

**Univerzita Hradec Králové**

**Přírodovědecká fakulta**

**Katedra biologie**

Řasy a sinice jako bioindikátory změn ekologického stavu  
vod ve vybraných tocích na území Krkonošského  
národního parku

Diplomová práce

Autor: Bc. Lucie Kotyzová  
Studijní program: N0588A030001 Biologie  
Studijní obor: Biologie a ekologie: Specializace – Experimentální biologie  
Vedoucí práce: RNDr. Markéta Bohunická, Ph.D.  
Odborný konzultant: Mgr. Jan Špaček, Ph.D.

# UNIVERZITA HRADEC KRÁLOVÉ

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2020/2021

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Lucie Kotyzová
Osobní číslo:	S19BI013NP
Studijní program:	N0511A03CZ Biologie a ekologie
Studijní obor:	Biologie a ekologie – spec. experimentální biologie
Téma práce:	Řasy a sinice jako bioindikátory změn ekologického stavu vod ve vybraných tocích na území Krkonošského národního parku
Zadávací katedra:	Katedra biologie

### Zásady pro vypracování

Náplní této diplomové práce bude fykologický průzkum tří toků na území Krkonošského národního parku, konkrétně Labe, Mumlavy a Lysečského potoka. Na každém toku bude v podélném profilu stanoveno několik odběrových míst. Na nich budou provedeny jarní, letní a podzimní odběry vzorků fyto-bentosu a zároveň měřeny základní fyzikálně-chemické parametry vody. Získaná biologická a fyzikálně-chemická data budou porovnána s dostupnými historickými daty. Rozsivky ve formě trvalých preparátů budou kvantitativně analyzovány zvláště a data z nich využita pro výpočet vybraných rozsivkových indexů. Výsledkem bude přehled diverzity a změn ve společenstvu fyto-bentosu v podélném profilu toků a v čase. Vyhodnocením získaných dat bude stanoven ekologický stav toků. Teoretická část práce bude obsahovat základní charakteristiku zkoumaných organismů a jejich využití pro bioindikaci, obecný popis lokalit výzkumu a metodiky využití při odběrech, zpracování a analýze vzorků.

Rozsah pracovní zprávy:

Rozsah grafických prací:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

Lange-Bertalot, H., Hofmann, G., Werum, M., & Cantonati, M. (2017). Freshwater Benthic Diatoms of Central Europe: Over 800 Common Species Used in Ecological Assessment. *Koeltz Botanical Books*.

Komárek, J., & Anagnostidis, K. (1998). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19/1: Cyanoprokaryota: Chroococcales. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.

Komárek, J., & Anagnostidis, K. (2005). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19/2: Cyanoprokaryota: Oscillatoriales. Springer Spektrum, Heidelberg.

Komárek, J. (2013). Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 19/3: Cyanoprokaryota. 3. Teil/3rd part: Heterocytous Genera. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Germany.

Kaštovský, J., Hauer, T., Geriš, R., Chattová, B., Juráň, J., Lepšová-Skácelová, O., Pitelková, P., Pusztai, M., Škaloud, P., Štátný, J., Čapková, K., Bohunická, M. & Mühlsteinová, R. (2018): Atlas sinic a řas ČR 1. powerprint, Praha, 384 s.

Kaštovský, J., Hauer, T., Geriš, R., Chattová, B., Juráň, J., Lepšová-Skácelová, O., Pitelková, P., Pusztai, M., Škaloud, P., Štátný, J., Čapková, K., Bohunická, M. & Mühlsteinová, R. (2018): Atlas sinic a řas ČR 2. powerprint, Praha, 480 s.

Vedoucí diplomové práce: **RNDr. Markéta Bohunická, Ph.D.**  
Katedra biologie

Konzultant diplomové práce: **Mgr. Jan Špaček, Ph.D.**  
Katedra biologie

Oponent diplomové práce: **doc. RNDr. Jan Kaštovský, Ph.D.**  
Katedra biologie

Datum zadání diplomové práce: **6. ledna 2019**  
Termín odevzdání diplomové práce: **17. května 2021**

L.S.

---

**doc. RNDr. Jan Kříž, Ph.D.**  
děkan

---

**doc. Mgr. Petr Bogusch, Ph.D.**  
vedoucí katedry

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedla všechny prameny, ze kterých jsem vycházela.

V Hradci Králové dne 17. 5. 2021

Bc. Lucie Kotyzová



## PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala především vedoucí mé diplomové práce, RNDr. Markétě Bohunické, Ph.D., za možnost opětovného tvoření a bádání pod jejím vedením, velmi cenné připomínky a vždy rozumný, kolegiální a lidský přístup. Velké díky patří odbornému konzultantovi, Mgr. Janu Špačkovi, Ph.D., za veškerou ochotu, připravenost kdykoliv pomoci, asistenci v terénu, rady týkající se metodiky a výběru lokalit, ale i za četná slova podpory, která mě v průběhu tvorby práce posouvala dál. Za poznatky metodické a determinační vděčím i Mgr. Jiřímu Hotovému. Dále děkuji Státnímu podniku Povodí Labe, Odboru vodohospodářských laboratoří, Oddělení hydrobiologie a mikrobiologie za poskytnutí historických dat a zázemí pro práci nejen na skenovacím elektronovém mikroskopu. Díky rovněž Správě Krkonošského národního parku, za povolení odběrů vzorků a zpřístupněná data. Také chci poděkovat Mgr. Josefu Juráňovi, Ph.D., za pomoc se statistickým zpracováním získaných dat. Vrchní korektorce Bc. Janě Černocké děkuji za držení dohledu nad mými pravopisnými schopnostmi.

V neposlední řadě míří obrovský dík k mé rodině a nejbližším přátelům, za zajištění klidného zázemí pro sepsání práce a podporu během celého mého studia.

## **ANOTACE**

KOTYZOVÁ, L., 2021: *Řasy a sinice jako bioindikátory změn ekologického stavu vod ve vybraných tocích na území Krkonošského národního parku*. Hradec Králové, 2021. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové.

Tato diplomová práce se zabývá bioindikací kvality vod pomocí fyto-bentosu 3 navzájem odlišných krkonošských toků – Lysečinského potoka, Labe a Mumlavy. V úvodní teoretické části jsou popsány charakteristiky zkoumaných organismů, jejich využití pro bioindikaci kvality vody a sledovaná oblast. Praktická část se věnuje vlastnímu výzkumu. Na 11 lokalitách v podélných profilech toků bylo od října 2019 do října 2020 odebráno celkem 44 vzorků nárostových mikrofyt a měřeny základní fyzikálně-chemické parametry vody. Bylo nalezeno 254 taxonů řas a sinic, z toho dominantní skupinu tvořily Bacillariophyta s 197 taxony. Společenstva rozsivek byla analyzována zvláště ve formě trvalých preparátů a zjištěná data použita pro výpočty 6 typů rozsivkových indexů v programu OMNIDIA. Z údajů o diverzitě fyto-bentosu a fyzikálně-chemických parametrech vody byla vytvořena CCA analýza dat v programu CANOCO. Ke srovnání poznatků posloužila data Správy Krkonošského národního parku a státního podniku Povodí Labe. Veškerá nashromážděná data byla využita pro výsledné vyhodnocení kvality vody v Lysečinském potoce, Labi a Mumlavě.

### **Klíčová slova**

Krkonoše, řasy, sinice, rozsivky, rozsivkové indexy, bioindikace

## **ANNOTATION**

KOTYZOVÁ, L., 2021: *Algae and cyanobacteria as bioindicators of changes in ecological status of waters in selected rivers in the Krkonoše National Park*. Hradec Králové, 2021. Diploma Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové.

This diploma thesis focuses on bioindication of water quality by using phytobenthos of 3 different rivers in The Giant Mountains – Lysečinský stream, Elbe and Mumlava. The introductory theoretical part describes characteristics of the studied taxa, their use for bioindication of water quality and the surveyed area. The practical part is devoted to the proper research. From October 2019 to October 2020, 44 samples of microphytes were collected at 11 sites in the longitudinal profile of the rivers and main water parameters were measured. In total, 254 taxa of algae and cyanobacteria were found. The dominant group were Bacillariophyta with 197 taxa. The diatom assemblages were analysed separately as permanent slides and the results were used for calculation of 6 types of diatom indices using the OMNIDIA software. Data of the diversity of phytobenthos and physical-chemical parameters were analysed by CCA in CANOCO. Data of The Krkonoše Mountains National Park Administration and Povodí Labe, state enterprise were used for comparison of the findings. All collected data were used for the final evaluation of water quality in Lysečinský stream, Elbe and Mumlava.

### **Key words**

The Krkonoše Mountains, algae, cyanobacteria, diatoms, diatom indices, bioindication

# Obsah

<b>1 Cíle práce</b> .....	<b>11</b>
<b>2 Úvod</b> .....	<b>12</b>
2.1 Charakteristika zkoumaných organismů.....	12
2.1.1 Sinice (Cyanobacteria).....	12
2.1.2 Rozsivky (Bacillariophyta).....	13
2.1.3 Zelené řasy (Chlorophyta <i>sensu lato</i> ).....	15
2.1.4 Ruduchy (Rhodophyta) .....	16
2.1.5 Zlativky (Chrysophyceae) .....	16
2.1.6 Různobrvky (Xanthophyceae).....	17
2.1.7 Krásnoočka (Euglenophyta).....	17
2.1.8 Skrytěnky (Cryptophyta).....	17
2.1.9 Schéma fyto bentosu tekoucích vod .....	18
2.2 Krkonoše.....	19
2.2.1 Geologie a geomorfologie .....	19
2.2.2 Hydrologie a popis zkoumaných toků .....	21
2.2.3 Lesní hospodářství.....	22
2.2.4 Klima.....	22
2.2.5 Ochrana přírody a Krkonošský národní park.....	23
2.3 Faktory s vlivem na rozvoj fyto bentosu v tekoucích vodách .....	24
2.3.1 Proudění.....	24
2.3.2 Světlo .....	24
2.3.3 Substrát .....	24
2.3.4 pH.....	25
2.3.5 Teplota .....	25
2.3.6 Konduktivita .....	25
2.3.7 Saprobita.....	26

2.3.8	Trofie .....	26
2.3.9	Rozpuštěné prvky.....	26
2.4	Bioindikace kvality tekoucí vody pomocí fytobentosu.....	27
2.4.1	Využití živých řas a sinic k bioindikaci kvality vod v tocích .....	28
2.4.2	Rozsivkové indexy.....	29
<b>3</b>	<b>Metodika.....</b>	<b>34</b>
3.1	Odběr vzorků .....	34
3.1.1	Lysečinský potok .....	35
3.1.2	Labe.....	36
3.1.3	Mumlava.....	36
3.2	Zpracování vzorků .....	37
3.2.1	Živé vzorky řas a sinic.....	37
3.2.2	Trvalé preparáty rozsivek.....	37
3.2.3	Skenovací elektronová mikroskopie.....	38
3.3	Výpočet rozsivkových indexů – OMNIDIA.....	39
3.4	Statistické zpracování dat.....	39
<b>4</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>40</b>
4.1	Diverzita bentického společenstva sinic a řas .....	40
4.1.1	Diverzita fytobentosu v jednotlivých tocích.....	41
4.1.2	Nalezené bioindikačně významné taxony živých řas a sinic .....	42
4.1.3	Nalezené bioindikačně významné taxony rozsivek .....	45
4.2	Hodnoty parametrů vody.....	51
4.2.1	Teplota vody .....	51
4.2.2	pH.....	51
4.2.3	Konduktivita.....	52
4.2.4	Množství rozpuštěného kyslíku .....	52
4.2.5	Nasycení vody kyslíkem.....	52

