeky Svitavy. V letních měsících vysychá. Břehy jsou tvořeny travinným společenstvem. Odběrné místo je zcela zastíněno vegetací.

### **Obec Vítějeves**

#### **Korejtko – Vs1** (GPS souřadnice: 49°36'55.552"N, 16°27'57.487"E)

Drobný potůček pramenící v obci Vítějeves a vlévající se do řeky Křetíanky. V letních měsících obvykle zcela vysychá. Břehy travnaté, místo odběru bez zástinu.

Pro souhrn údajů o lokalitách viz Příloha 7.



## 4 METODIKA

### 4.1 Terénní práce

Terénní práce zahrnovala zejména sběr vzorků v terénu a měření (případně subjektivní binární odhad – např. zástin přítomen/nepřítomen) parametrů prostředí. Sběr vzorků probíhal následovně. Na lokalitě byly vytipovány vhodná emerzní, nebo submerzní makrofyta. Z ponořené části rostliny byl odebrán vzorek, který představoval několikacentimetrový váleček stonku a/nebo (v závislosti na možnostech) část ponořené listu. V případě drobných ve dně nekořenících natantních rostlin, jako třeba okřehek (*Lemna*), bylo odebíráno několik celých jedinců. Vzorek byl poté lehce propláchnut ve vodě (v nádrži, nebo toku), cílem čehož bylo spláchnutí náhodně přichycených metafytických, nebo planktonních organismů. Pravá epifytická společenstva jsou díky svým přichytným adaptacím (slizu, stopkám atd.) daleko pevněji přichycena k povrchu makrofyta. Takto připravený vzorek byl uložen do plastových lahvíček o objemu 500 ml, případně do uzavíratelných mikrotenových sáčků.

Vybrané parametry prostředí jsou teplota vody, pH, konduktivita, charakter vody (lentický/lotický), typ rostlinného substrátu, zástin a síla proudu. Teplota, pH a konduktivita vody byly měřeny kombinovaným pH metrem (HANNA Combo pH & EC). Zástin a síla proudu byly odhadovány subjektivně a jsou považovány za binární proměnou (přítomnost/nepřítomnost příp. silný/slabý). Nejčastěji sbíraným makrofytickým substrátem byli rákos obecný (*Phragmites australis*), orobinec širokolistý (*Typha latifolia*), okřehek menší (*Lemna minor*) a v případě tekoucích vod i ponořené části jedinců srhy laločnaté (*Dactylis glomerata*). V menší míře potom hvězdoš (*Callitriche*) a částečně ponoření juvenilní jedinci vrby (*Salix*).

Vzorky jsou označeny kódem (např. JK – 7. 10. 2012 – Sy2 A), který sestává z iniciál autora, data sběru a kódu lokality. V případě, že v daný den bylo na dané lokalitě odebráno více než jeden vzorek, nesou kódy těchto vzorků doplňkové označení A, B, C atd..

### 4.2 Laboratorní práce

Laboratorní práce zahrnovala tvorbu trvalých preparátů nutných k determinaci rozsivek do druhů. Postup je následující. Na podložní sklíčko nanese kapku vody, do které plamenem sterilizovaným skalpelem, nebo preparační jehlou seškrábneme vzorek

povrchového nárostu z čerstvé rostliny (vzorky byly obvykle uchovávány v chladničce a zpracovávány druhý den po sběru). Takto připravený preparát se nezakrývá krycím sklíčkem a nechá se dokonale vyschnout.

V digestoři zapneme vaříč a položíme na něj kovovou desku, nebo síťku. Po vyschnutí položíme preparát vzorkem vzhůru na nahřátou kovovou desku a přikápneme 30% peroxid vodíku. Peroxid vodíku zapříčiní oxidaci organického materiálu ve vzorku. Po odpaření opakujeme přikápnutí ještě dvakrát. Po třetím odpaření peroxidu vodíku kápneme buď na vzorek, nebo na samostatné krycí sklíčko pryskyřici Naphrax a krycím sklíčkem překryjeme zoxidovaný vzorek. Poté necháme z pryskyřice odpařit rozpouštědlo toulén. Jemnými pohyby pinzetou přes krycí sklíčko můžeme odsouvat v pryskyřici vznikající bubliny k okrajům krycího sklíčka a pryč z preparátu. Jakmile se zastaví tvorba bublin v pryskyřici, přestaneme žíhat. Trvalý preparát necháme vychladnout a opatříme popiskem. V takto připraveném trvalém preparátu zbyly pouze anorganické komponenty původního vzorku, a to zejména křemičité frustuly rozsivek, které se využívají k determinaci.

### 4.3 Determinace

Determinace probíhá společně se semikvantitativní analýzou epifytických společenstev. Semikvantitativní charakter je dán obtížnou stanovitelností povrchu studovaného rostlinného substrátu a zjištěné počty rozsivek tak většinou nelze vztáhnout k ploše. Samotná determinace probíhá klasickým způsobem podle determinační literatury Hindák et al. (1978), Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991, 1991) a Lange-Bertalot ed. (2000, 2001, 2002, 2003, 2005, 2011) a s využitím světelného mikroskopu s imerzním objektivem (Olympus CX21) při zvětšení 10\*100. Zohledňována je jak morfologie frustul, tak ekologie daného druhu. Nejdůležitějšími pozorovanými znaky penátních frustul jsou tvar, délka, šířka a striace frustuly (tj. počet strií na 10 µm délky frustuly). V případě centrických pak průměr a striace (získaná spočtením strií, přepočtem na obvod a následně na 10 µm obvodu frustuly). Názvy jednotlivých druhů jsou aktualizovány podle serveru AlgaeBase (2014).

### 4.4 Statistické vyhodnocení

Základní vyhodnocení bylo provedeno v tabulkovém procesoru Microsoft Office Excel 2007. Základními vstupními proměnnými pro statistické analýzy byla následující

data: celkový počet druhů na lokalitách, relativní abundance druhů v rozsivkovém společenstvu a vybrané parametry prostředí (viz 4.1 Terénní práce). Statistické vyhodnocení proběhlo ve statistickém programu pro mnohorozměrné analýzy Canoco 4.5 (Ter Braak & Šmilauer 2002). Délka gradientu byla testována metodou DCA (Detrended Correspondence Analysis). Výsledné délky první a druhé osy a rozdíly mezi osami byly poměrně nízké (délka první osy 3,335; délka druhé osy 2,068). Následně byla použita přímá lineární analýza RDA (Redundancy Analysis). Při testování byl použit následující model: data byla vážena podle vzdáleností mezi vzorky, data byla transformována Log transformací  $Y' = \log(A*Y+B)$ ,  $A=1$ ,  $B=1$ ; s centrováním podle druhů, test významnosti na první ordinační ose byl testován Monte Carlo permutačním testem (499 permutací, redukovaný model). Rozdíly v druhové diverzitě mezi studovanými lokalitami byly testovány Analýzou variance (NCSS software, Hintze 2000).

## 5 VÝSLEDKY

Celkem bylo zpracováno 52 vzorků z 26 lokalit okresu Svitavy. Mapy zkoumaných lokalit jsou v příloze (Příloha 1 až 6). Poměr vzorků z lentických a lotických vod je 33:19. Lentické lokality byly reprezentovány rybníky o rozloze od 206 034 m<sup>2</sup> do 89 m<sup>2</sup>. Základní fyzikálně-chemické charakteristiky (pH, teplota, konduktivita) jsou uvedeny v tabulce v příloze (Příloha 8). Šlo o vody s pH od 5,7 do 8,25, konduktivitou od 148 μS\*cm<sup>-1</sup> do 743 μS\*cm<sup>-1</sup>.

Celkem bylo na lokalitách zjištěno 55 druhů rozsivek, v lentických bylo 52 druhů, v lotických 31. Výpis pozorovaných druhů je uveden v tabulce 2. Tabulka 2 obsahuje i stručnou referenční ekologii sestavenou podle determinační literatury (viz 4.3. Determinace) a záznam o typu vod (tj. lentické/lotické), ve kterém byl výskyt druhu zaznamenán. Kompletní názvy druhů (tj. včetně autorit) společně se zkratkami druhů užitými ve statistických analýzách jsou uvedeny v přílohách (Příloha 9).

**Tab. 2:** Zaznamenaný výskyt druhů podle charakteru lokality a jejich referenční ekologie

Název druhu	Lentické	Lotické	Referenční ekologie
<i>Achnanthes straubiana</i>	+	-	nárostový
<i>Achnanthidium helveticum</i>	+	-	nárostový
<i>Achnanthidium minutissimum</i>	+	+	všudypřítomný v nárostech, agg.
<i>Asterionella formosa</i>	+	-	planktonní
<i>Aulacoseira granulata</i>	+	+	planktonní
<i>Cocconeis neothumensis</i>	+	-	epifytický
<i>Cocconeis placentula</i>	+	+	epifytický
<i>Ctenophora pulchella</i>	+	-	nárostový
<i>Cyclotella distinguenda</i>	+	+	planktonní
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	+	+	planktonní
<i>Cymbella affinis</i>	+	-	nárostový
<i>Cymbella lanceolata</i>	+	+	nárostový
<i>Cymbella obscura</i>	+	-	nárostový
<i>Diatoma vulgare</i>	+	+	nárostový, rheofilní
<i>Encyonema caespitosum</i>	+	+	nárostový
<i>Encyonema silesiacum</i>	+	+	nárostový
<i>Encyonemaa minutum</i>	+	-	nárostový
<i>Eunotia bilunaris</i>	+	-	epifytický
<i>Fragilaria caus</i>	+	-	nárostový
<i>Fragilaria capucina</i>	+	+	nárostový
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i>	+	+	nárostový
<i>Fragilaria crotonensis</i>	+	-	nárostový

<i>Fragilaria fasciculata</i>	+	-	nárostový
<i>Fragilaria parasitica</i> var. <i>subconstricta</i>	+	-	nárostový
<i>Gomphonema acuminatum</i>	+	-	nárostový
<i>Gomphonema angustatum</i>	+	+	nárostový
<i>Gomphonema clavatum</i>	+	-	nárostový
<i>Gomphonema minutum</i>	+	-	nárostový
<i>Gomphonema olivaceum</i>	+	-	nárostový
<i>Gomphonema parvulum</i>	+	+	nárostový, agg.
<i>Gomphonema truncatum</i>	+	-	nárostový
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	+	+	nárostový
<i>Hippodonta capitata</i>	+	-	epipelický
<i>Karayevia clevei</i>	+	-	nárostový
<i>Lemnicola hungarica</i>	+	-	nárostový, vazba na <i>Lemna</i> sp.
<i>Mayamaea atomus</i>	+	+	nárostový
<i>Meridion circulare</i>	+	+	nárostový, rheofilní
<i>Navicula capitatoradiata</i>	+	+	nárostový
<i>Navicula cryptocephala</i>	+	+	epipelický, agg.
<i>Navicula cryptotenella</i>	+	+	nárostový
<i>Navicula gregaria</i>	+	+	nárostový, agg.
<i>Navicula leptostriata</i>	+	-	nárostový
<i>Navicula trivialis</i>	+	+	epipelický
<i>Nitzschia acicularis</i>	+	-	nárostový
<i>Nitzschia capitellata</i>	-	+	nárostový
<i>Nitzschia fonticola</i>	-	+	nárostový
<i>Nitzschia gracilis</i>	-	+	nárostový
<i>Nitzschia palea</i>	+	+	nárostový, agg.
<i>Nitzschia vermicularis</i>	+	-	nárostový
<i>Pinnularia nobilis</i>	+	-	nárostový
<i>Planothidium ellipticum</i>	+	+	nárostový
<i>Planothidium frequentissimum</i>	+	+	nárostový
<i>Planothidium lanceolatum</i>	+	+	všudypřítomný v nárostech
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	+	+	nárostový
<i>Surirella brebissonii</i> var. <i>kuetzingii</i>	+	+	nárostový
<i>Ulnaria ulna</i>	+	+	nárostový, agg.