4.3	Výsledné hodnoty rozsivkových indexů.....	53
4.3.1	GDI.....	53
4.3.2	SLA.....	53
4.3.3	SPI.....	53
4.3.4	BDI 2014 .....	54
4.3.5	TID .....	54
4.3.6	TDI.....	54
4.4	Výsledky statistického zpracování dat – CCA analýza .....	56
4.4.1	CCA analýza – data v rámci této diplomové práce.....	56
4.4.2	CCA analýza – historická data.....	56
<b>5</b>	<b>Diskuse.....</b>	<b>59</b>
5.1	Druhová diverzita fyto bentosu.....	59
5.2	Fyzikálně-chemické parametry vody .....	61
5.3	Měkké řasy a sinice jako bioindikátory kvality vod v tocích.....	63
5.4	Bioindikace kvality vody v tocích rozsivkovými indexy .....	63
5.5	Kvalita vody v Lysečinském potoce, Labi a Mumlavě z hlediska acidifikace a živinových poměrů.....	66
<b>6</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>68</b>
	<b>Literatura .....</b>	<b>70</b>
	<b>Přílohy.....</b>	<b>81</b>

# 1 Cíle práce

Hlavní cíle této diplomové práce jsou:

1. Vytvořit literární rešerši věnující se popisu studovaných organismů, jejich využití pro bioindikaci kvality vod a popisu zkoumané oblasti.
2. Zdokonalit se v dovednostech týkajících se metodiky odběrů vzorků fyto-bentosu v terénu a poté zpracování nasbíraného materiálu v laboratoři.
3. Prohloubit si znalosti o využití řas a sinic jako bioindikátorů kvality vody v tekoucích vodách.
4. Stanovit druhovou diverzitu fyto-bentosu na sledovaných profilech v Lysečinském potoce, Labi a Mumlavě.
5. Vyhodnotit stav vod v Lysečinském potoce, Labi a Mumlavě na území Krkonošského národního parku v závislosti na struktuře fyto-bentosu v podélném profilu a čase.

## 2 Úvod

Nárostová společenstva řas a sinic (fytoENTOS, perifyton) tvoří významnou složku organismů obývajících jak tekoucí (lotické) tak stojaté (lentické) vody (Říhová Ambrožová, 2007). V úvodní teoretické kapitole jsou uvedeny základní informace o jednotlivých taxonomických skupinách sinic a řas. Přiblížena je také zkoumaná oblast Krkonoš. Rovněž jsou zde popsány hlavní parametry vody, ovlivňující míru rozvoje fytoENTOSu v tekoucích vodách, a také využití struktury tohoto společenstva pro hodnocení kvality vody v tekoucích vodách.

### 2.1 Charakteristika zkoumaných organismů

Řasy (Algae) a sinice (Cyanobacteria) jsou fotoautotrofní organismy, osidlující nejrůznější prostředí a oplývající celou řadou charakteristických vlastností. V následujících podkapitolách jsou blíže rozebrány ty skupiny sinic a řas, jež byly nalezeny při průzkumu druhové diverzity fytoENTOSu Lysečinského potoka, Labe a Mumlavy během praktické části této diplomové práce. Není-li uvedeno jinak, byly použity taxonomické názvy dle Atlasu sinic a řas ČR (Kaštovský & al., 2018).

#### 2.1.1 Sinice (Cyanobacteria)

Jedná se o fotoautotrofní prokaryotické mikroorganismy (někdy nazývané též cyanoprokaryota), které lze kosmopolitně nalézt jak ve vodním, terestrickém (půdním), tak v aerofytickém (např. na vlhkém povrchu skal) prostředí (Casamatta & Hašler, 2017). Významně se (z 20-30 %) podílejí na celosvětové produkci kyslíku (Pisciotta & al., 2010). Rovněž některé (např. *Nostoc* sp.) mají schopnost fixovat vzdušný dusík pomocí specializovaných buněk zvaných heterocyty. Jako fotosyntetické pigmenty využívají sinice fykobiliny – fykocyanin a méně fykoerythrin. Zásobní látky jsou v cytoplasmě uloženy v podobě nejrůznějších granulí („sinicový škrob“, karboxyzomy, cynophycin, polyfosfáty, či glykogen). Vzhled sinic je velmi variabilní, mohou být kokální (jednobuněčné i koloniální), jako např. *Microcystis* sp. či vláknité (*Oscillatoria* sp.), pravě nebo nepravě větvené. Dovedou také obklopovat buňky slizovými pouzdry (*Scytonema* sp.). Především u planktonních druhů se můžeme setkat s plynovými váčky (*Planktothrix* sp.). I vláknité sinice však mohou být mobilní, např. pro rod *Oscillatoria* je typický klouzavý pohyb po pevném substrátu (Bellinger & Sigeo, 2010).



Rozmnožování sinic probíhá pouze nepohlavními procesy. Množí se pomocí prostého dělení buněk, tlustostěnných spor, tzv. akinet, jež se často ve vlákne nachází poblíž heterocytů. Další možností jsou baeocyty, které vznikají rozdělením mateřské buňky a v neposlední řadě také hormogonia, což jsou fragmenty původního vlákna, z nichž vznikne nové kompletní vlákno (Bellinger & Sigeo, 2010).

V tocích mohou sinice osidlovat nejrůznější podklady. Typickými bentickými zástupci jsou kupříkladu povlaky tvořící *Phormidium* sp. či *Geitlerinema* sp. I v tekoucích vodách se lze setkat s planktonními sinicemi (*Merismopedia* sp.). Příkladem taxonu přítomného v planktonu i např. na endogloeických mikrostanovištích (ve slizových obalech) je *Pseudanabaena* sp. Rody *Chamaesiphon* či *Leibleinia* se vyskytují epifyticky (Casamatta & Hašler, 2017).

Systematika sinic je komplikovaná a neustále upravovaná metodami molekulární biologie, pro obecný přehled lze uvést výsledky Komárka & al. (2014), kde autoři rozlišují těchto 8 řádů: Gloeobacterales, Synechococcales, Spirulinales, Chroococcales, Pleurocapsales, Oscillatoriales, Chroococciopsidales a Nostocales.

### **2.1.2 Rozsivky (Bacillariophyta)**

Rozsivky jsou neobyčejně diverzifikovanou skupinou mikroskopických hnědých řas. (Chromophyta). Celkový počet je předběžně odhadován na více než 100 000 druhů, což z rozsivek potencionálně činí nejrozmanitější skupinu eukaryotických mikroorganismů (Mann & Droop, 1996). Tradičně jsou coby třída Bacillariophyceae na základě morfologie dvojdílných křemičitých schránek (frustul) děleny na dvě základní skupiny, centrické (Centrales, radiálně souměrné) a penátní (Pennales, souměrné dle podélné osy) (Bellinger & Sigeo, 2010). Toto dělení však bylo upraveno molekulární biologii, kdy bylo ustanoveno oddělení Bacillariophyta, a dvě pododdělení – Coscinodiscophytina s třídou Coscinodiscophyceae, a Bacillariophytina s třídami Mediophyceae a Bacillariophyceae, čímž byla popřena domnělá monofyletičnost původních dvou skupin (Medlin & Kaczmarska, 2004).

Charakteristické zlatohnědé zbarvení chloroplastům rozsivek dodávají fotosyntetická barviva chlorofyly (a, c<sub>1-3</sub>), dále také xantofyly (fukoxanthin, diatoxanthin, diadinoxanthin) a karotenoidy β- a ε- karoten (Bellinger & Sigeo, 2010). Plastidy mají 4 membrány a pyrenoidy (Sheath & Wehr, 2015). Pomocí

diktyozómů mohou tyto řasy vylučovat sliz, který využívají např. k přichycení se k podkladu (Pickett-Heaps & al., 1990). Zásobními látkami jsou chrysolaminaran, volutin, olejové kapénky, a především u penátních rozsivek s raphe polyfosfátová granula (Round & al., 2007). Na frustule se nachází mnoho charakteristických znaků. Například kanálek raphe, přítomný u raphidních rozsivek na jedné (*Cocconeis* sp., *Achnantheidium* sp.) či obou (*Navicula* sp., *Pinnularia* sp.) polovinách (valvách) schránky, jenž společně s prouděním tekutiny slouží zřejmě k pohybu (Burliga & Kociolek, 2017). Menší miskovitá část frustuly včetně bočního pásu se nazývá hypothéka a větší epithéka (Bellinger & Sigeo, 2010). Pro komunikaci s okolím je křemičitý obal perforován areolami, jejich uspořádáním vznikají strie a v kombinaci s tvarem schránky tvoří důležité determinační znaky (Burliga & Kociolek, 2017).

Rozsivky se rozmnožují především nepohlavně, přičemž dojde k rozdělení protoplastu, oddálení obou thék a následně si každá z původních polovin frustuly dotvoří druhou část, menší hypotéku. Poté, co dojde po několika cyklech ke zmenšení rozsivky na minimální možnou velikost, rozmnoží se pohlavně. Sexuální rozmnožování probíhá jako kopulace gamet za vzniku auxospor, u centrických rozsivek oogamicky, u penátních anizogamií či izogamií (Schubert & Lellák, 1973).

Výskyt rozsivek zahrnuje široké spektrum stanovišť. Důležitými podmínkami jsou pro ně dostatek vody, světla a živin. Podstatný je obsah křemíku pro tvorbu frustul. Nalezneme je jak ve slaných, tak sladkých vodách, v planktonu (*Aulacoseira* sp.) i bentosu (*Gomphonema* sp.) V tocích nejčastěji epilitticky osidlují povrch ponořených kamenů, viditelné i makroskopicky v podobě slizkých hnědých povlaků. Mohou také porůstat rostliny či živočichy (*Cocconeis* sp.), jako epifyton, resp. epizoon (Tiffany, 2011). Rozsivky *Hantzschia amphioxys* či *Encyonema minutum* se přizpůsobily také životu v terestrickém prostředí (Johansen, 2010).

Odumřelé fosilní rozsivky daly postupnou sedimentací na dně moří či sladkovodních jezer vzniknout měkké, porézní, jemnozrnné hornině zvané křemelina (diatomit). Díky svým vlastnostem se využívá jako stavební či filtrační materiál, historicky posloužil i coby absorpční hmota při výrobě dynamitu. Rozsáhlá naleziště jsou v Kalifornii či na Novém Zélandu. Rozsivkové společenstvo v hornině je možné paleoekologicky využít pro zpětnou analýzu a vytvoření představy o dávných poměrech na Zemi (Harwood, 2010).

### 2.1.3 Zelené řasy (*Chlorophyta sensu lato*)

Z důvodu nesmírné druhové bohatosti zelených řas a různorodosti jednotlivých skupin byl pro tuto práci zvolen širší přístup k jejich složité taxonomii.

Do společných znaků zelených řas lze zahrnout fotosyntetické pigmenty, chlorofyly a, b, pravý škrob coby zásobní látku a ve většině případů přítomnost celulózní buněčné stěny, popřípadě šupinek. Vzhledem k tomu, že vznikaly procesem primární endosymbiózy, jsou chloroplasty těchto organismů obaleny pouze dvěma membránami a thylakoidy se seskupují po 2-6 (Sheath & Wehr, 2015). Guiry (2012) zmiňuje existenci 14 000 druhů Chlorophyt v 500 rodech. Pro nitrozemská stanoviště je v literatuře uváděno 48 bičíkatých rodů zelených řas, nejméně 129 kokálních a nepohyblivých zástupců, 81 vláknitých či rostlinám podobných rodů a 49 rodů spájivek a krásivek (Wehr & Sheath, 2015). Systematicky lze zelené řasy rozdělit na dvě oddělení, z nichž první, Chlorophyta, obsahuje třídy Ulvophyceae, Trebouxiophyceae, Chlorodendrophyceae a Chlorophyceae a druhé, Streptophyta, zahrnuje jak vyšší rostliny, tak jejich řasové předky Charophyceae (parožnatky) a další třídy: Coleochaetophyceae, Klebsormidiophyceae, a Zygnematophyceae (spájivky) (Sherwood, 2017).

Vláknité zelené řasy vyskytující se v perifytonu tekoucích vod mohou mít jednoduché (*Ulothrix zonata*) či větvené stélky (*Stigeoclonium* sp.). Rozmnožují se vegetativně fragmentací či prostým dělením (Van den Hoek & al., 1995), často 2 nebo 4 bičíkatými zoosporami (u *Oedogonium* sp. jsou přítomny apikální bičíky), také tlustostěnnými akinetami (John & Rindi, 2015). Pohlavní cestou probíhá množení izogamií, anizogamií a oogamií. Dominují často ve vodách s vyšším množstvím živin, jako např. druh *Cladophora* (Bellinger & Sigee, 2010). Kokální a bičíkatí zástupci se v tocích objevují spíše zřídka (Grimm & al., 2007).

Krásivky (Zygnematophyceae: Desmidiiales) jsou jednobuněčnými obyvateli sladkých vod zejména s nižšími koncentracemi živin, kde se vyskytují epifyticky (např. na mechu *Fontinalis* sp.), v počtech až  $10^6$  buněk krásivek na jeden gram mechového substrátu (Burkholder & Sheath, 1984). Stejně tak jako ostatní Zygnematophyceae se sexuálně rozmnožují tzv. spájením (konjugací) a ve svém životním cyklu (na rozdíl od zbylých Chlorophyta) postrádají jakákoliv bičíkatá stádia, a to včetně gamet, zatímco nepohlavně se množí dělením (Brook, 1981).

#### 2.1.4 Ruduchy (Rhodophyta)

Červené řasy neboli ruduchy, lze charakterizovat přítomností fotosyntetických barviv chlorofylu a, fykoerythrinu, fykocyaninu a allofykocyaninu. Zásobní látkou je florideový škrob a buněčnou stěnu mívají vyztuženou amorfními polymery galaktózy. Nemají bičíkatá stádia. Chloroplasty vzniklé primární endosymbiózou obalují dvě membrány (Sheath & Wehr, 2015). Sladkovodní zástupci tvoří pouze necelá 3% z více než 6 500 druhů ruduch (Guiry & Guiry, 2014). Tekoucí vody osidlují zejména makroskopické nárostové červené řasy třídy Florideophyceae. V bentosu toků s nižším množstvím živin nalezneme např. rod *Audouinella*. Vzhled stélek je spojen s obranou vůči proudu, mohou tvořit krusty (rod *Hildenbrandia*), či vlají v podobě rosolovitých (*Batrachospermum* sp.) nebo pseudoparenchymatických (*Lemanea fluviatilis*) vláken (Bellinger & Sigee, 2010). Rozmnožování probíhá pohlavně i nepohlavně. U jednobuněčných ruduch vegetativně převládá dělení, u vláknitých probíhá tvorba monosporangií, produkujících jednu sporu, která vyklíčí a naroste do té fáze životního cyklu řasy, z níž vznikla (Sheath & Vis, 2015).

#### 2.1.5 Zlativky (Chrysophyceae)

Pro hnědé řasy zlativky jsou typickými pigmenty stejně jako u rozsivek chlorofylu a, c<sub>1</sub>-c<sub>3</sub> a fukoxanthin, zásobní látkou je rovněž chrysolaminaran a thylakoidy se shlukují po třech, v plastidech se čtyřmi membránami. Buněčná stěna obsahuje pektin a může být posílena křemičitými šupinkami či ostny. Mají dva nestejně dlouhé bičíky, z čehož vychází alternativní název skupiny – chrysomonády. Z bentických zlativek toků lze zmínit kupříkladu rod *Hydrurus*, jenž utváří slizovité makroskopické stélky především na balvanech v chladných horských tocích (Wehr & Sheath, 2015). Většina druhů je ovšem planktonních, z nichž např. mixotrofní *Dinobryon* sp. doplňuje fotoautotrofní způsob výživy s fagotrofií bakterií (Heinze & al., 2013). Stélka je buď jednobuněčná (*Mallomonas* sp.) nebo ve formě kulovité (*Synura* sp.) či vláknité (*Dinobryon* sp.) kolonie. Některé druhy tvoří klidová stádia se silnou křemičitou stěnou, zvaná stomatocysty. Podobně jako rozsivky se fosilní šupinky a stomatocysty zlativek využívají v paleoekologii pro zpětné hodnocení podmínek pradávných vodních biotopů. Je známo zhruba 1000 druhů chrysomonád ve 200 rodech, z nichž valná většina jsou sladkovodní, ale existují i mořské a brakické exempláře (Bellinger & Sigee, 2010).

### 2.1.6 Různobrvky (Xanthophyceae)

Tato velmi různorodá skupina hnědých řas (Chromophyta) zahrnuje jak kokální, tak vláknité a sifonální zástupce, přičemž dle molekulárních poznatků na základě podoby stélky nelze stanovit monofyletičnost jednotlivých skupin (Rybalka & al., 2013; Wehr & al., 2015). Typická zelenožlutá barva chloroplastů (anglicky „yellow-green algae“) obklopených 4 membránami je způsobena chlorofyly a, c<sub>1</sub> a c<sub>2</sub>, diadinoxanthinem, heteroxanthinem a vaucheriaxanthinem. Zásobními látkami jsou chrysolaminaran a olejové kapénky (Necchi, 2017). Převažuje asexuální reprodukce bičíkatými zoosporami, nepohyblivými autosporami či fragmentací vláken. Pohlavní rozmnožování bylo pozorováno pouze u rodů *Tribonema* (isogamie), *Botrydium* (izogamie a anizogamie) a oogamie u *Vaucheria* sp. (Wynne & Bold, 1985; Moewus, 1940; Ott & Hommersand, 1974). Různobrvky vyhledávají zejména sladkovodní a terestrické habitaty, rod *Vaucheria* se vyskytuje i ve slané vodě (Ott & al., 2015). Ve fytoentosu toků můžeme nalézt např. rod *Tribonema* (Necchi, 2017).

### 2.1.7 Krásnoočka (Euglenophyta)

Jedná se o mikroskopické zelené bičíkovce obývající především plankton sladkých, stojatých, méně i tekoucích vod s vyšší mírou úživnosti, případně vyskytující se přisedle (*Colacium* sp.) (Wehr & al., 2015; Chiavelli & al., 1993). Povrch buňky chrání pozměněná cytoplasmatická membrána, tzv. pelikula s charakteristickým rýhováním, popřípadě slizové obaly inkrustované železem či manganem, tvořící pevnou schránku zvanou lorika (*Trachelomonas* sp.). Typická je rovněž zářivě oranžová světločivná skvrna, stigma, umístěná v blízkosti ampuly, z níž ční nejméně jeden bičík. Chloroplasty (u autotrofních druhů) obsahují chlorofyly a, b, xanthofyly a je na nich umístěn pyrenoid. Zásobní látkou je paramylon, různě tvarovaný do podoby zrn, jež jsou důležitým determinačním znakem (Wehr & al., 2015). Až na několik výjimek (Dobell, 1908; Leedale, 1962) nebylo u Euglenophyt zaznamenáno pohlavní rozmnožování, pouze asexuální podélným dělením (Kalina, 1994).

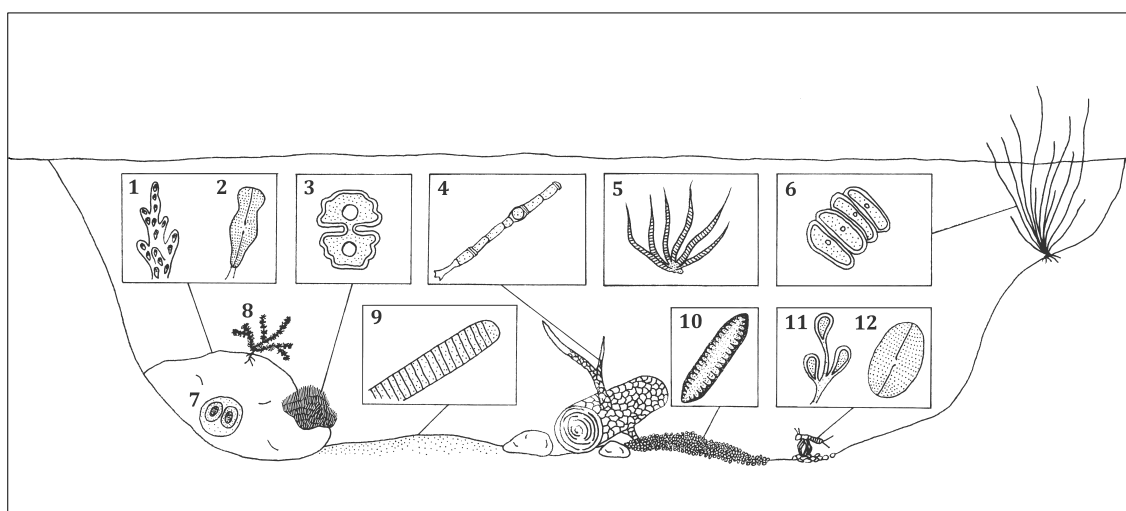
### 2.1.8 Skrytěnky (Cryptophyta)

Cryptophyta jsou často označovány jako kryptomonády, z důvodu přítomnosti dvou téměř identických subapikálních bičíků. Nejrůznější pestrá zbarvení jejich chloroplastům se čtyřmi membránami dodávají chlorofyly a, c<sub>2</sub>, dále fykocyanin, fykoerythrin nebo alloxanthin a thylakoidy se uskupují do dvojic. Např. u rodu

*Cryptomonas* lze nalézt dva podlouhlé plastidy, existují však také druhy nefotosyntetizující. Jako zásobní látku využívají škrob. Buňka skrytěnek není osově souměrná, ale z jedné strany mírně zploštělá. Chráněna je celulózovou vrstvou zvanou periplast. Poblíž bičíků je umístěna také kontraktlní vakuola, sloužící k osmoregulaci. Ekologie této skupiny je rozmanitá, osidlují jak sladkovodní, tak mořské prostředí (Bellinger & Sigeo, 2010). Kryptomonády jsou považovány za kosmopolitní, jedná se hlavně o planktonní organismy s výskytem v chladnějších vodách horských jezer a dalších stojatých vodách mírného pásu (Wehr & al., 2015). S přibližně dvanácti rody o sto druzích sladkovodních a sto druzích mořských zástupců jde o méně diverzifikovanou skupinu řas (Bellinger & Sigeo, 2010).