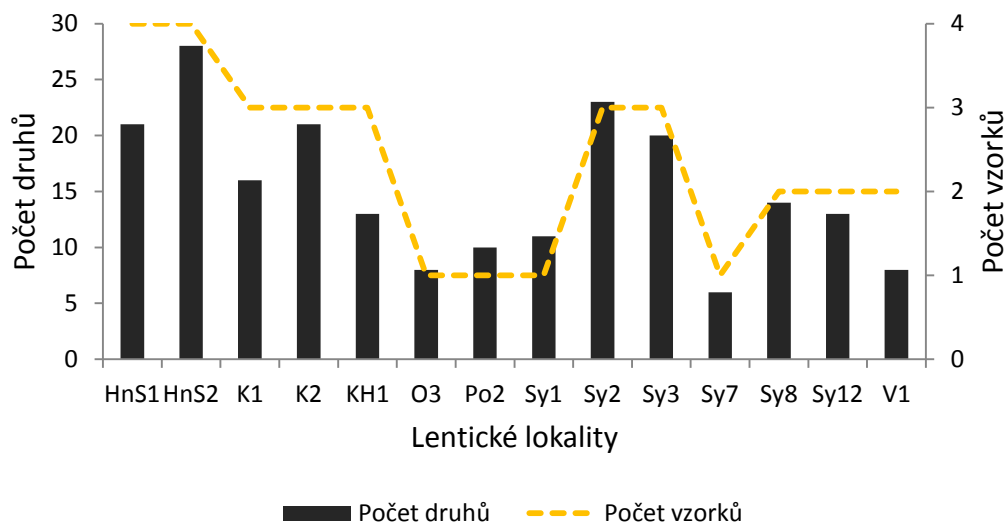
---

agg. ....agregát druhů (užito ve smyslu druhový komplex)

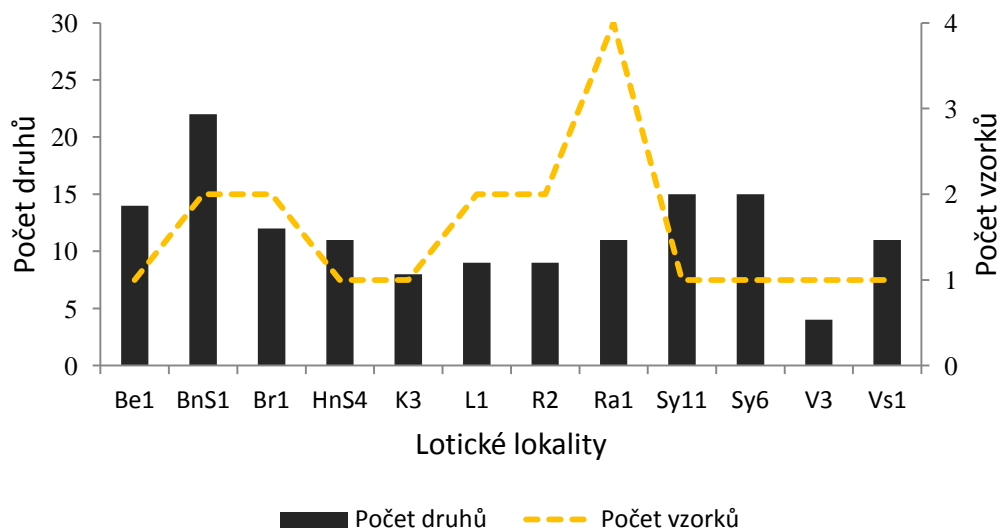
+ .....druh se v daném typu vody vyskytl

- .....druh se v daném typu vody nevyskytl

Grafy 1 a 2 zobrazují počet zjištěných druhů a počet odebraných vzorků na jednotlivých lentických a lotických lokalitách. Množství druhů koresponduje s počtem vzorků na lokalitě. Jednotlivé vzorky z lentických lokalit obsahovaly od 6 do 28 druhů. Vzorky z lotických lokalit obsahovaly od 4 do 22 druhů. Lokalitou s největším počtem druhů byla z lentických HnS2, z lotických BnS1. Nejméně druhů bylo v rámci lentických lokalit na lokalitě Sy7, v rámci lotických na V3. Druhově nejbohatší substrát byl rákos, nejchudším byla srha.

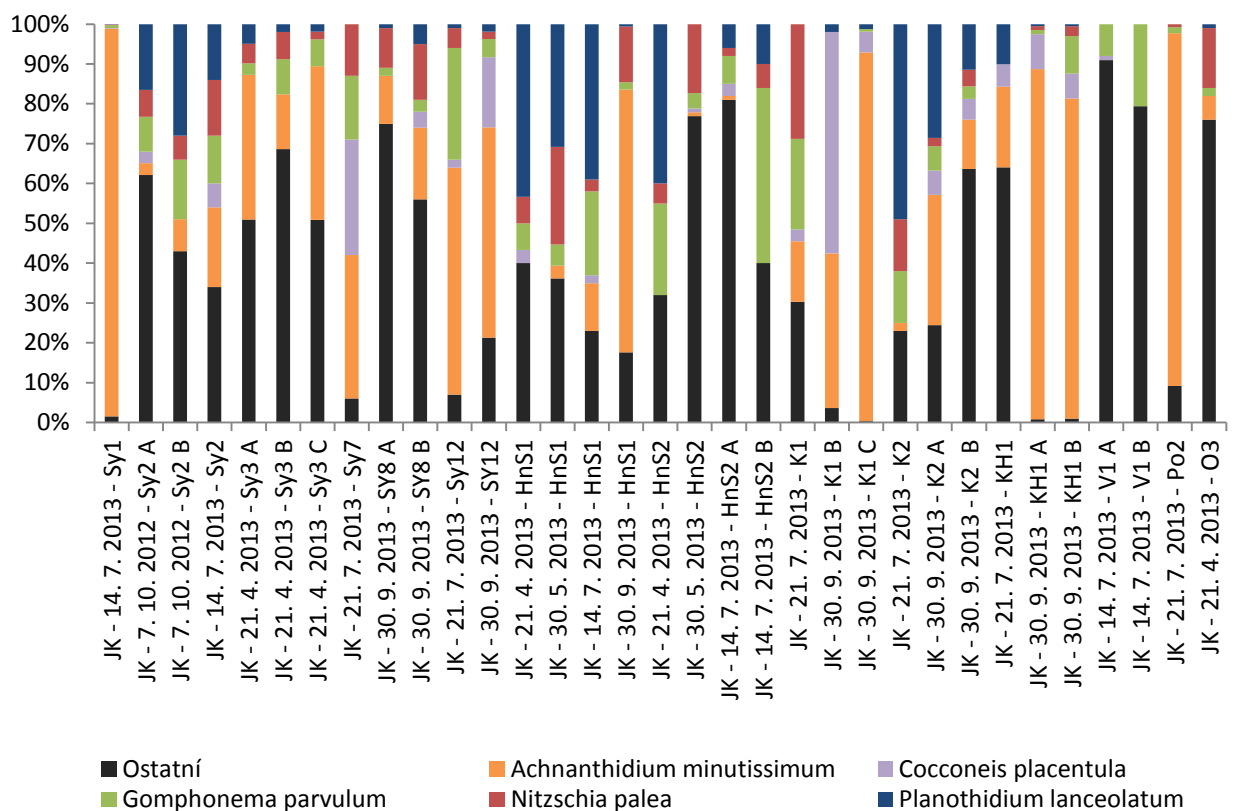


**Graf 1:** Počet pozorovaných druhů a počet odebraných vzorků na lentických lokalitách

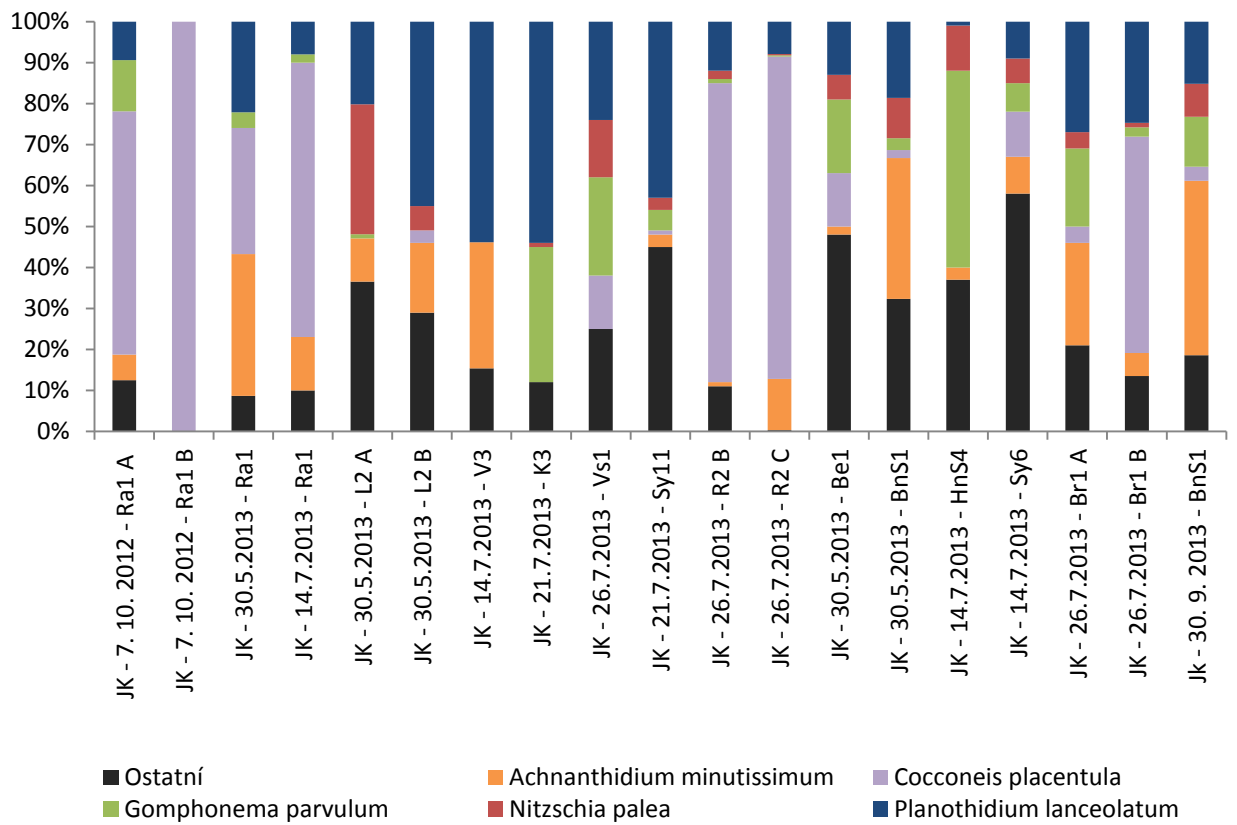


**Graf 2:** Počet pozorovaných druhů a počet odebraných vzorků na lotických lokalitách

Grafy 3 a 4 zobrazují procentuální zastoupení pěti nejběžnějších a současně nejpočetnějších druhů v jednotlivých vzorcích lentických a lotických lokalit. Nejčastěji se vyskytujícími druhy byly *Achnantheidium minutissimum*, *Cocconeis placentula*, a *Gomphonema parvulum*. Druh *A. minutissimum* dosahoval v lentických vodách zastoupení až 95 %. *C. placentula* dominoval hlavně v lotických vodách a v extrémních případech tvořil téměř 100%. *G. parvulum* se vyskytoval téměř na všech lokalitách v zastoupení od 2 do 44 %. V kategorii ostatní se ocitly druhy, které byly typické pro izolovanou skupinu vzorků nebo lokalit. Mezi takové patří například *Lemnicola hungarica* zastoupený na některých lokalitách až 62 % (např. HnS1, HnS2, K2). Podobně *Eunotia bilunaris* dosahoval ojediněle až 78 % (V1). Další vysoké procentuální podíly jsou dány spíše výskytem většího počtu různých druhů.