### 2.1.9 Schéma fyto-bentosu tekoucích vod

Jak již bylo řečeno výše, fyto-bentos lotických vod je neobyčejně diverzifikovaným společenstvem fotoautotrofních organismů. Na následujícím schématu (Obr. 1) jsou naznačeny různé možnosti uchycení řas a sinic na substrátu v toku. Blíže jsou pak některé použité termíny popsány v kapitole 2.3.3.



**Obr. 1** – Orientační schéma složek bentického společenstva řas a sinic v toku s vybranými zástupci: **epilíton** (na kameni): **1** – *Hydrurus* sp., **2** – *Gomphonema* sp. na slizové stopce, **8** – *Batrachospermum* sp.; **epifyton** (na rostlině, mechu): **3** – *Cosmarium* sp.; **epixylon** (na dřevě): **4** – *Oedogonium* sp.; **meroplankton** (původní nárost unášený proudem): **5** – *Rivularia* sp.; **metafyton** (nepohyblivé organismy zachycené v litorálu): **6** – *Scenedesmus* sp.; **endolítion** (uvnitř kamene): **7** – *Gloeocapsa* sp.; **epipelion** (na jemném substrátu): **9** – *Oscillatoria* sp.; **epipsamon** (na písku): **10** – *Surirella* sp.; **epizoon** (na živočišných): **11** – *Colacium* sp., **12** – *Cocconeis* sp.; (originální perokresba autorky, 2021); poznámka: organismy nejsou zobrazeny ve srovnatelném měřítku

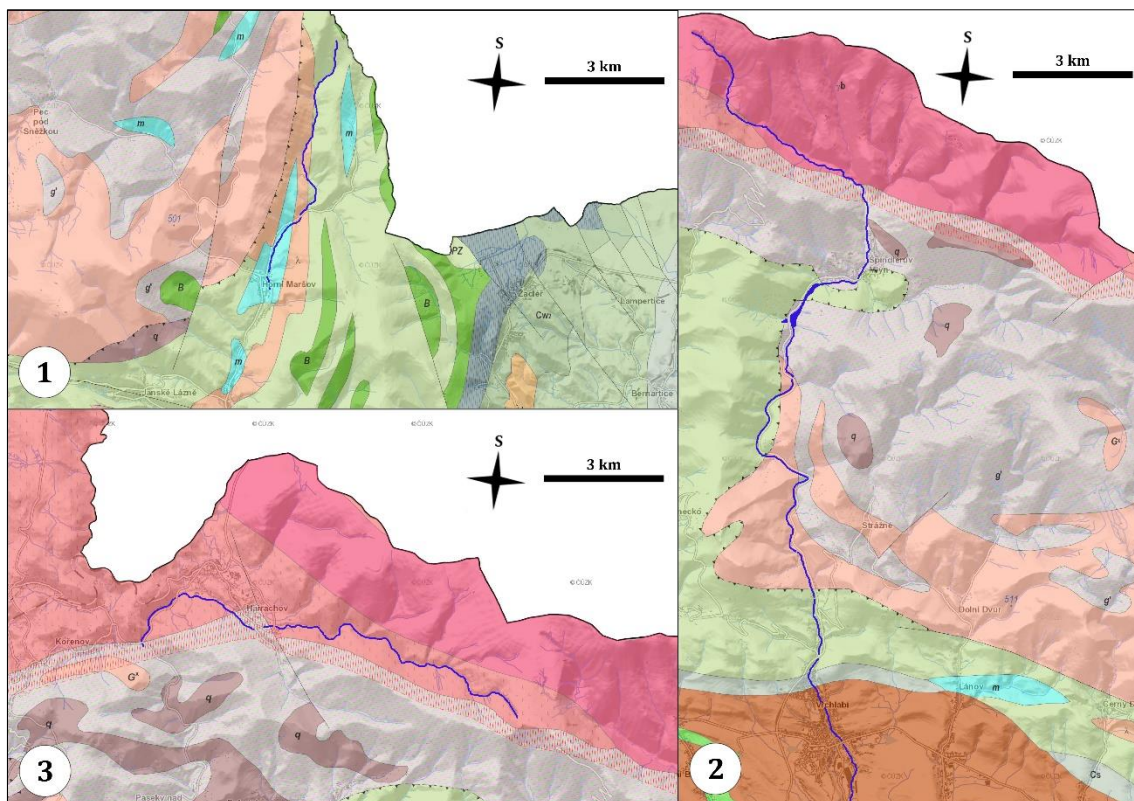
## 2.2 Krkonoše

Krkonoše jsou nejvyšším a také nejvýznamnějším pohořím nejen České republiky, ale také Českého masivu (Pilous, 2007). Rovněž se jedná o třetí nejvyšší pohoří ve střední Evropě (Sýkora & al., 1983).

### 2.2.1 Geologie a geomorfologie

Plocha celého krkonošského masivu je 639 km<sup>2</sup>, přičemž 454 km<sup>2</sup> tvoří česká část. Nejvyšší horou je Sněžka se svými 1602,3 m n. m. na Slezském hřbetu, a tedy na česko-polské hranici. Dále lze z nejvyšších vrcholků tohoto pohoří zmínit Luční horu (1555,3 m n. m.) a Studniční horu (1554,4 m n. m.), obě se nacházející na Českém hřbetu. Vysoké Kolo, které se opět nachází na Slezském hřbetu je se svou výškou 1508 m n. m. poslední ze čtveřice hor vyšších než 1500 m n. m. na české straně pohoří. V rámci Evropy Krkonoše spadají do tzv. Hercynského systému a v něm do subsystému Hercynských pohoří. Dále v tomto dělení pak navazuje základní geomorfologická jednotka Krkonoš, a to geomorfologická provincie Česká vysočina. Z této se následně vyčleňuje subprovincie Krkonoško-jesenická a její Krkonošská oblast (Pilous, 2007).

Geologicky vznikaly Krkonoše v období starohor a starších prvohor, kdy horotvornými procesy vzniklo krkonoško-jizerské krystalinikum, do něhož zřejmě v karbonu pronikl krkonoško-jizerský granitoidní pluton. Následně se druhohorním zvětráváním, třetihorním alpínským vrásněním a kombinací vodní eroze a opakovaného čtvrtohorního zalednění vyformovaly do současné podoby. Nejvýznamněji jsou z metamorfovaných hornin přítomné různé typy břidlic. Různé typy krkonošských žul v podobě valounů lze nalézt v řečišti Mumlavy či v Labském dole a údolí Bílého Labe. Typický kvádrovitý rozpad horniny je k vidění na skalních skupinách, tzv. totech, jako jsou např. Harrachovy kameny. Významnou složkou stavby Krkonoš jsou také prevariské ruly, na české straně v pruhu od Labské přes Herlíkovice, Černou Horu k Malé Úpě. Na Albeřicku a Maršovsku se vyskytují horniny s obsahem karbonátů, mramory. V horninách jsou k nalezení také žíly minerálů jako drúzy křemene v kvarcitech či kalcitu v mramorech. Nedaleko Herlíkovic probíhala dříve těžba magnetitu (Plamínek, 2007). Přehled geologické stavby okolí toků prozkoumávaných v této diplomové práci je popsán na Obr. 2.



#### Paleozoikum Českého masivu

##### Spodní perm-svrchní karbon

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

##### Svrchní karbon

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

##### Kambrium-spodní karbon

slabě metamorfované siliciklastické sedimenty, místy vložky mramoru a metavulkanitů

##### Prekambrium a (nebo) paleozoikum, nerozlišené

retrogradně metamorfované ruly a migmatity

##### Variská intruziva

biotitické granity jemně (až středně) zrnité

porfyrické biotitické granity jemně (až středně) zrnité

##### Předvariská intruziva a intruziva neznámého stáří (často deformovaná a metamorfovaná)

muskovit-chloritické, muskovit-chlorit-biotitické, dvojslídnné, abiotitické metagranity až metagranodiority a ortoruly

##### Vložky v prekambriu a v paleozoiku

mramory

##### Prekambrické a paleozoické vulkanity a metavulkanity

metaryolity, metadacity (porfyroidy, křemenné keratofyry), jejich metatufy

**Obr. 2** – Přehled geologických poměrů v okolí zkoumaných toků: Lysečinského potoka (1), Labe (2) a Mumlavy (3); jednotlivé toky jsou zvýrazněny tmavě modře (<https://mapy.geology.cz/geocr500/>, 2021, upraveno)



### **2.2.2 Hydrologie a popis zkoumaných toků**

Po hřebenech Krkonoš se, téměř v kompletním souladu se státní hranicí s Polskem, rozbíhá na jedné straně povodí Labe na straně druhé povodí Odry. Díky tomu také oblast Krkonoš patří ke dvěma úmořím, neboť vody Labe a jeho přítoků (z většiny) odtékají do Severního moře, kdežto z přítoků a Odry samotné vody odtékají do moře Baltského (Tesař & Pilous, 2007). Údolí některých toků (např. údolí Mumlavy, pramenného Labe či Bílého Labe) od sebe také velmi zřetelně oddělují Český a Slezský hřbet (Pilous, 2007).

#### **Lysečinský potok**

Jedná se o malý vodní tok pramenící na Pomezním hřebenu v nadmořské výšce 1100 m. Jeho největším přítokem je Alberčický potok, s nímž se stéká v Dolních Lysečínách. Jako levostranný přítok se ve 573,8 m n. m. vlévá do řeky Úpy v obci Horní Maršov. Plocha povodí Lysečinského potoka je zhruba 18,319 km<sup>2</sup> a protéká údolím o délce 7,8 km a sklonu 71,14 ‰ (Tesař & Pilous, 2007).

#### **Labe**

Řeka Labe pramení na Labské louce, kde byl ve výšce 1386,6 m n. m. vytvořen symbolický pramen Labe, ve skutečnosti ale řeka vzniká mimo tuto stavbu v travním porostu. Dále pod Labskou boudou stéká na hranu Labské rokly a Labským vodopádem dopadá na dno Labského dolu, kde tvoří meandry Labe. Plocha povodí Labe po Bílé Labe činí 17,178 km<sup>2</sup> v údolí o délce 7,4 km a při sklonu 33,84 ‰ (Tesař & Pilous, 2007).

#### **Mumlava**

Pramení jako Velká Mumlava v oblasti rašelinišť pod Harrachovými kameny, v nadmořské výšce 1360 m na severovýchodním svahu Kotle. V místě zvaném Krakonošova snídaně se stéká s Malou Mumlavou. Dále teče Mumlavským dolem, kde tvoří zhruba 10 m vysoký Mumlavský vodopád, jenž je nejvodnatějším v Krkonoších. Evorzí vody vznikly v žulovém podkladu okolí vodopádu také obří kotle. Pod Harrachovem se stéká zprava s Milnicí a u obce Kořenov ústí zleva do řeky Jizery, a to v 570 m n. m. Plocha povodí Mumlavy je po soutok s Jizerou 51,130 km<sup>2</sup>, tok o délce 12,2 km se vine v údolí dlouhém 12,1 km se sklonem 65,08 ‰ (Tesař & Pilous, 2007).

### 2.2.3 Lesní hospodářství

Sýkora & al. (1983) uvádějí, že lesy pokrývají 32 270 ha, tedy 80% Krkonošského národního parku. Roku 1984 byla natolik špatná imisní situace (pozwolna se zhoršující již od dob průmyslové revoluce), až došlo k silné acidifikaci prostředí kyselými dešti. V roce 2004 tvořily lesní porosty 37 000 ha území celých Krkonoš. V dnešní době mají na les stále vliv hlavně imise a jsou prováděny snahy napravit dřívější intenzivní využívání člověkem, zejména pak nahrazovat monokultury smrku obecného původním smíšeným lesem, aby nedocházelo k překyselení oblasti. Probíhají reintrodukce listnatých stromů, např. buku, jeřábu, či lípy, ale i původních jehličnanů jako je jedle bělokorá (Gebas & al., 2004).

### 2.2.4 Klima

Klimatická regionalizace dle Quitta (1971) rozlišuje v hřebenové části Krkonoš chladnou klimatickou jednotku (Ch 4), střední polohy řadí do Ch 6 a nižší do Ch 7. Pro Ch 4 je typické velmi krátké, chladné a vlhké léto, velmi dlouhé přechodné období s chladným jarem a mírně chladným podzimem. Zima je velmi chladná, dlouhá a vlhká, s charakteristickým dlouhým trváním sněhové pokrývky. Klimatické podmínky v Ch 6 a Ch 7 jsou mírnější, vzhledem k jejich nižší nadmořské výšce. Maximum slunečního osvětlení je v Krkonoších udáváno v měsíci květnu, s ročním průměrem asi 1500 h. V zimním období jsou časté teplotní inverze, kdy je ve vyšších polohách teplé a slunečné počasí, zatímco údolí zaplavuje studený vzduch a mohou vznikat mlhy (Sýkora & al., 1983). Dlouhodobé průměrné roční teploty závisí především na nadmořské výšce a kolísají od asi 7 °C v nižších polohách, po 0-1 °C v polohách nejvyšších. Nejchladnějším měsícem je leden a nejteplejším červenec. Pro vlhkost vzduchu jsou nejvyšší průměrné roční hodnoty zaznamenávány na hřebenech Krkonoš (87% na Sněžce), kdežto směrem do podhůří mírně klesají, cca na 80%. Srážky jsou zaznamenávány v přibližně 50% dnů v roce, nejvíce takových dní je v prosinci a červenci, nejméně v únoru a říjnu. Výraznější srážkové úhrny jsou opět nejčastěji v prosinci a červenci, naopak v dubnu, září a říjnu je typická nízká míra srážek. Celková sněhová pokrývka 10 cm a více se průměrně vyskytuje 90-130 dní v roce v nižších polohách a 150-170 dní na hřebenech (s maximem koncem zimy, resp. počátkem jara). Obloha je v ročním průměru pokryta oblačností v 65-70%. Směr a rychlost větru jsou značně proměnlivé (Metelka & al., 2007).

### 2.2.5 Ochrana přírody a Krkonošský národní park

První náznaky zájmu chránit přírodu Krkonoš se objevují ve druhé polovině 19. století, kdy s narůstající intenzitou průmyslu a turismu docházelo k pustošení místní krajiny. Roku 1904 byl vydán výnos o ochraně krkonošské květeny. Tentýž rok nechal hrabě Jan Harrach, milovník přírody a majitel značného území v západních Krkonoších, vyhlásit první přírodní rezervaci Strmá stráž. Až po druhé světové válce, během níž byla oblast Krkonoš coby pohraničního pohoří silně využívána, byly provedeny rozsáhlé vědecké průzkumy rozmanitosti fauny a flóry, které podnítily snahy o založení národního parku. Na polské straně Krkonoš vzniká Karkonoski Park Narodowy v roce 1959 (Potocki & Štursa, 2007).

Krkonošský národní park (KRNAP) byl vyhlášen roku 1963 a jedná se tak o nejstarší národní park na našem území. Následně byla v roce 1986 zřízením ochranného pásma KRNAP vyvinuta snaha zabezpečit území národního parku před rušivými vlivy z okolní silně využívané krajiny. Správa Krkonošského národního parku sídlí ve Vrchlabí (Vaněk & al., 2007). Celková rozloha včetně ochranného pásma činí 550 km<sup>2</sup>. Do 30. 6. 2020 platilo dělení plochy KRNAP na 3 zóny s rozdílným režimem ochrany. Toto rozdělení však bylo ke dni 1. 7. 2020 změněno ve smyslu novely č. 123/2017 zákona o ochraně přírody a krajiny (114/1992 Sb.), nově jsou tak zóny 4 (viz Tab. 1). Zavedena byla také tzv. klidová území, která přibližně odpovídají původní I. zóně – není v nich umožněn pohyb návštěvníků parku mimo značené turistické cesty. Systém nové zonace je však vyhodnocen dle různých kritérií, a proto není vhodné ho s původními opatřeními srovnávat (<https://krap.cz/krap-a-jeho-ochrann-pasmo/>, 2021, upraveno).

**Tab. 1** – Původní a současná zonace KRNAP (<https://krap.cz/krap-a-jeho-ochrann-pasmo/>, 2021, upraveno):

<b>Zóny KRNAP do 30. 6. 2020</b>	<b>Zóny KRNAP od 1. 7. 2020</b>
I. zóna KRNAP	A – zóna přírodní
II. zóna KRNAP	B – zóna přírodě blízká
III. zóna KRNAP	C – zóna soustředěné péče o přírodu
	D – zóna kulturní krajiny

## 2.3 Faktory s vlivem na rozvoj fyto-bentosu v tekoucích vodách

Skutečnost, že se daný taxon bude v prostředí vyskytovat v rámci určité populace a společenstva, je podmíněna řadou vlastností stanoviště, a to od biotopu až po ekosystémové charakteristiky (Adámek & al., 2010). Základní vlivy ovlivňující bentickou biocenózu řas a sinic jsou popsány v této kapitole.

### 2.3.1 Proudění

Pro tekoucí (lotické) vody je typickým znakem trvalé jednosměrné proudění. Sládečková & Sládeček (1997) uvádějí  $3 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$  jako hraniční hodnotu rychlosti proudu definující tok. Důležitou charakteristikou proudění je jeho rychlost, která se obvykle snižuje směrem z horských oblastí do nížin. Rovněž se mohou vyskytnout úseky s vodou téměř stojatou, kupříkladu říční ramena. Prudké, peřejovité pasáže toků jsou označovány jako torrentilní, klidné úseky nesou název fluviatilní. Aby nebyly strženy proudem toku, vytvořily si řasy a sinice různé adaptace. U rozsivek jsou jimi např. slizovité terčíky rodu *Navicula* či stopečky u *Cymbella* sp. (Zelinka & Sládeček, 1964). Některé sinice jako *Oscillatoria* sp. formují na kamenném podkladu či bahně silné povlaky, které se po odtržení mohou sekundárně vyskytovat jako metafyton (Bellinger & Sigeo, 2010).

### 2.3.2 Světlo

Limitujícím parametrem je pro bentické fotoautotrofní organismy dostupnost světla, neboť má vliv na rychlost a průběh fotosyntézy. Množství slunečního záření, které pronikne k říčnímu dnu, mohou značně ovlivnit např. suspendované látky, pokrývající řasový biofilm či jemné částice sedimentů unášené proudem (Adámek & al., 2010). V tekoucích vodách je světlo oproti vodám stojatým více rozptylováno, což omezuje primární produkci (Sládečková & Sládeček, 1997).

### 2.3.3 Substrát

Pro nárosty řas a sinic na dně toků hraje významnou roli také charakter substrátu, který osidlují. Kromě epilimnických taxonů na kamenech se můžeme setkat například s epifyty (rozsivka *Cocconeis* sp.) či epipsamonem na zrnkách písku. Ponořené dřevo porůstá epixylon, jemný sediment epipelon a na bentické živočichy přisedají epizoická mikrofyta (Lowe & LaLiberte, 2007). U dna se také mohou zachytit planktonní druhy, odumřelé rozsivky atp. (Pouličková, 2011). Podrobněji viz Obr. 1.

### 2.3.4 pH

Jako záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů ve vodě lze vyjádřit hodnotu pH. Zvýšený obsah  $H^+$  iontů způsobuje kyselost vody, naopak nadbytek iontů  $OH^-$  značí zásaditou reakci vody (Lellák & Kubíček, 1992). Děj, při kterém dochází k nárůstu koncentrace vodíkových iontů v prostředí se nazývá acidifikace, a nejen v kombinaci s toxickými kovy (Cu, Zn, Fe, Al) má negativní, často i letální vliv na fotoautotrofní organismy. K acidifikaci toků přispívají hlavně kyselé deště, vymývající z půdních hydrogenuhličitanových částic oxid uhličitý a reaktivní kationty. Ve vodě dochází k chemickým reakcím, vznikají špatně rozpustné sloučeniny typu síran vápenatý-hořečnatý, což vede k téměř úplné nedostupnosti vápníku a hořčíku pro organismy (Adámek & al., 2010). V raných stádiích acidifikace prosperují spájivky *Mougeotia* sp. a *Zygnema* sp. (Schneider & Lindstrøm, 2011).

### 2.3.5 Teplota

Teplota vody může ovlivnit rychlost metabolismu, rozmnožování, či růst buněk organismů. Při velmi zvýšené teplotě dochází k rozkladným procesům, kupříkladu denaturaci bílkovin (Li, 1980). Rovněž má vliv na množství rozpuštěných plynů, rychlost proudění či pohyb molekul. Zdrojem tepla je hlavně sluneční záření, dopadající na hladinu (Hauer & Hill, 2007). Dle Browna (1969) až 25% tepla, které kameny v toku během dne naakumulovaly, bylo v noci vyzářeno zpět do vody. V letním období vyšší teplota vody mnohdy i ve vodách lotických přispívá k rozvoji vodního květu přemnožením sinic a řas (Bellinger & Sigeo, 2010). Nízká teplota vzduchu může zejména v horských tocích způsobit zmrznutí vody, což následně ovlivní světelné i další podmínky (Bradford & al., 2001).

### 2.3.6 Konduktivita

Měrná vodivost či elektrická konduktivita je fyzikální veličina, určující schopnost dané látky vést elektrický proud. Závisí na koncentraci iontů v roztoku – čím vyšší je, tím lépe roztok vede elektrický proud (Pflegerová & al., 2003). Jako základní jednotka konduktivity se používá siemens na metr ( $S \cdot m^{-1}$ ) a její hodnota je definována jako převrácená hodnota odporu roztoku v ohmech ( $\Omega$ ). Coby taxon prosperující při nižší konduktivitě vody je autory Biggs & Price (1987) uváděna zelená řasa *Ulothrix zonata*, naopak vyšší míru vodivosti preferuje řasa *Cladophora glomerata* či rozsivka *Melosira varians*.