**Graf 3:** Procentuální zastoupení pěti nejčastějších druhů ve vzorcích z lentických lokalit

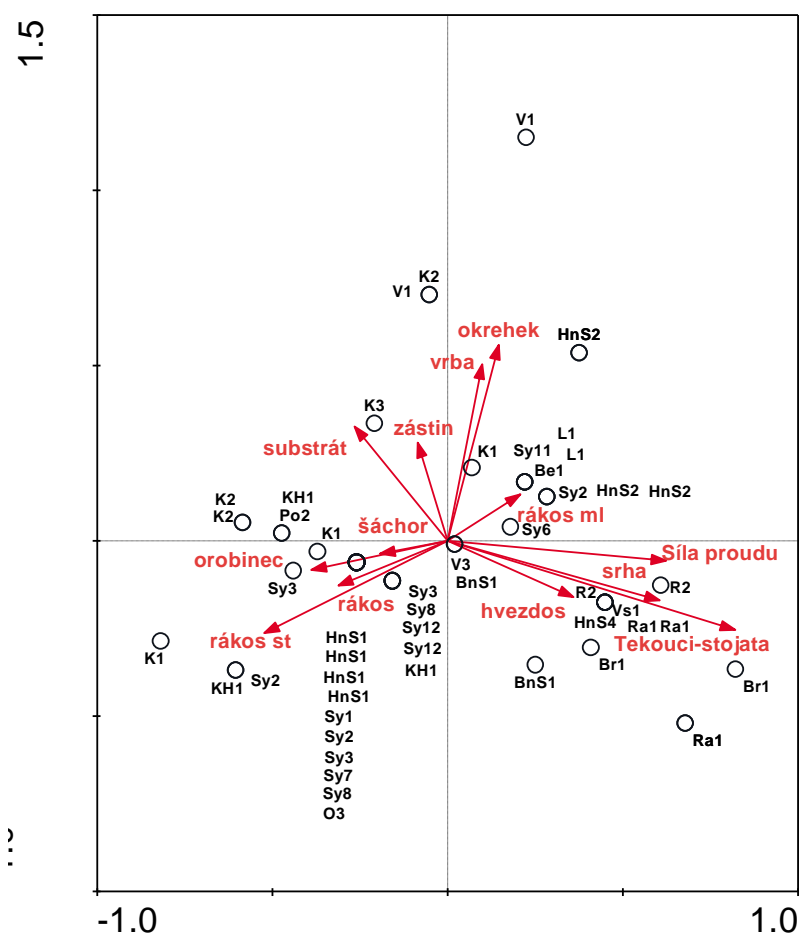


**Graf 4:** Procentuální zastoupení pěti nejčastějších druhů ve vzorcích z lotických lokalit



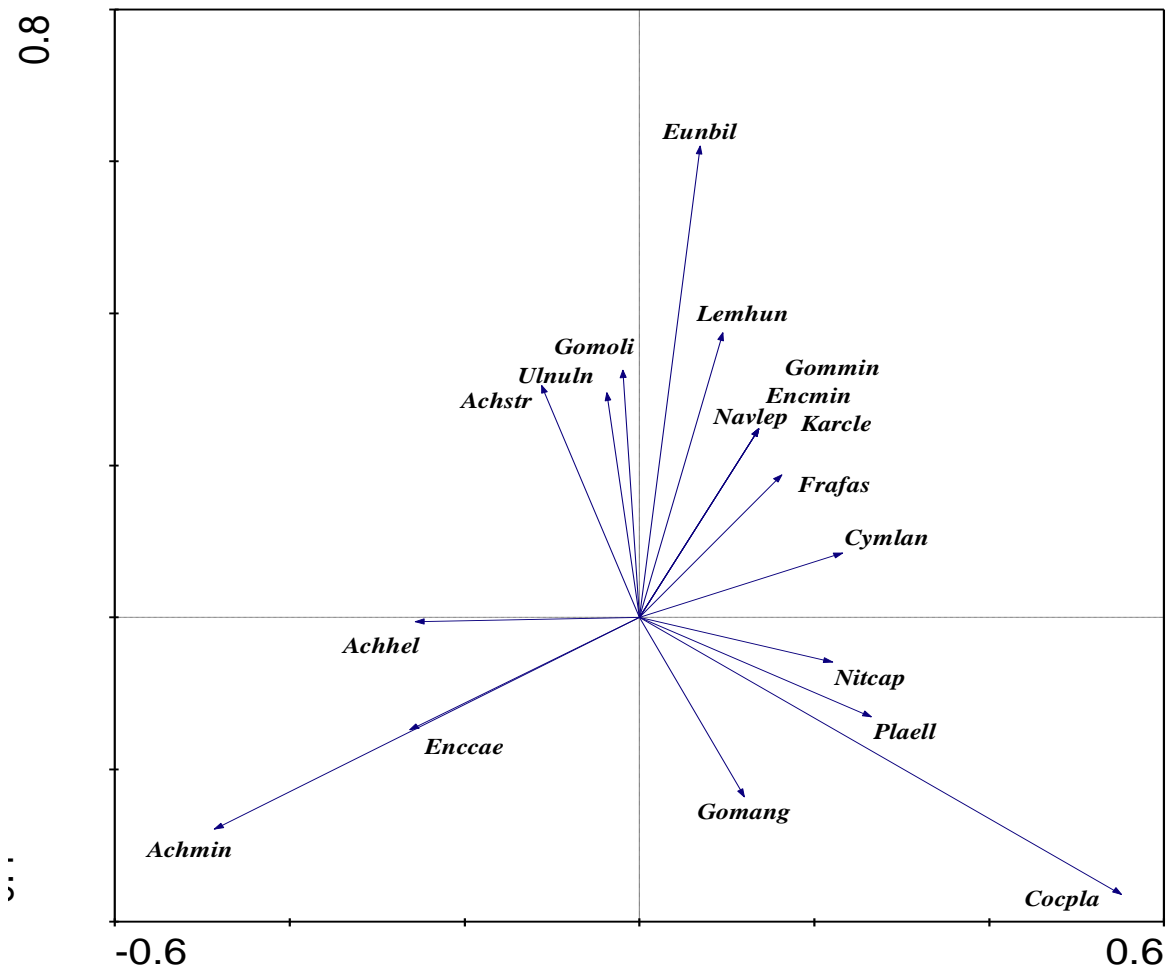
## 5.1 Statistické vyhodnocení

Výsledný diagram mnohorozměrné RDA zobrazuje rozložení lokalit podle vybraných parametrů prostředí, jako jsou typ vody (tekoucí/stojatá), zástin, síla proudu a typy rostlinných substrátů (Graf 5). Měřené parametry jako pH, teplota vody a konduktivita nebyly do analýzy zahrnuty, protože nebyly změřeny při všech odběrech ani na všech lokalitách (Příloha 8). Z grafu je patrné, že s první osou jsou spojeny charakteristiky spojené s typem vod (tj. stojatá/tekoucí). Lokality v pravé části grafu, tj. BnS1, Br1, HnS4, Ra1, R2 a Vs1 jsou lotického charakteru s výskytem substrátu typického pro tekoucí vody (hvězdoš). Lokality v levé části grafu, tj. HnS1, K1, K2, KH1, O3, Po2, Sy1, Sy2, Sy3, Sy7, Sy8 a Sy12 jsou typicky stojaté s dominantním substrátem (rákos a orobinec). Skupinu lokalit v horní polovině diagramu, zejména HnS2, K2 a V1, charakterizuje zástin a substrát okřehek. Nachází se zde stojaté vody s okřehekem.



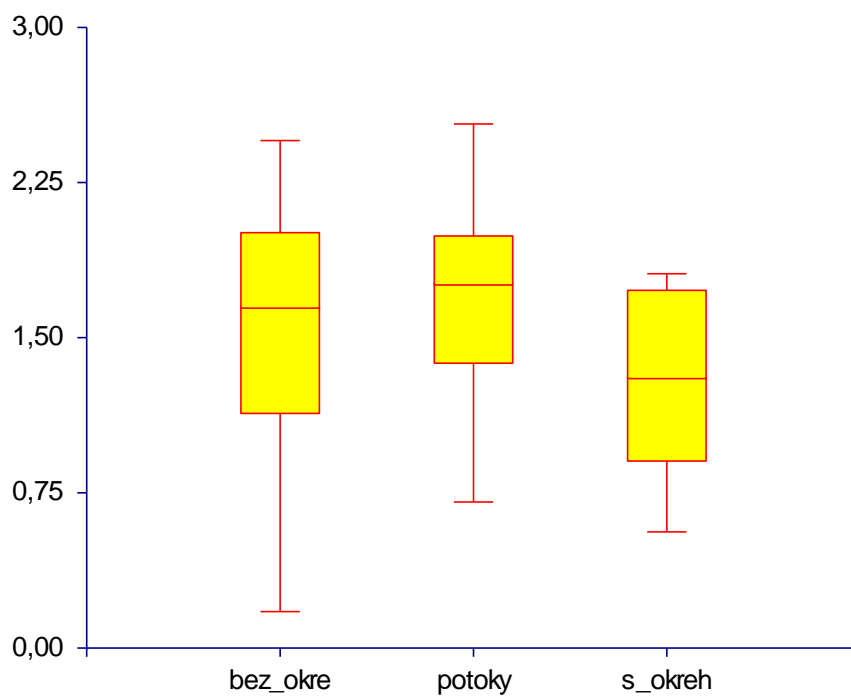
**Graf 5:** RDA: distribuce lokalit podél sledovaných faktorů

Distribuci determinovaných druhů podél gradientů sledovaných parametrů prostředí (typ substrátu, charakter lokality) ukazuje Graf 6. Zobrazeny jsou pouze druhy, které odrážejí hlavní pattern modelu. Pro stojaté vody (vlevo dole) je typický výskyt a dominance *Achnantheidium minutissimum*; pro tekoucí vody (vpravo dole) je typický *Cocconeis placentula*. Stojaté vody s okřehekem (nahore) odlišil výskyt *Lemnicola hungarica* (rozsivka s vazbou na okřehek) a *Eunotia billunaris*. Vztah distribuce druhů v závislosti na přírodních proměnných vykazuje poměrně silnou provázanost, kdy první ordinační osa vysvětluje 41,6 % této variability a druhá osa vysvětluje 67,1 % ( $F = 6,971$ ,  $P = 0,0280$ ). Za významné faktory ovlivňující distribuci druhů lze považovat zejména fyzikální parametry daných lokalit (proud a jeho síla), které zastiňují vliv rostlinných substrátů.



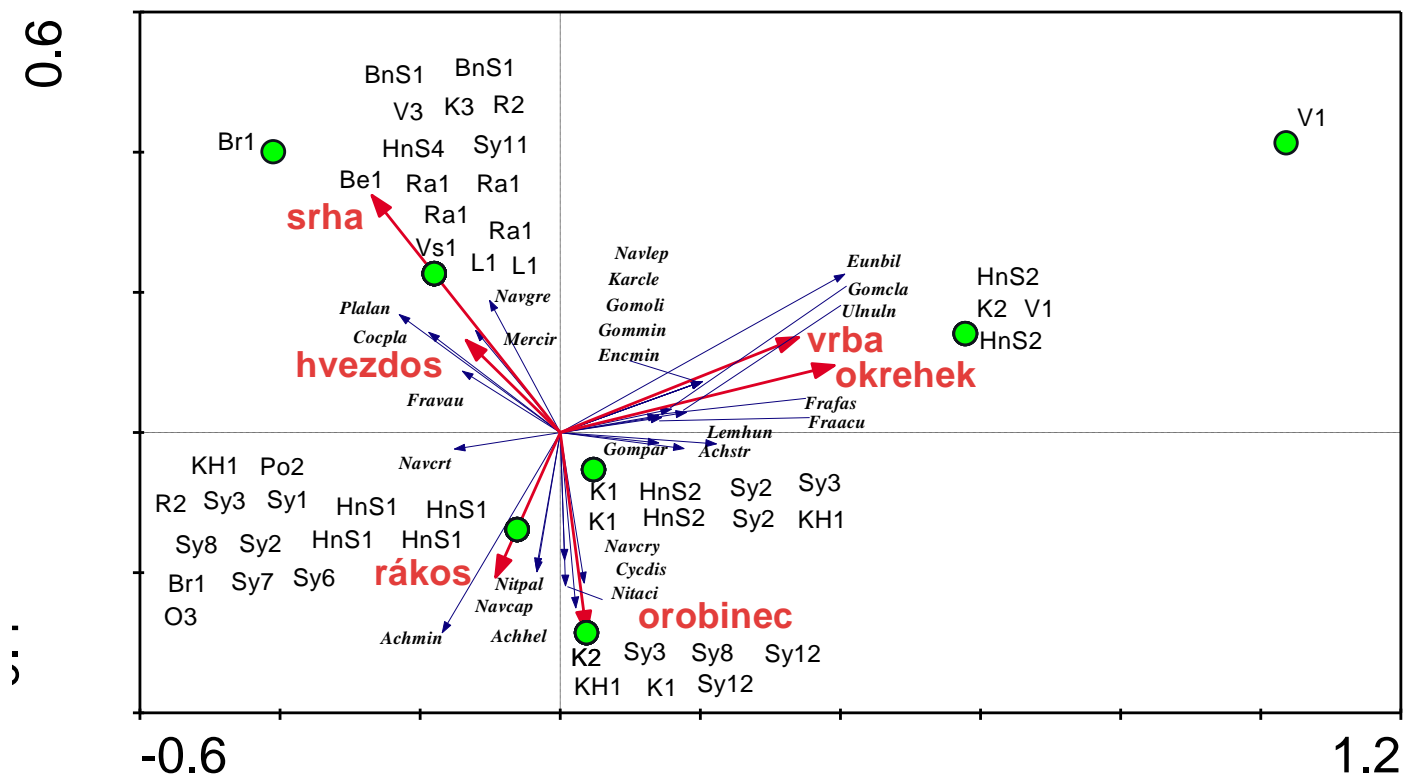
**Graf 6:** RDA: distribuce druhů podél ordinačních os

Pro sledované lokality byl vypočítán Shannonův index diverzity. Lokality byly rozděleny do tří skupin podle významných parametrů (lokality bez okřehku, lokality s okřehkem, potoky) a následně porovnány analýzou variance (Graf 7). Kompletní výstup analýzy variance je uveden v příloze (Příloha 10). Z výsledku analýzy vyplývá, že mezi stanovenými skupinami není signifikantně významný rozdíl v Shannonově indexu diverzity, tudíž vliv proudu a okřehku na diverzitu bude podle mého zjištění minimální ( $F = 0,92$ ;  $P = 0,199883$ ).



**Graf 7:** Krabičkový diagram srovnávající druhovou diverzitu mezi lokalitami rozdělenými do tří základních skupin (bez\_okre = lokality bez okřehku, s\_okreh = lokality s okřehkem, potoky = tekoucí vody)

Vliv rostlinného substrátu na druhové složení společenstev lokalit byl testován odfiltrováním ostatních parametrů prostředí a je zobrazen v Grafu 8. Z analýzy vyplývá, že substrát má signifikantní vliv na druhové složení rozsivek ( $F=2,812$ ;  $P=0,0160$ ), vztah druh-parametr postihuje 45,9 % variability podél první osy a 74,2 % variability podél druhé osy. Z testu vlivu jednotlivých parametrů na distribuci druhů rozsivek plyne, že statisticky signifikantní vliv vykazují pouze okřehek a srha, zatímco vliv vrby není jednoznačný. Pravděpodobně je její vliv provázán s dalším faktorem.



**Graf 8:** RDA: triplot diagram distribuce druhů a lokalit v závislosti na sledovaných parametrech

## 6 DISKUZE

Nárostová společenstva sladkých vod jsou v rámci limnického výzkumu spíše opomíjenou ekologickou skupinou a daleko vyšší stupeň pozornosti je věnován tématům jako společenstva fytoplanktonu a eutrofizace sladkých vod (Pouličková et al. 2008a). Nemalý podíl pozornosti zabírají také algocenózy mořských ekosystémů. Důvodem jsou mimo jiné metodologické obtíže spojené se sběrem a zpracováním vzorků perifytických řas a případnou kultivací (Round et al. 1990). Druhová diverzita i ekologický význam perifytonu však může převyšovat planktonní řasová společenstva a to zejména v relativně mělkých sladkovodních nádržích s rozsáhlými litorálními pásmy (Wetzel 1983). Jednotlivé typy ponořených substrátů skýtají charakteristické podmínky, které mohou zapříčinit nestejnost druhového složení napříč jednotlivými typy perifytických společenstev (viz 2.1 Terminologie perifytických společenstev). Epilitická i epifytická společenstva zahrnují obvykle druhy rozsivek se stejnými, nebo alespoň obdobnými životními formami, využívajících širokou plejádu různých a různě modifikovaných přichytných struktur. Kameny a rostliny poskytují z hlediska topologie substrátu poměrně rozsáhlou více či méně jednolitou stabilní plochu. Naproti tomu písek složený z jednotlivých neustále promílaných a obrušovaných zrn poskytuje zcela jiné životní podmínky a tedy i adaptace epipsamických druhů, jako například velmi zkrácené přichytné stopky a celkově daleko nižší podíl pohyblivých druhů ve společenstvu (Round et al. 1990). Rozdíl ovšem existuje i mezi epilitonem a epifytonem, přičemž míra rozdílnosti je závislá na trofii vody. Eutrofní vody mívají nižší nebo nulové rozdíly mezi epifytonem a epilitonem. Naproti tomu druhová bohatost epifytických společenstev oligotrofních vod převyšuje bohatost společenstev epilitických (Eminson & Moss 1980, dos Santos et al. 2013). Možných důvodů pro tento jev je několik, ačkoliv konkrétní studie, které by přinesly uspokojivé jednoznačné vysvětlení, nebyly zatím publikovány. Jedním z důvodů může být dodatečný příjem živin z rostlinného substrátu v oligotrofních vodách. Dalším pak nadměrná konkurence způsobená rychle expandujícími druhy přizpůsobenými k rychlé a často masové reprodukci ve vodách eutrofních. Nárůst konkurence pak může vést mimo jiné i k vytlačení specializovaných substrátově vyhraněných druhů a výsledné uniformitě složení perifytonu v rámci celé nádrže (Eminson & Moss 1980). Hypotéze o snížení diverzity vlivem konkurence nasvědčuje i masový nárůst *Achnanthydium minutissimum* v letních a podzimních měsících (viz Graf 3). V tomto období skutečně došlo k výraznému snížení diverzity rozsivkového společenstva, ačkoliv vzhledem k zaměření práce není

znám stav společenstev mimo epifyton. Nejistota panuje i v otázce substrátové specifity epifytických druhů (viz 2.2.1 Substrátová specifita). Unikátnost epifytických společenstev tkví nejen v charakteru substrátu, který na rozdíl od abiotických (kameny, písek apod.) můžeme jen stěží považovat za inertní, ale i (přinejmenším u emerzních rostlin) v možnosti vertikálního i horizontálního pohybu po substrátu a s tím spojené regulovatelnosti přísunu slunečního záření (ať už fotosynteticky aktivního, nebo škodlivého UV a jiných). To by teoreticky mohlo zapříčinit i výskyt pohyblivých druhů rozsivek se specifickými nároky na světlo. Dalším unikem může být výskyt různých typů mikrohabitátů v rámci jedné rostliny (např. stoněk, list, paždí listu apod.), což může mít rovněž pozitivní vliv na druhovou diverzitu epifytonu. Významné postavení mezi perifýtickými společenstvy má epifyton i z hlediska aplikované ekologie. V rámci stojatých vod se ukazuje jako společenstvo s největším bioindikačním potenciálem (Pouličková et al. 2004). V tekoucích vodách je za nejvhodnější bioindikátor považován epilíton (Round 1991), ačkoliv podle některých zdrojů má signifikantně nižší druhovou diverzitu než ostatní perifýtická společenstva (Passy et al. 2013). Výše zmíněné demonstruje poměrně nízký stupeň prozkoumanosti epifytonu v kontrastu k jeho unikátnosti, významu a potencionální využitelnosti.

Tato práce přináší některé více, či méně zajímavé výsledky zejména ohledně substrátové specifity epifytických rozsivek. Porovnání druhové diverzity (Graf 7) neukazuje signifikantní rozdíl mezi společenstvy stojatých a tekoucích vod, ačkoliv druhové složení se ve výše zmíněných typech vod výrazně liší (Graf 6). Jak bychom mohli očekávat, druhy přitisknuté celou plochou k substrátu (např. *Cocconeis placentula*) a také druhy menších rozměrů (např. *Achnanthydium minutissimum* a druhy rodu *Planothydium*) lépe odolávají proudu a jejich výskyt na lotických lokalitách je tedy relativně vysoký. Odlišnosti v druhovém složení jsou navíc podle analýz signifikantně ovlivněny i typem rostlinného substrátu, zejména okřehkem, srhou a vrbou. Okřehek je charakteristický vazbou s rozsivkou *Lemnicola hungarica*. Zatímco u okřehku se vliv substrátu zdá být jasný a koresponduje s výsledky studie Buczko (2007), u srhy je situace složitější. V první řadě v podstatě neexistují studie, které by zkoumali srhu jako substrát pro epifyton a porovnání výsledků s jinými autory tak není možné. Za druhé byla srha nejčastějším substrátem odebíraným na lotických lokalitách a to z důvodu charakteru většiny z těchto lokalit (drobné potoky s nedostatkem nebo úplnou absencí typicky vodních rostlin). Není proto jasné, jakou měrou se na složení společenstva (tvořeného zejména *Cocconeis*

*placentula* a *Planothidium lanceolatum*) podílel vliv substrátu a jakou tekoucí voda. Osobně přikládám větší váhu vlivu tekoucí vody, ačkoliv by bylo potřeba provést důkladnější studii s odběrem srhy v různých typech vod. Vrba svým výskytem korespondovala s okřehkem, ačkoliv epifyton ponořených částí juvenilních jedinců vrby měl podstatně odlišné druhové složení (až 78 % *Eunotia bilunaris*), než epifyton okřehku (až 62 % *Lemnicola hungarica*). Je také možné, že výskyt vrby zapříčiňuje stejně jako výskyt okřehku vyšší zástin epifytonu (ačkoliv u vrby jsou původcem zástinu spíše vzrostlé stromy, u okřehku splývavé listy). Vrba byla odebírána spíše sporadicky, a proto není možné objektivně posoudit její vliv na epifyton. Navíc studie jakkoliv se zabývající epifytonem vrb nebyly dosud publikovány a porovnání s literaturou tak opět není možné. Výsledky práce ve sporu ohledně substrátové specifity potvrzují spíše hypotézy o významném vlivu substrátu na složení epifytického společenstva. Správnost tvrzení, že druhově nejbohatší společenstva jsou přítomna na orobincích a rákosech (Roos 1983), nelze na základě výsledků potvrdit ani vyvrátit. Celkově byla sice na rákosech a orobincích pozorována nejvyšší druhová diverzita, ale lokality s dominantním výskytem těchto substrátů (např. HnS1, HnS2, K1, K2, Sy2, Sy3 a další) byly vlivem náhody vzorkovány nejčastěji a nelze tak odlišit vliv vyššího počtu vzorků od vlivu substrátu (viz Graf 1). Dominantní rody (jako například *Cocconeis*, *Cymbella*, *Gomphonema*, *Fragilaria*, *Nitzschia* nebo *Achnanthes sensu lato* z něhož jsou dnes vyčleněny *Achnantheidium*, *Planothidium* aj.) pozorované v epifytonu se shodují s dominantními rozsivkovými rody sladkovodních ekosystémů mírného pásma uvedených v odborné literatuře (Stevenson et al. 1996). Většina zjištěných dominantních druhů (jako *Achnantheidium minutissimum*, *Cocconeis placentula* a *Gomphonema parvulum*) jsou navíc velmi pravděpodobně druhovými komplexy. Pokud je tato hypotéza kryptické diverzity pravdivá, pak dominantní zastoupení těchto druhů v epifytických společenstvech studovaných lokalit poukazuje na důležitost identifikace jednotlivých druhů v rámci těchto komplexů a zejména jejich konkrétních ekologických nároků. Odlišné ekologické nároky by mohly ukázat významný potenciál kryptických druhů pro biomonitoring sladkých vod. To se ostatně ukázalo i v případě tří druhů rozsivek rodu *Sellaphora* (Pouličková et al. 2008b). V rámci těchto druhových komplexů byla identifikována řada geneticky odlišných a reprodukčně izolovaných druhů, z nichž jedna skupina indikuje oligotrofní a druhá spíše eutrofní vody. Podobná situace nastala při studiu komplexu *Achnantheidium minutissimum* (Potapova

& Hamilton 2007), z něhož bylo na základě morfometrie vyčleněno šest skupin se signifikantně odlišnými ekologickými nároky.