### 2.3.7 Saprobity

Saprobity vodního prostředí je možné definovat jako biochemicky rozložitelné množství látek ve vodě. Jedná se o organické znečištění, nejčastěji splaškovými odpadními vodami či ze zemědělství (Adámek & al., 2010). V současné době existují různé saprobní systémy, v našich podmínkách nejpoužívanější dělení jednotlivých stupňů saprobity dle Sládečka & Sládečkové (1996) je blíže popsáno v Tab. 2. K organickému znečištění je citlivá např. rozsivka *Gomphonema exilissimum* či většina druhů krásivek.

### 2.3.8 Trofie

Úživnost vody neboli trofie je vlastnost vody odvíjející se od koncentrací a biologických dostupností forem dusíku a fosforu. Jako (eu)trofizace je nazýván proces znečišťování povrchových vod živinami. V literatuře je uváděna klasifikace 9 stupňů znečištění od ultra-oligotrofie až po hypertrofii. V tocích se v souvislosti se zvýšenou mírou trofie můžeme setkat především s masivním výskytem zelených vláknitých řas, kupříkladu *Microspora* sp. (Adámek & al., 2010).

### 2.3.9 Rozpuštěné prvky

Důležitým prvkem je anorganický uhlík, který se v kyslejších vodách nachází rozpuštěný především ve formě oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ), kdežto v neutrálním a bazickém jako bikarbonát ( $\text{HCO}_3^-$ ). Jeho dostupnost z vodního prostředí je pro řasy a sinice mnohem komplikovanějším procesem než ze vzduchu, a to z důvodu mnohonásobně větší viskozity vody, kdy je kolem organismu vytvořena hraniční vrstva, znesnadňující průnik  $\text{CO}_2$  a  $\text{HCO}_3^-$  do buňky (Sabater & al., 2017). Vyvinuly se však nejrozličnější adaptace, kdy si řasy jsou schopny „zrecyklovat“ uhlík a další živiny uložené v protoplastu (Riber & Wetzel, 1987).

Kyslík je řasami a sinicemi do vody uvolňován coby odpadní produkt fotosyntézy. Během dne se množství rozpuštěného kyslíku ve vodě značně mění, což je dáno strukturou řasového společenstva a jeho schopností masivní produkce  $\text{O}_2$  během dne. V noci dochází ke snižování koncentrace tohoto prvku procesem respirace (Hauer & Hill, 2007). Zároveň je okysličení vody ovlivněno turbulentností toku a s tím souvisejícím procesem reaerace (Bott & al., 1978).

## 2.4 Bioindikace kvality tekoucí vody pomocí fyto-bentosu

Na základě souboru vlastností organismů a jejich vztahu k parametrům prostředí je možné jejich využití pro bioindikaci, tedy pro zjištění stavu dané lokality. Organismus s bioindikační schopností se označuje jako bioindikátor (Adámek & al., 2010). První saprobní systém založený na nálezech indikátorových druhů a hodnotící kvalitu vody vzhledem k organickému znečištění vytvořili Kolkwitz & Marsson (1908), přičemž mnoho taxonů řas a sinic uvedli coby organismy s různou mírou specifity vázané na konkrétní typy vodních prostředí, což je potencionálně činí vhodnými pro bioindikaci (Stevenson & Smol, 2015).

Řasy a sinice mohou poskytnout informace o kvalitě vod jak z dlouhodobého (sezonalita), tak krátkodobého hlediska (náhlé změny v trofii). Základy použití fyto-bentosu k bioindikaci položili Patrick & al. (1954), kteří si povšimli, že na rozdíl od fytoplanktonu není toto společenstvo unášeno proudem a je tak svým druhovým složením schopno odrážet vývoj kvality vody v průběhu času. Mezi výhody rozhodně patří relativní jednoduchost odběru vzorku a, oproti jiným metodám, levná analýza, jejíž výsledky dobře korelují s fyzikálními a chemickými parametry prostředí (Stevenson & Smol, 2015). Problematické však z pohledu kvantifikace mohou být masivní chomáčovité porosty vláknitých řas (Adámek & al., 2010).

V současnosti se biomonitoring fyto-bentosu zakládá především na nejhojnějších řasových obyvatelích dna řek – rozsivkách. Mají pro tento účel nespočet předpokladů, jako např. dobře prozkoumané ekologické nároky jednotlivých druhů, jednoduchost kvantifikace a téměř všudypřítomnost (Bellinger & Sigeo, 2010). Zároveň je však nutno podotknout, že je pro rozsivky jejich značná druhová a morfologická variabilita i částečně nevýhodou a vyžaduje velice pečlivý postup při determinaci. Stejně tak mohou odolné schránky přetrvat v prostředí i po odumření organismu a skladbu společenstva zkreslit (Adámek & al., 2010).

Pravidelné monitorování stavu vod vycházející z druhového složení fyto-bentosu na našem území provádí zejména státní podniky Povodí (Labe, Vltavy, Ohře, Moravy a Odry) dle metodiky Marvan & Heteša (2006). Tento postup je v souladu s ČSN 75 7715 Kvalita vod - Biologický rozbor - Stanovení nárostů; ČSN EN 14407 (75 7722) Kvalita vod - Návod pro identifikaci a kvantifikaci bentických rozsivek z řek a jezer (Adámek & al., 2010).

### 2.4.1 Využití živých řas a sinic k bioindikaci kvality vod v tocích

Přestože jsou pozorovány tendence využívat k bioindikaci kvality vod především hojně rozšířené (viz výše), i zbylé skupiny nárostových řas a sinice mohou na základě svých ekologických nároků poskytnout informace o stavu daného vodního prostředí. Za nespornou výhodu je dle Lowe & Pan (1996) považována např. prvotní pozice těchto fotoautotrofních organismů v potravním řetězci, neboť se nacházejí na rozhraní jeho fyzikálně-chemických a biologických složek, o nichž mohou vypovídat. Důležitou roli hraje také druhová rozmanitost perifytonu, přičemž autoři (Kingston & al., 1983; VanLandingham, 1982) uvádějí, že na několika centimetrech čtverečních substrátu lze odhalit i více než 100 druhů řas a sinic se specifickými ekologickými tolerancemi.

S výjimkou rozsivek lze většinu zástupců řas a sinic analyzovat z nativních vzorků, případně je udržovat fixované např. formaldehydem. Ačkoliv je nutná snaha determinovat nalezené organismy na co nejnižší taxonomickou úroveň, mnohé z nich (*Oedogonium* sp., *Spirogyra* sp., *Zygnema* sp.) nelze s jistotou určit do druhu např. z důvodu absence pohlavní zralosti (Lowe & Pan, 1996).

Ohledně bioindikace pomocí řas a sinic zmiňují Adámek & al. (2010) nevýhodu, a to nejednotné systémy klasifikace kvality vod v rámci evropských zemí. Kupříkladu v Německu či Rakousku jsou standardem 4 třídy kvality vody, kdežto ve Velké Británii je uznáváno tříd 5. Ekologické limity daných taxonů je možné definovat na základě vhodných seznamů (Sládeček & Sládečková, 1996; Van Dam & al., 1994). Bioindikační schopnosti sinic a řas jsou často srovnávány i s dalšími složkami bentického společenstva – makrozoobentosem, makrofyty či rybami. Názory na to, která ze skupin je pro charakterizaci podmínek stanoviště vhodnější, se značně liší. Z toho lze vyvozovat, že je důležitá co nejkompaktnější analýza druhové skladby jak fotoautotrofních, tak heterotrofních organismů s dobře známou ekologií (Lowe & Pan, 1996; Bellinger & Sigeo, 2010).

Během výzkumu pro tuto práci byly jako hlavní bioindikátory zvoleny rozsivky, a to za použití vybraných rozsivkových indexů popsanych v kapitole 2.4.2. Ostatní skupiny řas a sinice byly vzorkovány zejména pro zjištění diverzity fyto-bentosu daných toků, zatímco vhodné či tradičně vnímané indikátorové taxony byly podrobeny zhodnocení této vlastnosti vůči zkušenostem z praxe (viz 5.3).



### 2.4.2 Rozsivkové indexy

Pro vyhodnocování ekologického stavu vod jsou využívány tzv. rozsivkové indexy, založené na výzkumech relativní početnosti a denzity druhů rozsivek na dané lokalitě. Z vypočtených dat lze vyvodit výsledný obraz o toleranci jednotlivých taxonů k faktorům znečištění prostředí, které osidlují (Lobo & al., 2017). Většina dále popisovaných indexů navazuje na výpočet indexu československých badatelů Zelinky a Marvana (1961), jenž např. pro  $\beta$ -oligosaprobitu (A) zní:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n a_i \cdot h_i \cdot g_i}{\sum h_i \cdot g_i}$$

V rovnici  $a_i$  je relativní distribuce druhu  $i$ ,  $h_i$  označuje frekvenci druhu ve společenstvu,  $g_i$  je indikační váha druhu nabývající hodnot 1-5 a  $n$  celkový počet druhů se známou saprobní valencí. Pro každý stupeň, tzn. A ( $\beta$ -oligosaprobita), B ( $\alpha$ -oligosaprobita), C ( $\beta$ -mezosaprobita), D ( $\alpha$ -mezosaprobita) a E (polysaprobita) je index počítán zvlášť formou váženého průměru (Zelinka & Marvan, 1961).

Pro monitoring v této diplomové práci bylo zvoleno celkem 6 typů rozsivkových indexů zaměřených na různé vlastnosti prostředí, a to na základě zhodnocení jejich účinnosti v bakalářské práci autorky (Kotyzová, 2019):

#### **GDI – Generic Diatom Index (Rumeau & Coste, 1988)**

Jedná se o index analyzující složení rozsivkového společenstva pouze na rodové úrovni, neboť bere v potaz komplikovanou determinaci rozsivek. Ze stejného důvodu je hodnocen jako méně přesný a nedostačující pro celkovou charakteristiku podmínek stanoviště. Vytvořen byl dle dlouholetých dat především z francouzských řek (Rumeau & Coste, 1988). Vzorec pro jeho výpočet je založen na rovnici dle Zelinky a Marvana (1961):

$$GDI = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot V_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n V_i \cdot A_i}$$

kde  $S_i$  je citlivost druhu  $i$  (nabývající hodnot 1-5),  $V_i$  vyjadřuje citlivost druhu  $i$  jako bioindikátoru (1-3),  $A_i$  relativní zastoupení druhů v % a  $n$  počet druhů ve vzorku. GDI nabývá hodnot 1-5, přičemž s rostoucí hodnotou se kvalita vody zlepšuje. Vzhledem ke svému zaměření pouze na rody je však i samotnými autory GDI doporučován pro orientační studie (Rumeau & Coste, 1988).

## SLA – Index saprobity dle Sládečka (Sládeček, 1986)

Podle údajů 323 střeoevropských druhů rozsivek byl vytvořen Sládečkův saprobní index. Každému taxonu je přiřazena jeho saprobní valence, s rozsahem hodnot 1-10. K výpočtu je využíván následující vzorec (Sládeček, 1986):

$$S = \frac{\sum(h \cdot S_i)}{\sum h},$$

v němž S je saprobní index celého společenstva,  $S_i$  saprobní index pouze jednotlivého druhu a h hojnost jednotlivého druhu. V roce 1993 byl základní vzorec upraven a doplněn o indikační váhy ( $I_i$ ) jednotlivých druhů (Lecointe & al., 1993):

$$S = \frac{\sum(S_i \cdot h_i \cdot I_i)}{\sum(h_i \cdot I_i)}.$$

Po této úpravě SLA nabývá hodnot -1,5-8,5. V Tab. 2 jsou uvedeny horní hranice míry stanovené saprobity dle Sládeček & Sládečková (1996). Saprobní valence druhů rozsivek však mohou dosahovat značné šířky, a proto jsou dle tohoto indexu klasifikovány jako střední či špatné indikátory saprobity (Sládeček, 1986).