Z pozorovaných druhů se pro další studium kryptické diverzity hodí zejména *Achnanthydium minutissimum*, *Cocconeis placentula* a *Gomphonema parvulum*. Vhodnými jsou také *Eunotia bilunaris*, *Nitzschia palea* a *Ulnaria ulna* (dříve *Fragilaria ulna*). Druh *Achnanthydium minutissimum* byl pozorován zejména ve stojatých vodách, ale vyskytl se i ve vodách tekoucích. Masový výskyt (konkrétně mezi 80 a 97 % rozsvivkového společenstva) byl zaznamenán v červenci a září 2013 na lokalitách Sy1, K1, KH1 a Po2. V těchto měsících byl druh také dominantní na lokalitě Sy12 (kolem 55 %). Nejčastěji byl na rákosu a orobinci. V rámci tekoucích vod dosahovalo relativní zastoupení ve společenstvu ve výjimečných případech až 42 % a to na srze. Literatura druh popisuje jako široce rozšířený a euryvalentní vzhledem k různým parametrům prostředí (Potapova & Hamilton 2007, Wojtal et al. 2011), což tato práce potvrzuje. Indikační systém Van Dam et al. (1994) uvádí pět variet, které pravděpodobně reprezentují reprodukčně izolované entity a jsou dnes chápány na úrovni samostatných druhů. To na základě skenovací elektronové mikroskopie (SEM) potvrzuje i Potapova & Hamilton (2007). Další dvě nové entity uvnitř komplexu identifikovala pomocí SEM Wojtal et al. (2011). Přesto ještě nikdo nestudoval genetickou variabilitu tohoto komplexu.

*Cocconeis placentula* je spíše rheofilní druh, ale vyskytl se i ve stojatých vodách, jimiž toky prochází. V největším množství se objevil na lokalitě Ra1, kde byl přítomen ve všech vzorcích (tj. celkem čtyřech) v zastoupení od 30 do 100 %. Masový podíl kolem 75 % zaujímal i na lokalitě R2. Nejčastějším substrátem pro něj byla srha. Co se přítomnosti skryté diverzity týče, byla zjištěna existence populací *Cocconeis placentula* (v oblasti Lunz am See, Rakousko), které mají výrazně odlišné způsoby rozmnožování (Geitler 1973). Toto napovídá o kryptické diverzité uvnitř tohoto druhu, ačkoliv genetická variabilita nebyla zatím studována.

*Eunotia bilunaris* se vykytla spíše ojediněle, a to na lokalitách V1 a BnS1. Na lokalitě V1 se ovšem v polovině července vyskytla ve velkém množství (v závislosti na substrátu 30 až 78 %). Masový výskyt ve výši 78 % společenstva byl zaznamenán na ponořeném stonku juvenilních vrb. Přítomnost kryptické diverzity je téměř jistá a potvrzují ji i molekulární studie na tomto potencionálním druhovém komplexu provedené (Vanormelingen et al. 2007, 2008). Bylo zjištěno, že mezi skotskými a australskými



*E. bilunaris* je 16 až 23% genetická odlišnost v ITS sekvenci, což je zhruba třikrát více než mezi jinými dvěma taxonomicky autonomními klastry.

*Lemnicola hungarica* projevuje podle četných pozorování významnou vazbu na okřehek menší (*Lemna minor*). To se shoduje s výsledky studie Buczko (2007), která porovnává rozsivková společenstva pěti okřehekovitých rostlin, z nichž pouze jedna (*Lemna triscula*) nebyla osídlena dominantní *L. hungarica*, ale *C. placentula*. Byla pozorována na všech lokalitách s výskytem okřešku, tj. na HnS1, HnS2, K1, K2 a V1, a alespoň v rámci okřešku často s dominantním podílem ve společenstvu (až 62 %). Ačkoliv se *L. hungarica* výjimečně vyskytla i na rákosu a orobinci, vždy to bylo na lokalitách, kde byly tyto rostliny doprovázeny i okřeškem menším. Důvod vazby na okřehek není zcela znám, ale vzhledem ke specifickým podmínkám poskytovaných okřeškem (tj. ve vodě ponořená pouze spodní, tedy zastíněná strana listu) by jednou z možností mohly být sciofytní preference *L. hungarica*, nebo alespoň vyšší tolerance k zástínu oproti ostatním druhům rozsivek.

Významným a kryptickou diverzitou potenciálně postiženým rodem je také *Fragilaria sensu lato*. Z tohoto okruhu byly na lokalitách zjištěny druhy *F. acus*, *F. capucina*, *F. crotensis*, *F. fasciculata*, *F. pulchella* (dnes *Ctenophora pulchella*) a *F. ulna* (dnes *Ulnaria ulna*). Nejvyššího zastoupení z výše zmíněných dosáhal ve stojatých vodách druh *F. ulna* (až 30 %), ze kterého se v průběhu práce podařilo izolovat tři kmeny a vytvořit unialgální kultury. Druh *Fragilaria ulna* vykazuje poměrně velkou morfologickou i ekologickou variabilitu a podle dostupných informací nebyl dosud podroben testování genetické variability. Podrobné studium struktur v elektronovém mikroskopu (SEM) však vedlo k popisu nových druhů rodu *Ulnaria* z jezera Titicaca (Morales et al. 2014). Je proto dalším potencionálně vhodným druhem pro studium kryptické diverzity.

## ZÁVĚR

V této práci byla srovnávána společenstva epifytických rozsivek různých makrofytických substrátů na 26 lentických a lotických lokalitách okresu Svitavy. Vzorky byly odebírány během čtyř ročních období, a to v průběhu let 2012 a 2013. Celkem z 52 vzorků byly vytvořeny trvalé preparáty, které byly podrobeny determinaci a semikvantitativnímu vyhodnocení. Výsledky tohoto vyhodnocení byly spolu s vybranými parametry prostředí využity pro vícerozměrnou statistickou analýzu. Dále byla zpracována literární rešerše a podařilo se izolovat několik kmenů druhu *Ulnaria ulna* (dříve *Fragilaria ulna*).

1. Celkem bylo determinováno 55 taxonů rozsivek. Rozdíly v druhové diverzitě stojatých a tekoucích vod nebyly signifikantní. Druhové složení studovaných rozsivkových společenstev se však v obou typech vod odlišovalo a je signifikantně ovlivněno typem substrátu.
2. Tekoucí vody studovaných lokalit charakterizuje zejména vyšší relativní zastoupení druhů *Cocconeis placentula* a *Planothidium lanceolatum*. Druhy stojatých vod byly obvykle v menší míře zastoupeny i ve vodách tekoucích a to patrně vlivem častého propojení rybníčních soustav.
3. Řada druhů se projevila jako euryvalentní k různým parametrům prostředí. Navíc tyto druhy často tvoří dominantní složku společenstva. Jde zejména o druhy, u nichž lze předpokládat kryptickou diverzitu: *Achnanthydium minutissimum*, *Cocconeis placentula*, *Gomphonema parvulum*, *Planothidium lanceolatum* a *Nitzschia palea*. Přestože o některých jsou již publikovány studie o morfologické, ekologické nebo reprodukční variabilitě, stále chybí molekulární analýzy, které by jednoznačně potvrdily, nebo vyvrátily genetickou variabilitu uvnitř těchto komplexů a případnou existenci kryptických druhů. Výše zmíněné druhy by tedy byly vhodné pro další studium kryptické diverzity a to ideálně aplikací komplexního přístupu kombinujícího morfologické, ekologické, reprodukční a molekulární znaky.
4. Pro další studium jsem si vybral druhový komplex *Fragilaria sensu lato*.
5. Moje bakalářská práce byla pilotní studií a otevřela nové otázky pro budoucí výzkum. Kromě studia kryptické diverzity v rámci druhových komplexů je stále zajímavá např. otázka substrátové specifity. S tím může souviset i vyřešení

metodických problémů s kultivací epifytických druhů, na které se zaměřím v diplomové práci.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

Adl S. M., Simpson A. G. B., Lane C. E., Lukeš J., Bass D., Bowser S. S., Brown M. W., Burki F., Dunthorn M., Hampl V., Heiss A., Hoppenrath M., Lara E., le Gali L., Lynn D. H., McManus H., Mitchell E. A. D., Mozley-Stanridge S. E., Parfrey L. W., Pawlowski J., Rueckert S., Shadwick L., Schoch C. L., Smirnov A. & Spiegel F. W. (2012): The Revised Classification of Eukaryotes. – *The Journal of Eukaryotic Microbiology* 59(5): 429-493.

Alverson A. J. & Theriot E. C. (2005): Comments on recent progress toward reconstructing the diatom phylogeny. – *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 5: 57-62.

Azim M. E., Verdegem M. C. J., van Dam A. A. & Beveridge M. C. M. (2005): *Periphyton ecology, exploitation and management*. – CABI Publishing, Wallingford, 319 pp.

Beakes G. W., Canter H. M. & Jaworski G. H. M. (1922): Comparative Ultrastructural Ontogeny of Zoosporangia of *Zygorhizidium affluens* and *Z. planktonicum*, Chytrid Parasites of Diatom *Asterionella formosa*. – *Mycological research* 96: 1047-1059.

Bhattacharya D. & Medlin L. (1995): The Phylogeny of Plastids: A Review Based on Comparisons of Small-Subunit Ribosomal RNA Coding Regions. – *Journal of Phycology* 31: 489-498.

Brandt L. A. & Koch E. W. (2003): Periphyton as a UV-B filter on seagrass leaves: a reset of different transmittance in the UV-B and PAR ranges. – *Aquatic Botany* 76: 317-327.

Buczko, K (2007): The ochrance of the epiphytic diatom *Lemnicola hungarica* on different European Lemnaceae species. – *Fottea* 7: 77-84.

Cattaneo A., Galanti G., Gentinetta S. & Romo S. (1998): Epiphytic algae and macroinvertebrates on submerged and floating-leaved macrophytes in an Italian lake. – *Freshwater Biology* 39: 725-740.

Cavalier-Smith T. & Chao E. E. (2006): Phylogeny and Megasytematics of Phagotrophic Heterokonts (Kingdom Chromista). – *Journal of Molecular Evolution* 62: 388–420.

Coleman A. W. (1985): Diversity of Plastid DNA Configuration among Classes of Eukaryote Algae. – *Journal of Phycology* 21: 1-16.

dos Santos T. R., Ferragut C. & de Mattos Bicudo C. E. (2013): Does macrophyte architecture influence periphyton? Relationships among *Utricularia foliosa*, periphyton assemblage structure and its nutrient (C, N, P) status. – *Hydrobiologia* 714: 71-83.

Edgar L. A. & Pickett-Heaps J. D. (1983): The Mechanism of Diatom Locomotion. 1. An Ultrastructural-Study of the Motility Apparatus. – *Proceedings of the Royal Society of London. Series B-Biological Sciences* 218: 331-343.