**Tab. 2** - Přehled hodnot indexu SLA a odpovídajících úrovní saprobity (Sládeček & Sládečková, 1996, upraveno):

Hodnota indexu SLA	Úroveň saprobity
< -0,5	katarobita
0,5	xenosaprobita
1,5	oligosaprobita
2,5	$\beta$ -mesosaprobita
3,5	$\alpha$ -mesosaprobita
4,5	polysaprobita
5,5	isosaprobita
6,5	metasaprobita
7,5	hypersaprobita
8,5	ultrasaprobita

### **SPI (IPS) – Specific Pollution Sensitivity Index (CEMAGREF, 1982 in Prygiel & al., 1996)**

Pro tento francouzský typ indexu je nutností co nejdetailnější determinace rozsivek, minimálně na úroveň druhů. V takovém případě se jedná o citlivou a velmi přesnou metodu, neboť výsledky SPI příznivě korelují rovněž s fyzikálně-chemickými ukazateli znečištění vod (Prygiel & al., 1996). Pro výpočet je využívána úprava vzorce dle Zelinky a Marvana (1961):

$$SPI = \frac{\sum_{j=1}^n A_j \cdot V_j \cdot I_j}{\sum_{j=1}^n V_j \cdot A_j},$$

přičemž  $A_i$  je abundance druhu  $j$  ve vzorku,  $V_j$  indikační hodnota druhu (od 1 do 3) a  $I_j$  citlivost druhu ke znečištění prostředí (s rozptylem 1-5). Aby mohl být SPI srovnatelný s dalšími typy rozsivkových indexů, byla vyvinuta dvacetistupňová hodnotící stupnice, která je uvedena v Tab. 3 (Prygiel & al., 1996).

**Tab. 3** – Hodnoty SPI a jim odpovídající kvalita vody (Prygiel & al., 1996, upraveno):

<b>Hodnota indexu SPI</b>	<b>Úroveň kvality vody</b>
SPI ≥ 16	bez organického znečištění, nízká míra eutrofizace
13,5 ≤ SPI < 16	mírná eutrofizace
11 < SPI < 13,5	mírné organické znečištění či těžká míra eutrofizace
7 < SPI < 11	vysoké organické znečištění
SPI < 7	velmi těžké organické znečištění

### **BDI (IBD) – Biological Diatom Index (Lenoir & Coste, 1996)**

Dalším z indexů francouzských autorů je BDI vytvořený pro společnost CEMAGREF. Jeho prvotní verze využívala celkem 209 tzv. klíčových druhů rozsivek a z nich 57 taxonů označovala jako souhrnné, do nichž byly zahrnuty druhy morfologicky si vzájemně podobné (Lenoir & Coste, 1996). Bylo však zjištěno, že pouze podobnost morfologická ne vždy koresponduje s ekologickými nároky

daného taxonu, a proto byl index v roce 2006 inovován jako BDI 2006, tentokrát dle 838 rozsivkových druhů (Coste & al., 2009). Pro výpočet byla opět využita modifikace rovnice dle Zelinky a Marvana (1961):

$$F(i) = \frac{\sum_{x=1}^n A_x(i) \cdot P_x \cdot V_x}{\sum_{x=1}^n A_x \cdot V_x},$$

v níž F(i) označuje pravděpodobnost výskytu sumy druhů pro jakostní třídu,  $A_x$  vyjadřuje abundanci druhu v %,  $P_x$  pravděpodobnost výskytu druhu pro jakostní třídu,  $V_x$  je hodnota ekologické amplitudy daného druhu x a n značí počet druhů, jejichž abundance ve vzorku přesahuje 7,5 % (Coste & al., 2009).

Další zpřesňující úpravy hodnot BDI provedli Szulc (2009) a Szulc & Szulc (2013), změnou dělení tříd kvality vody z původních 7 na nynějších 5 (viz Tab. 4). V rámci této diplomové práce byla využita modifikace BDI 2014, automaticky vyhodnocovaná programem k výpočtu rozsivkových indexů OMNIDIA 6.0 (<https://omnidia.fr/en/>, 2021).

**Tab. 4** - Hodnoty indexu BDI vztažené k odpovídající úrovni a třídě kvality vody (Szulc & Szulc, 2013, upraveno):

Hodnota BDI 2009	Úroveň kvality vody	Třída kvality vody
> 17	výborná	I
15-16,9	dobrá	II
12-14,9	průměrná	III
5-11,9	nízká	IV
< 4,9	špatná	V

#### TID - Rott Trophic Index (Rott & al., 1999)

Pro zjištění míry úživnosti byl dle vzorků z více než 200 rakouských řek vytvořen trofický index dle Rotta. Pracuje s téměř 1000 druhy rozsivek a měnicími se koncentracemi fosforu ve vodě. Vzorec pro výpočet má podobu (Rott & al., 1999):

$$TID = \frac{\sum_{i=1}^n TW_i \cdot G_i \cdot H_i}{\sum_{i=1}^n G_i \cdot H_i},$$

ve kterém  $TW_i$  je trofická hodnota druhu  $i$ ,  $G_i$  indikační váha druhu  $i$ ,  $n$  celkový počet taxonů a  $H_i$  značí abundanci druhu v procentech. Stupnice uvádějící stupně trofie vody vyhodnocené TID je zobrazena v Tab. 5 (Rott & al., 1999). Rottův trofický index je současně se saprobním indexem dle Rotta nejpoužívanějším v Rakousku, Německu či Polsku (Quevauviller & al., 2008).

**Tab. 5** - Hodnocení úrovně trofie vody pomocí TID (Rott & al., 1999, upraveno):

Hodnota indexu TID	Úroveň trofie
< 1	ultraoligotrofie
1,1 - 1,3	oligotrofie
1,4 - 1,5	oligo-mesotrofie
1,6 - 1,8	mesotrofie
1,9 - 2,2	meso-eutrofie
2,3 - 2,6	eutrofie
2,7 - 3,1	eu-polytrofie
3,2 - 3,4	polytrofie
> 3,4	poly-hypertrofie

### **TDI - Trophic Diatom Index (Kelly & Whitton, 1995)**

Míru trofie řek hodnotí také britský index TDI, založený na datech ze 70 anglických a skotských řek. Jedná se o jednoduchou metodu poměřující citlivost na znečištění vody fosforem u 86 taxonů epilitických rozsivek (Kelly & Whitton, 1995). Výpočet se znovu opírá o rovnici dle Zelinky a Marvana (1961):

$$TDI = \frac{\sum_{j=1}^n a_j \cdot v_j \cdot i_j}{\sum_{j=1}^n a_j \cdot v_j}$$

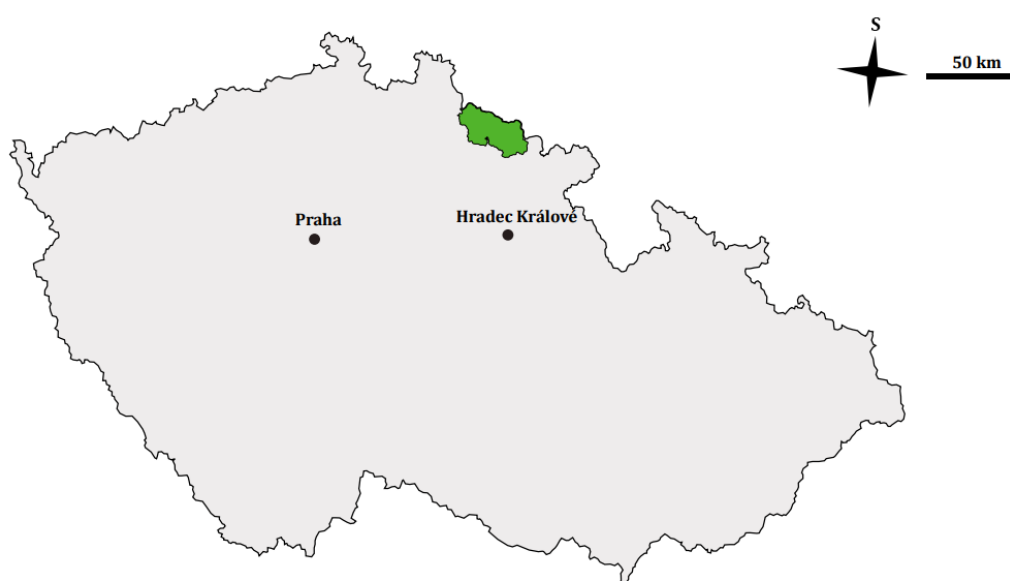
Ve vzorci  $a_j$  je abundance druhu  $j$  ve vzorku,  $v_j$  indikační hodnota druhu (s hodnotami 1-3) a  $i_j$  citlivost druhu na znečištění s rozsahem hodnot 1-5. Výsledky TDI v rozmezí 1-5 (nízká-vysoká míra úživnosti prostředí) jsou pro lepší srovnání s jinými rozsivkovými indexy přepočteny na škálu 0-100 (Kelly & Whitton, 1995).

## 3 Metodika

V této kapitole jsou popsána konkrétní odběrová místa výzkumu, postupy při sběru, zpracování a hodnocení vzorků fyto bentosu a analýze dat. Na základě studia literatury a odborných konzultací byly vytipovány 3 navzájem rozdílné horské toky v Krkonošském národním parku (viz Obr. 3) – Lysečinský potok, Labe a Mumlava.

### 3.1 Odběr vzorků

Ke vzorkování bylo zvoleno celkem 11 odběrových profilů, jak lze vidět na Obr. 4. Zahrnuty byly jak části toků s co nejmenší mírou lidského ovlivnění, tak místa ve velkém osídlená člověkem. V období od října 2019 do října 2020 byly na těchto místech prováděny čtvrtletní odběry vzorků fyto bentosu (s výjimkou zimního). Postup vycházel z metodiky dle Marvana & Heteši (2006). V reprezentativním úseku toku byly ze dna vybrány vhodné kameny a v odběrové misce z nich pomocí zubního kartáčku seškrábán epilitický nárost. V případě přítomnosti vodní vegetace byly sejmuty také epifytické nárosty či získány výtlaky. Vzorek byl poté z misky přelit do připravené 100 ml plastové lahvičky a pečlivě popsán. Zároveň byly pokaždé měřeny základní parametry vody (pH, teplota vody, konduktivita, množství rozpuštěného kyslíku a nasycení kyslíkem) terénní sondou Eureka Manta 2. Proběhlo také zaměření GPS souřadnic pomocí navigace Garmin Montana 680t PRO a pořízena fotografická dokumentace fotoaparátem Nikon D3300 (viz Příloha VI).