Edlund M. B. & Stoermer E. F. (1991): Sexual Reproduction in *Stephanodiscus niagarae* (Bacillariophyta). – *Journal of Phycology* 27: 780-793.

Eminson D. & Moss B. (1980): The composition and ecology of periphyton communities in freshwaters. 1 The influence of host type and external environment on community composition. – *British Phycological Journal* 15: 429-446.

Evans K. M., Wortley A. H. & Mann D. G. (2007): An Assessment of Potential Diatom “Barcode” Genes (cox1, rbcL, 18S and ITS rDNA) and their Effectiveness in Determining Relationships in Sellaphora (Bacillariophyta). – *Protist* 158: 349-364.

Fritz L., Quilliam M. A., Wright J. L. C., Beale A. M. & Work T. M. (1992): An outbreak of domoic acid poisoning attributed to the pennate diatom *Pseudonitzschia australis*. – Journal of Phycology 28: 439-442.

Gallagher J. C. (1980): Population Genetics of *Skeletoma costatum* (Bacillariophyceae) in Narragansett Bay. – Journal of Phycology 16: 464-474.

Geitler L. (1932): Der Fortmwechsel der pennaten Diatomeen (Kieselalgen). – Arch. Protistenk 78: 1-226.

Geitler L. (1973): Auxosporenbildung und Systematik bei pennaten Diatomeen und die Cytologie von *Cocconeis*-Sippen. – Österreichische Botanische Zeitschrift 122: 299-321.

Haupt W. (1983): Movement of chloroplasts under the control of light. – Progress in Phycological Research 2: 227-281.

Hindák F., Cyrus Z., Marvan P., Javornický P., Komárek J., Ettl H., Rosa K., Sládečková A., Popovský J., Punčochářová M. & Lhotský O. (1978): Sladkovodné riasy. – SPN, Bratislava, 728 pp.

Hintze R. (2000): Functional Pearl. Perfect trees and bit-reversal permutations. – Journal of Functional Programming 20: 463-535.

Hootsmans M. J. M. & Vermaat J. E. (1985): The effect of periphyton grazing by three epifaunal species on the growth of *Zostera marina* L. under experimental conditions. – Aquatic Botany 22: 83-88.

Kalina T. & Váňa J. (2005): Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii. – Karolinum, Praha, 606 pp.

Krammer K. & Lange-Bertalot H. (1986): Bacillariophyceae: 1. Teil: Naviculaceae. In: Susswasserflora von Mitteleuropa (Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D., eds.). – Gustav Fisher Verlag, Jena, 876 pp.

Krammer K. & Lange-Bertalot H. (1988): Bacillariophyceae: 2. Teil: Epithemiaceae, Surirellaceae. In: Susswasserflora von Mitteleuropa (Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D., eds.). – Gustav Fisher Verlag, Jena, 876 pp.

Krammer K. & Lange-Bertalot H. (1991): Bacillariophyceae: 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Susswasserflora von Mitteleuropa (Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D., eds.). – Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, 576 pp.

Krammer K. & Lange-Bertalot H. (2004): Bacillariophyceae: 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae), *Gomphonema* Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1-4. In: Susswasserflora von Mitteleuropa (Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D., eds.). – Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, 468 pp.

Krammer K. (2000): Diatoms of Europe (Lange-Bertalot H., ed.) Volume 1: The Genus *Pinnularia*. – A. R. G. Gantner Verlag K. G., Ruggel, 703 pp.

Krammer K. (2002): Diatoms of Europe (Lange-Bertalot H., ed.) Volume 3: *Cymbella*. – A. R. G. Gantner Verlag K. G., Ruggel, 584 pp.

Krammer K. (2003): Diatoms of Europe (Lange-Bertalot H., ed.) Volume 4: *Cymbopleura*, *Delicata*, *Navicymbula*, *Gomphocymbellopsis*, *Afrocybella* Supplements to cymbelloid taxa. – A. R. G. Gantner Verlag K. G., Ruggel, 530 pp.

Lange-Bertalot H. (2001): Diatoms of Europe (Lange-Bertalot H., ed.) Volume 2: *Navicula sensu stricto*, 10 Genera Separated from *Navicula sensu stricto*, *Frustulia*. – A. R. G. Gantner Verlag K. G., Ruggel, 526 pp.

Lange-Bertalot H., Bak M., Witkowski A. & Tagliaventi N. (2011): Diatoms of Europe (Lange-Bertalot H., ed.) Volume 6: *Eunotia* and some related genera. – A. R. G. Gantner Verlag K. G., Ruggel, 747 pp.

Lee J. J., McEnery M., Rottger R. & Reimer C. (1979): Isolation, culture, and identification of endosymbiotic diatoms from *Heterostegina depressa* and *Amphistegina lessonii* (larger Foraminifera) from an Hawaiian tide pool. – Journal of Phycology 15: 18.

Lellák J. & Kubíček F. (1991): Hydrobiologie. – Karolinum, Praha, 257 pp.

Levkov Z. (2009): Diatoms of Europe (Lange-Bertalot H., ed.) Volume 5: *Amphora sensu lato*. – A. R. G. Gantner Verlag K. G., Ruggel, 916 pp.

Lind J. L., Heimann K., Miller E. A., van Vliet C., Hoogenraad N. J. & Wetherbee R. (1977): Substratum adhesion and gliding in a diatom are mediated by extracellular proteoglycans. – Planta 203: 213-221.

MacDonald J. D. (1869): On the structure of the diatomaceous frustule, and its genetic cycle. – Annals and Magazine of Natural History Series 4(3): 1-8.

Mann D. G. & Droop S. J. M. (1996): Biodiversity, biogeography and conservation of diatoms. – Hydrobiologia 336: 19-132.

Mann D. G. & Marchant H. J. (1989): The Origins of the Diatom and Its Life-Cycle. - Systematics Association Special Volumes 38: 307-323.



Mann D. G. & Stickle A. J. (1991): The Genus *Craticula*. – Diatom Research 6: 79-107.

Mann D. G. (1994): Auxospore formation, reproductive plasticity and cell structure in *Navicula ulvacea* and resurrection of the genus *Dickieia* (Bacillariophyta). – European Journal of Phycology 29: 141-157.

Mann D. G. (1996): Chloroplast morphology, movements and inheritance in diatoms. In Cytology, Genetics and Molecular Biology of Algae (Chaudhary B. R. & Asgrawal S. B., eds.). – SPB Academic Publishing, Amsterdam, 439 pp.

Medlin L. K., Kooistra W. H. C. F., Gersonde R. & Wellbrock U. (1996): Evolution of the Diatoms (Bacillariophyta). II. Nuclear-Encoded Small-Subunit rRNA Sequence Comparisons Confirm a Paraphyletic Origin for the Centric Diatoms. – Molecular Biology and Evolution 13(1): 67-75.

Medlin L. K., Williams D. M. & Sims P. A. (1993): The evolution of the diatoms (Bacillariophyta). I. Origin of the group and assessment of the monophyly. – European Journal of Phycology 28: 261-275.

Mikkelsen N. (1979): Diatoms in equatorial deep-sea sediments: sedimentation and dissolution over the last 20,000 years. – Nova Hedwigia Beihefte 64: 489.

Morales E. A., Rivera S. F., Wetzel C. E., Novais M. H., Hamilton P. B., Hoffmann L. & Ector L. (2014): New epiphytic aramid diatoms in the genus *Ulnaria* (Bacillariophyta) from Lake Titicaca. – Diatom Research 29: 41-54.

Owens T. G. (1986): Light-Harvesting Function in the Diatom *Phaeodactylum tricotnutum*. II. Distribution of Excitation Energy between the Photosystems. – Plant Physiology 80: 739-746.

Passy S. I., Pan Y. & Lowe R. L. (2013): Ecology of the Major Periphytic Diatom Communities from the Města River, Bulgaria. – International Review of Hydrobiology 84: 129-174.

Pfitzer E. (1869): Über den Bau und die Zellteilung der Diatomeen. – Botanische Zeitung 27: 774-776.

Picket-Heaps J. (1991): Cell-division in Diatoms. – International Review of Cytology: A Survey of Cell Biology 128: 63-108.

Potapova M. & Hamilton P. B. (2007): Morphological and ecological variation within the *Achnantheidium minutissimum* (Bacillariophyceae) species komplex. – Journal of Phycology 43: 561-575.

Pouličková A. & Hašler P. (2007): Aerophytic diatoms from caves in central Moravia (Czech Republic). – Preslia 79: 185-204.

Pouličková A. & Mann D. G. (2008): Autogamous auxosporulation in *Pinnularia nodosa* (Bacillariophyceae). – Journal of Phycology 44: 350-363.

Pouličková A. (1993): Ecological study of seasonal maxima of centric diates. - Archiv für Hydrobiologie, Supplement, Algological Studies 68: 85-106.

Pouličková A. (2011): Základy ekologie sinic a řas. – Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 91 pp.

Pouličková A., Duchoslav M. a Dokulil M. (2004): Littoral diatom assemblages as bioindicators of lake trophic status: A case study from perialpine lakes in Austria. – *European Journal of Phycology* 39: 143-152.

Pouličková A., Hašler P., Lysáková M. & Spears B. (2008a): The ecology of freshwater epipelagic algae: an update. – *Phycologia* 47(5): 437-450.

Pouličková A., Pechar L. & Kümmel M. (1998): Influence of sediment removal on fishpond phytoplankton. – *Archiv für Hydrobiologie, Supplement, Algological Studies* 89: 107-120.

Pouličková A., Špačková J., Kelly M. G., Duchoslav M. & Mann D. G. (2008b): Ecological variation within *Sellaphora* species complex (Bacillariophyceae): specialists or generalists? – *Hydrobiologia* 614: 373-386.

Reynolds C. S. (1984): *The Ecology of Freshwater Phytoplankton*. – Cambridge University Press, Cambridge, 384 pp.

Roos P. J. (1983): Dynamics of periphytic communities. In *Periphyton of Freshwater Ecosystems* (Wetzel R. G., ed.). - Dr W. Junk Publishers, Lancaster, 339 pp.

Round F. E. & Crawford R. M. (1981): The Lines of Evolution of the Bacillariophyta. 1. Origin. - *Proceedings of the Royal Society of London. Series B-Biological Sciences* 211: 237-260.

Round F. E. (1981): Some Aspects of the Origin of Diatoms and Their Subsequent Evolution. – *Biosystems* 14: 483-486.

Round F. E. (1991): Diatoms in river water-monitoring studies. – *Journal of Applied Phycology* 3: 129-145.

Round F. E., Crawford R. M. & Mann D. G. (1990): *The diatoms. Biology and morphology of the genera.* - Cambridge University Press, Cambridge, 747 pp.

Sabbe K., Chepurnov V. A., Vyverman W. & Mann D. G. (2004): Apomixis in *Achnanthes* (Bacillariophyceae); development of a model systém for diatom reproductive biology. – *European Journal of Phycology* 39: 327-341.

Simonsen R. (1979): The diatom system: ideas on phylogeny. - *Bacillaria* 2: 9-71.

Stenger-Kovács C., Buczkó K., Hajnal É. & Padišák J. (2007): Epiphytic, littoral diatoms as bioindicators of shallow lake trophic status: Trophic Diatom Index for Lakes (TDIL) developer in Hungary. – *Hydrobiologia* 589: 141-154.

Stevenson R. J., Bothwell M. L. & Lowe R. L. (1996): *Algal Ecology. Freshwater Benthic Ecosystems.* – Academic Press, New York, 752 pp.

Ter Braak C. J. F. & Šmilauer P. (2002): *CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5).* – Microcomputer Power, New York, 500 pp.

Tesolín G. & Tell G. (1996): The epiphytic algae on floating macrophytes of a Paraná river floodplain lake. – *Hydrobiologia* 333: 111-120.

Theriot E. C., Cannone J. J., Gutell R. R. & Alverson A. J. (2009): The limits of nuclear-encoded SSU rDNA for resolving the diatom phylogeny. – *European Journal of Phycology* 44(3): 277-290.

Theriot E. C., Fritz S. C., Whitlock C. & Conley D. J. (2006): Late Quaternary rapid morphological evolution of an endemic diatom in Yellowstone Lake, Wyoming. – *Paleobiology* 32(1): 38-54.

Toporowska M., Pawlik-Skowrońska B. & Wojtal A. Z. (2008): Epiphytic algae on *Stratiotes aloides* L., *Potamogeton lucens* L., *Ceratophyllum demersum* L. and *Chara* spp. In a macrophyte-dominated lake. – *International Journal of Oceanography and Hydrobiology* 37: 51-63.

Van Dam H., Mertens A. & Sinkeldam J. (1994): A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. – *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28(1): 117-133.

van Donk E., Mur L. R. & Ringelberg J. (1989): A study of phosphate limitation in lake Maarsseveen. Phosphate. Uptake kinetics versus bioassays. – *Hydrobiologia* 188: 201-209.

Vanormelingen P., Chepurnov V. A., Mann D. G., Cousin S. & Vyverman W. (2007): Congruence of morphological, reproductive and ITS rDNA sequence data in some Australasian *Eunotia bilunaris* (Bacillariophyta). – *European Journal of Phycology* 42(1): 61-79.

Vanormelingen P., Chepurnov V. A., Mann D. G., Sabbe K. & Vyverman W. (2008): Genetic Divergence and Reproductive Barriers among Morphologically Heterogeneous Sympatric Clones of *Eunotia bilunaris* Sensu Lato (Bacillariophyta). – *Protist* 159: 73-90.

von Stosch H. A. (1950): Oogamy in a Centric Diatom. – *Nature* 165: 531-532.

Werner D. (1971): The life cycle with sexual phase in marine diatom *Coscinodiscus asteromphalus*. 3. Differentiation and spermatogenesis. – Archiv für Mikrobiologie 80(2): 134-146.

Werner D. (1977): The Biology of Diatoms. – University of California Press, Berkeley, 498 pp.

Wetzel R. G. & Westlake D. F. (1969): Periphyton. In: A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments (Vollenweider R. A., Talling J. F. & Westlake D. F., eds.). – Blackwell, Oxford, 213 pp.

Wetzel R. G. (1983): Periphyton of Freshwater Ecosystems. – Dr W. Junk Publishers, Lancaster, 339 pp.

Whatley J. M. & Whatley F. R. (1981): Chloroplast evolution. – New Phytologist 87: 233-247.

Wojtal A. Z., Ector L., de Vijver B. V., Morales E. A., Blanco S., Piatek J. & Smieja A. (2011): The *Achnantheidium minutissimum* komplex (Bacillariophyceae) in southern Poland. – Algalogical Studies 136/137: 211-238.

## INTERNETOVÉ ZDROJE

AlgaeBase 2014. [Online]. © 2014. Galway: [cit. 25. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.algaebase.org/>

Česká geologická služba. [Online]. © 2014. Praha: [cit. 25. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/>

Český statistický úřad. [Online]. © 2014. Praha: [cit. 25. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.czso.cz/>

Český úřad zeměměřičský a katastrální. [Online]. © 2014. Praha: [cit. 25. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.cuzk.cz/>

Geoportál ČÚZK 2014. [Online]. © 2014. Praha: [cit. 25. 3. 2014]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>

Informační portál města Svitavy. [Online]. © 2014. Svitavy: [cit. 25. 3. 2014]. Dostupné z: [www.svitavy.cz](http://www.svitavy.cz)

Mapy 2014. [Online]. © 2014. Okolí Svitav: [cit. 25. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.mapy.cz/>

Městské muzeum ve Svitavách 2014. [Online]. © 2014. Svitavy: [cit. 25. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.muzeum.svitavy.cz/>

Národní registr pramenů a studánek 2014. [Online]. © 2014. Praha: [cit. 25. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.estudanky.eu/>

Rybáři Svitavy. [Online]. © 2014. Svitavy: [cit. 25. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.rybar-sy.estranky.cz/>

## SEZNAM PŘÍLOH

**Příloha 1:** Mapa okresu Svitavy s označením obcí, v nichž byly odebrány vzorky

**Příloha 2:** Mapa svitavských lokalit

**Příloha 3:** Mapa lokalit v Bělé, Brněnci, Březové, Lavičném, Rohozné a Vítějevsi

**Příloha 4:** Mapa lokalit v Hradci, Kamenné horce, Pohledech, Radiměři a Vendolí

**Příloha 5:** Detailní mapa lokalit v Hradci nad Svitavou

**Příloha 6:** Mapa lokalit v Koclířově a Opatově

**Příloha 7:** Souhrn údajů o lokalitách

**Příloha 8:** Naměřené hodnoty pH, teploty a konduktivity vody lokalit

**Příloha 9:** Seznam pozorovaných druhů a jejich zkratk

**Příloha 10:** Výstup analýzy variance tří typů lokalit

**Příloha 11:** Další výstupy statistických testů ke Grafu 8

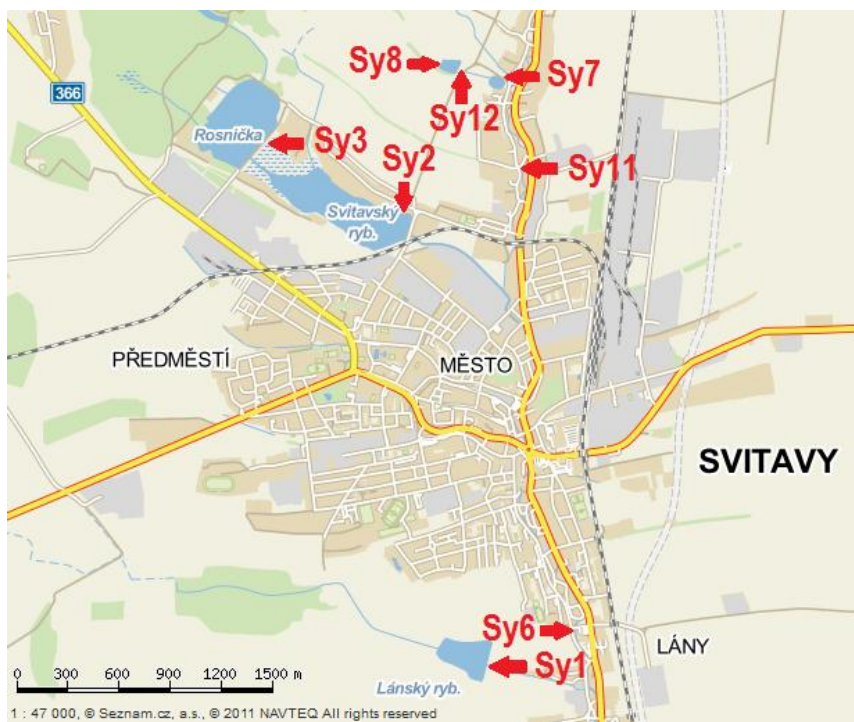


**Příloha 1:** Mapa okresu Svitavy s označením obcí, v nichž byly odebrány vzorky



Zdroj: web Českého statistického úřadu (<http://www.czso.cz>) (upraveno)

**Příloha 2:** Mapa svitavských lokalit



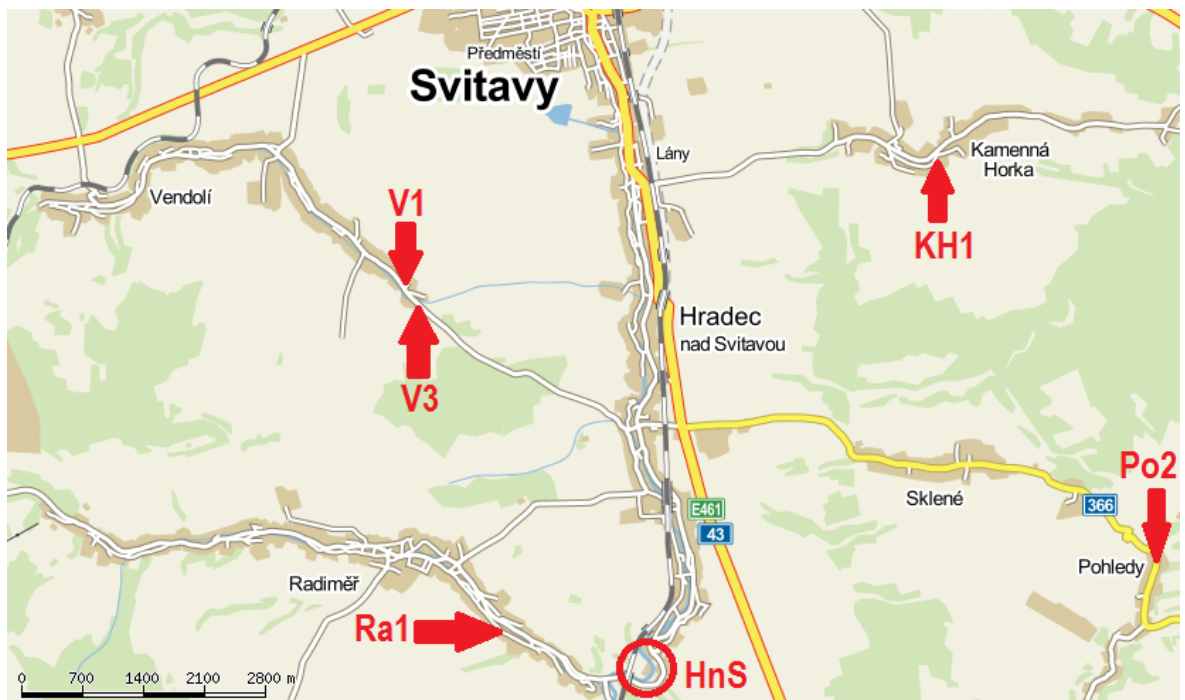
Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz) (upraveno)

**Příloha 3:** Mapa lokalit v Bělé, Brněnci, Březové, Lavičném, Rohozné a Vítějvsi



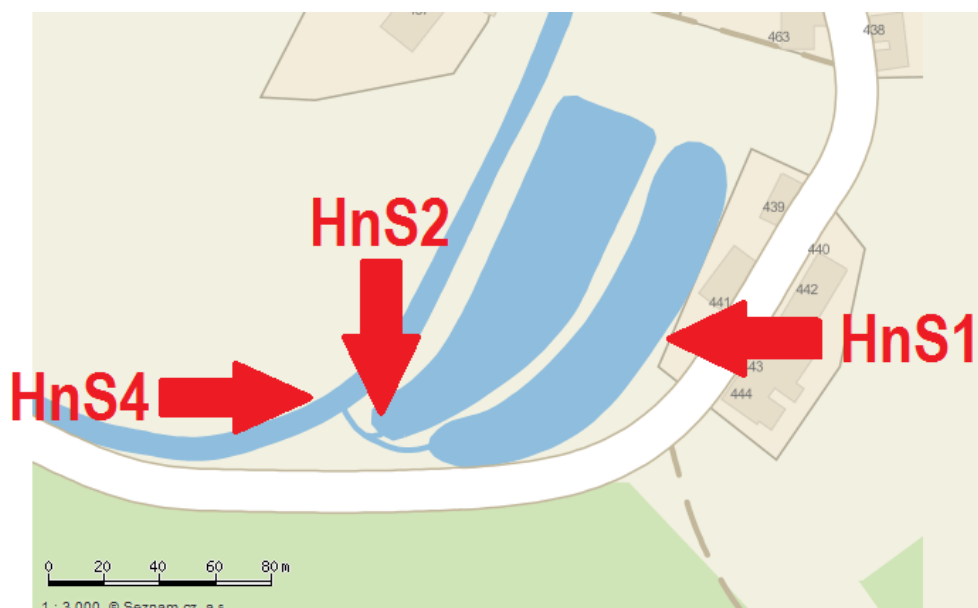
Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz) (upraveno)

**Příloha 4:** Mapa lokalit v Hradci, Kamenné horce, Pohledech, Radiměři a Vendolí



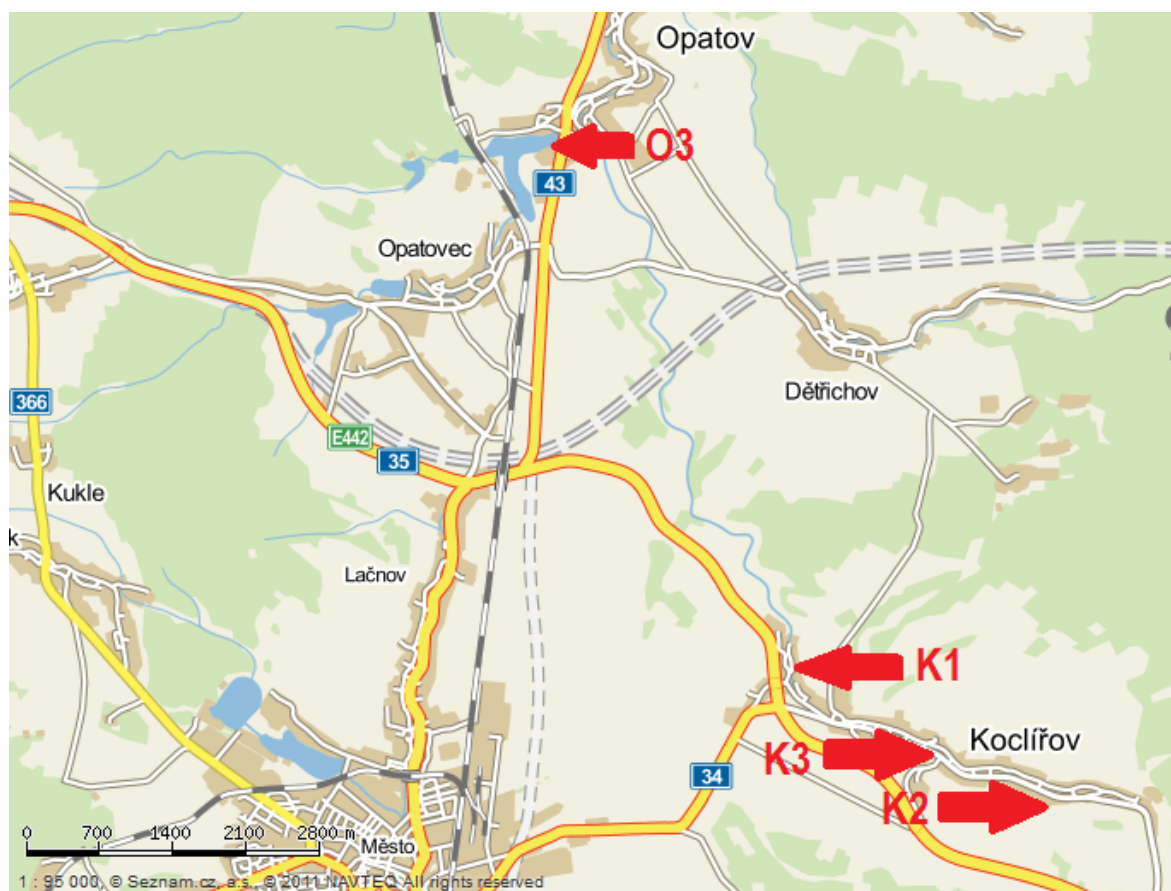
Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz) (upraveno)

**Příloha 5:** Detailní mapa lokalit v Hradci nad Svitavou



Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz) (upraveno)

**Příloha 6:** Mapa lokalit v Koclířově a Opatově



Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz) (upraveno)

**Příloha 7: Souhrn údajů o lokalitách**

Lokalita	Rozloha [m2]	Objem [m3]	Kóta [m.n.m.]	Dominantní vegetace	Zástin	Proud
<b>Lent.</b>						
HnS1	2 908	-	414	okřehek, orobinec, rákos	-	-
HnS2	4 055	-	415	okřehek, orobinec	-	-
KH1	1 657	-	513	orobinec, rákos	+	-
K1	120	-	487	okřehek, orobinec, rákos	-	-
K2	2 355	-	509	okřehek, orobinec, rákos	+	-
O3	206 034	-	438	rákos	-	-
Po2	164	-	520	rákos	-	-
Sy1	57 147	74 147	433	rákos	-	-
Sy2	162 967	104 742	438	rákos	-	-
Sy3	150 000	-	439	orobinec, rákos	-	-
Sy7	4 300	4 500	437	rákos	-	-
Sy8	6 520	-	440	orobinec, rákos	-	-
Sy12	89	-	440	orobinec	-	-
V1	283	-	443		+	-
<b>Lot.</b>						
Be1	-	-	-	srha	-	W
Br1	-	-	-	hvězdoš, rákos, srha	+	S
BnS1	-	-	-	hvězdoš, srha	+	S
HnS4	-	-	-	srha	-	S
K3	-	-	-	srha	+	W
L1	-	-	-	srha	-	W
Ra1	-	-	-	srha	-	W
R2	-	-	-	srha	-	W
Sy6	-	-	-	rákos, srha	+	S
Sy11	-	-	-	srha	-	W
V3	-	-	-	srha	+	W
Vs1	-	-	-	srha	-	W

-.....faktor nepřítomen, nebo nezjištěn

+.....faktor přítomen

S.....proud silný

W.....proud slabý

**Příloha 8:** Naměřené hodnoty pH, teploty a konduktivity vody lokalit

Lokalita	21. 4. 2013			26. 7. 2013			30. 9. 2013			8. 12. 2013		
	pH	t	$\gamma$	pH	t	$\gamma$	pH	t	$\gamma$	pH	t	$\gamma$
<b>Lentické</b>												
HnS1	7.85	18.4	743	-	-	-	5.93	10.2	-	6.40	0.0	475
HnS2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.80	1.0	534
KH1	-	-	-	-	-	-	5.80	11.1	-	6.40	1.4	459
K1	-	-	-	-	-	-	5.88	11.8	-	6.32	5.6	332
K2	-	-	-	-	-	-	5.70	9.5	-	-	-	-
O3	8.25	19.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Po2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.30	1.0	252
Sy1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.30	0.3	385
Sy2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.60	0.0	401
Sy3	7.98	16.6	506	-	-	-	-	-	-	6.30	0.2	277
Sy7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sy8	-	-	-	-	-	-	5.75	10.3	-	6.50	0.2	293
Sy12	-	-	-	-	-	-	6.00	10.5	-	6.83	0.1	251
V1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.30	0.1	148
<b>Lotické</b>												
Be1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Br1	-	-	-	7.65	15	-	-	-	-	7.10	0.0	518
BnS1	-	-	-	-	-	-	6.10	9.2	-	7.00	1.0	552
HnS4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.00	0.5	540
K3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ra1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.20	2.0	275
R2	-	-	-	7.85	-	-	-	-	-	-	-	-
Sy6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.90	1.0	528
Sy11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vs1	-	-	-	7.85	21.4	-	-	-	-	-	-	-

t .....teplota vody v °C

$\gamma$  .....konduktivita vody v  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$

- .....údaj nezjištěn

Ad Příloha 8: Z důvodu prostorové úspornosti jsou uvedeny pouze značky měřených parametrů, kterými jsou pH, teplota vody (t) v °C a konduktivita vody ( $\gamma$ ) v  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Z důvodu absence pH metru při většině odběrů bylo dne 8. 12. 2013 provedeno hromadné srovnávací měření.

**Příloha 9:** Seznam pozorovaných druhů a jejich zkratk

<b>Kompletní název druhu</b>	<b>Zkratka</b>
<i>Achnanthes straubiana</i> Lange-Bertalot	Achstr
<i>Achnantheidium helveticum</i> (Hustedt) Monnier, Lange-Bertalot & Ector	Achhel
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	Achmin
<i>Asterionella formosa</i> Hassall	Astfor
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	Aulgra
<i>Cocconeis neothumensis</i> Krammer	Cocneo
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	Cocpla
<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) D.M. Williams & Round	Ctepul
<i>Cyclotella distinguenda</i> Hustedt	Cycdis
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	Cycmen
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	Cymaff
<i>Cymbella lanceolata</i> (C. Agardh) C. Agardh	Cymlan
<i>Cymbella obscura</i> Krasske	Cymobs
<i>Diatoma vulgare</i> Bory de Saint-Vincent	Diavul
<i>Encyonema caespitosum</i> Kützing	Enccae
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D.G. Mann	Encsil
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G. Mann	Encmin
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt	Eunbil
<i>Fragilaria acus</i> (Kützing) Lange-Bertalot	Fraacu
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	Fracap
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	Fravau
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	Fracro
<i>Fragilaria fasciculata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot	Frafas
<i>Fragilaria parasitica</i> var. <i>subconstricta</i> Grunow	Frapar
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg	Gomacu
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	Gomang
<i>Gomphonema clavatum</i> Ehrenberg	Gomcla
<i>Gomphonema minutum</i> (C. Agardh) C. Agardh	Gommin
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson	Gomoli
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	Gompar
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	Gomtru
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	Gyracu
<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski	Hipcap
<i>Karayevia clevei</i> (Grunow) Bukhtiyarova	Karcle
<i>Lemnicola hungarica</i> (Grunow) F.E. Round & P.W. Basson	Lemhun
<i>Mayamaea atomus</i> (Kützing) Lange-Bertalot	Mayato
<i>Meridion circulare</i> (Greville) C. Agardh	Mercir
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	Navcap
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	Navcry
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	Navcrt
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	Navgre
<i>Navicula leptostriata</i> Jørgensen	Navlep
<i>Navicula trivialis</i> Lange-Bertalot	Navtri

<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W.Smith	Nitaci
<i>Nitzschia capitellata</i> Hustedt	Nitcap
<i>Nitzschia fonticola</i> (Grunow) Grunow	Nitfon
<i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch	Nitgra
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith	Nitpal
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch	Nitver
<i>Pinnularia nobilis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	Pinnob
<i>Planothidium ellipticum</i> (Cleve) M.B.Edlund	Plaell
<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Round & L. Bukhtiyarova	Plafre
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot	Plalan
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot	Rhoabb
<i>Surirella brebissonii</i> var. <i>kuetzingii</i> Krammer & Lange-Bertalot	Surbre
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P.Compère	Ulnuln

---

### Příloha 10: Výstup analýzy variance tří typů lokalit

#### Analysis of Variance Table

Source Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Ratio	Prob Level	Power (Alpha=0.05)
A ( ... )	2	0,5968549	0,2984274	0,92	0,40463	0,199883
S(A)	46	14,8758700	0,3233885			
Total						
(Adjusted)	48	15,4727200				
Total	49					

Term significant at alpha = 0,05

#### Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Variable	bez_okreh	potoky	s_okreh
bez_okreh	0,0000	0,5249	1,0897
potoky	0,5249	0,0000	1,3892
s_okreh	1,0897	1,3892	0,0000

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1,9600

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2,3940

## **Příloha 11:** Další výstupy statistických testů ke Grafu 8

### **Summary of Monte Carlo test**

Test of significance of first canonical axis: eigenvalue = 0.061

F-ratio = 2,903

P-value = 0,0220

(499 permutations under reduced model)

### **Marginal Effects**

Variable	Var.N	Lambda1	P	F
okřehek	10	0.04	0.016	1.96
srha	5	0.04	0.012	1.90
vrba	11	0.03	0.07	1.72
orobinec	9	0.02	0.362	1.09
rákos	6	0.02	0.636	0.83
hvězdoš	12	0.01	0.798	0.67

### **Conditional Effects**

Variable	Var.N	LambdaA	P	F
okřehek	10	0.04	0.016	1.96
vrba	11	0.03	0.026	1.84
srha	5	0.04	0.036	1.82
hvězdoš	12	0.01	0.624	0.80
orobinec	9	0.01	0.842	0.69
rákos	6	0.02	0.676	0.81