**Obr. 3** – Lokalizace Krkonošského národního parku (zeleně) na území České republiky (upraveno autorkou dle různých podkladů)



**Obr. 4** – Umístění zkoumaných toků (tmavě modře) a odběrových profilů (1-11) v rámci Krkonoš; **Lysečinský potok**: 1 – Nad vodopádem, 2 – Pod lesem, 3 – Nad nádrží, 4 – Horní Maršov; **Labe**: 5 – Nad soutokem s Medvědíím potokem, 6 – Špindlerův Mlýn, Dívčí lávky, 7 – U sjezdovky Hromovka, 8 – Herlíkovice; **Mumlava**: 9 – Nad Mumlavským vodopádem, 10 – Harrachov, 11 – Polubný (<https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>, 2021, upraveno)

### 3.1.1 Lysečinský potok

V Lysečinském potoce byly odebírány vzorky na 4 lokalitách:

- (1) Nad vodopádem – 957,6 m n. m., 50.7132808N, 15.8360222E. Nedaleko pramene, nad propustkem silnice k Lysečinské boudě, horní tok. Šířka max. 0,5 m. Dno kameny, štěrk. Břehy bez úpravy, levý i pravý břeh les.
- (2) Pod lesem – 676,3 m n. m., 50.6864192N, 15.8299067E. V blízkosti rekreačních objektů, střední tok. Šířka toku max. 2 m. Dno balvany, kameny, štěrk. Břehy bez úpravy, na levém břehu les, na pravém louka.
- (3) Nad nádrží – 603,7 m n. m., 50.6724497N, 15.8256556E. Dolní tok. Šířka max. 4 m. Úprava břehů kamenitým záhozem. Na dně balvany, kameny, štěrk i písek. Levý břeh les, pravý louka a malá vodní nádrž.
- (4) Horní Maršov – 586,3 m n. m., 50.6653564N, 15.8216792E. Dolní tok, brod. Šířka toku max. 5 m. Dno balvany, kameny, štěrk a písek. Břehy bez úpravy. Levý břeh les, pravý břeh linie stromů a louka, na obou březích hustý bylinný porost.

### 3.1.2 Labe

Pro sběr vzorků fyto bentosu v řece Labi byla zvolena následující 4 odběrová místa:

- (5) Nad soutokem s Medvědíím potokem – 816 m n. m., 50.7482711N, 15.5958425E. Horní tok. Šířka max. 10 m. Dno balvanité, s kameny, štěrkem a pískem. Břehy upravené kamennou rovníaninou. Levý břeh les, na pravém břehu úzká silnice a les.
- (6) Špindlerův Mlýn, Dívčí lávky – 727,7 m n. m., 50.7300467N, 15.6077500E. Horní tok. Maximální šířka toku 20 m. Dno balvany, kameny a štěrk. Břehy upravené kamennou rovníaninou. Levý břeh bylinná vegetace a vzrostlé stromy. Pravý břeh stromy a venkovní rekreační areál.
- (7) U sjezdovky Hromovka – 692,4 m n. m., 50.7232539N, 15.5975778E. Horní tok. Šířka toku max. 15 m. Dno balvany, kameny a štěrk. Levý i pravý břeh upraveny částečně kamennou rovníaninou a částečně kamenným záhozem. Levý břeh na okraji bylinná vegetace, dále les, pravý břeh rovněž byliny a rekreační areál.
- (8) Herlíkovice – 540,1 m n. m., 50.6624067N, 15.5954119E. Horní tok. Šířka max. 20 m. Na dně balvany, kameny a štěrk. Břehy upravené kamennou rovníaninou a kamenným záhozem. Pravý břeh les a bylinná vegetace, levý břeh několik vzrostlých stromů a keřů, byliny a rozsáhlé parkoviště.

### 3.1.3 Mumlava

Odběry vzorků v řece Mumlavě byly provedeny na 3 odběrových profilech:

- (9) Nad Mumlavským vodopádem – 788,8 m n. m., 50.7705481N, 15.4558647E. Horní tok. Šířka 5 m. Dno skála, balvany, kameny, štěrk, písek. Břehy neupravené, na levém břehu les, na pravém úzká silnice a les.
- (10) Harrachov – 665,9 m n. m., 50.7719133N, 15.4260278E. Střední tok. Maximální šířka 10 m. Dno balvany, kameny a štěrk. Břehy upravené kamennou rovníaninou. Levý břeh les, pravý břeh keře, byliny, zástavba.
- (11) Polubný – 580,8 m n. m., 50.7643931N, 15.3968253E. Dolní tok. Šířka toku max. 15 m. Na dně balvany, kameny, štěrk a písek. Levý břeh částečně upraven kamenitým záhozem, pravý břeh kamennou rovníaninou. Na levém břehu les a bylinná vegetace, na pravém stromy, keře, byliny a hlavní silnice.



## **3.2 Zpracování vzorků**

Veškeré získané vzorky fyto-bentosu byly bezprostředně po odběrech umístěny do chladicího boxu a převezeny do laboratoře k dalšímu zpracování. Postup práce byl odlišný pro hodnocení druhového složení živých vzorků řas a sinic a zvlášť analyzované rozsivkové společenstvo, z něhož byla data dále využita pro výpočty vybraných typů rozsivkových indexů.

### **3.2.1 Živé vzorky řas a sinic**

Aby nedošlo k rychlé degradaci živých organismů (a tím ke ztrátě důležitých determinačních znaků), byl do 48 hodin proveden tzv. prescreening všech vzorků. Proběhlo co nejpřesnější možné určení taxonů živých řas a sinic ve světelném mikroskopu Olympus BX51 pod 100-400násobným zvětšením a stanovena jejich procentuální pokryvnost ve vzorku pomocí odhadní stupnice (viz Tab. 6). Zjištěné údaje byly zaznamenávány do laboratorního protokolu pro každý vzorek zvlášť, aby mohly být dále využity pro vyhodnocení diverzity nárostového společenstva řas a sinic na zvolených odběrových profilech. Zároveň byla provedena fotografická dokumentace vybraných nalezených taxonů v programu Cell<sup>^</sup>D, již lze nalézt v Příloze V. Byla také odhadnuta přibližná pokryvnost skupiny rozsivek. Zásobní nativní vzorky fyto-bentosu byly zafixovány stabilizovaným 36-38% formaldehydem na finální koncentraci zhruba 2-3% pro případné pozdější využití.

### **3.2.2 Trvalé preparáty rozsivek**

Pro analýzu složení rozsivkového společenstva bylo nutné vytvořit trvalé preparáty jejich frustul, obsahujících důležité morfologické determinační znaky. Pomocí plastového kapátka byly odebrány asi 3 ml dobře promíchaného zásobního vzorku fyto-bentosu do připravené zkumavky. Čistou Pasteurovou pipetou byl přidán cca 1 ml 35% peroxidu vodíku, aby došlo k odstranění organického materiálu, zejména protoplastů rozsivek. V zavřených lahvičkách byly takto vzorky mineralizovány po dobu 1 týdne, v průběhu byly dvakrát ručně protřepány a homogenizovány. Vyčištěná suspenze byla zředěna cca 1 ml destilované vody, nanesena kapátkem na krycí sklíčko a ponechána zaschnout. Dále byl vytvořen trvalý preparát aplikací dostatečného množství termoplastického média Cargille Meltmount Quick-Stick<sup>™</sup> s indexem lomu 1,704 na nahřáté podložní sklíčko položené v blízkosti elektrické plotýnky. Poté na něj bylo pozvolna přilepeno krycí sklíčko se suchým vzorkem.

Zatuhlé a vychladlé preparáty byly opatřeny popisovacím štítkem a uloženy do krabičky. Vzorky byly analyzovány ve světelném mikroskopu Olympus BX51 pod 1000násobným zvětšením za použití imerzního oleje. V každém ze 44 preparátů bylo napočítáno a zaznamenáno do laboratorního protokolu přibližně 400 valv taxonů rozsivek (v závislosti na zaplnění zorného pole frustulami) k výpočtu rozsivkových indexů. Zpětně byly tyto údaje, podle původního odhadu pokryvnosti rozsivek z prescreeningu, přepočteny na tutéž odhadní stupnici jako řasy živé, pro zaručení pozdější srovnatelnosti dat. Publikace využívané pro determinaci taxonů při mikroskopické analýze vzorků jsou v seznamu použité literatury uvedeny se symbolem „\*“.

**Tab. 6** – Odhadní stupnice abundance druhů řas a sinic ve vzorku (Sládečková & Marvan, 1978, upraveno):

<b>Abundance</b>	<b>Pokryvnost</b>	<b>Stupnice</b>
druh masově zastoupený	90-100%	7
druh velmi hojný	50-90%	6
druh hojný	20-50%	5
druh dost hojný	5-20%	4
druh zřídka	1-5%	3
druh velmi zřídka	0,1-1%	2
druh ojediněle zastoupený	< 1%	1

### 3.2.3 Skenovací elektronová mikroskopie

Pro detailnější fotodokumentaci a determinaci rozsivek bylo státním podnikem Povodí Labe v Hradci Králové umožněno využití skenovacího elektronového mikroskopu (SEM). Příprava preparátů probíhala ze zásobních mineralizovaných roztoků. Na hliníkovou fólii byla Pasteurovou pipetou nanесena kapka suspenze o průměru ne větším než 1 cm. Po zaschnutí byla kapka z folie vystřižena v podobě kolečka o přibližném průměru 1 cm a nalepena na oboustranně lepící uhlíkový štítek, umístěný na hliníkovém nosiči vzorku. Pro zvýšení kvality obrazu byl preparát na nosiči pokoven vrstvičkou práškového zlata v naprašovačce Quorum typu SC7620. Pomocí vysokotlakého vzduchu ve spreji byly ze vzorku odstraněny

nežádoucí prachové částice. Hotový preparát byl připevněn na speciální stůl, vložen do SEM a pozorován. Fotodokumentace rozsivek ze SEM je v Příloze IV.

### **3.3 Výpočet rozsivkových indexů – OMNIDIA**

Nashromážděné údaje o složení rozsivkového společenstva byly analyzovány pomocí francouzského softwaru OMNIDIA 6.0, obsahujícího neustále aktualizovanou databázi více než 23 000 druhů rozsivek v 800 rodech s detailními popisy. Umožňuje vypočítat až 18 typů indexů a další ekologické charakteristiky. Z počátku byl vytvořen pro společnost AGENCE DE L'EAU ARTOIS PICARDIE a IRSTEA, z důvodu správy rozsáhlých seznamů rozsivek využívaných pro hodnocení kvality vody. V současnosti se jedná o klíčový zdroj k řešení projektů provádějících výzkum kvality vody, a to ve více než 50 zemích (<https://omnidia.fr/en/>, 2021).

V programu OMNIDIA bylo nutné pro každý z celkem 44 vzorků rozsivek založit samostatný inventář nalezených taxonů. Vyhledány a importovány byly z výše zmiňované databáze, každé z rozsivek byla přiřazena její abundance v konkrétním vzorku. Po dokončení byl příslušný seznam uložen, a tím automaticky vygenerovány hodnoty šesti zvolených rozsivkových indexů (GDI, SLA, SPI, BDI 2014, TID a TDI). Nakonec byla tato data vyexportována pro další zpracování při výsledném hodnocení kvality vody v Lysečinském potoce, Labi a Mumlavě.

### **3.4 Statistické zpracování dat**

Pro vyhodnocení změn druhového složení fyto-bentosu v období od října 2019 do října 2020 byla použita mnohorozměrná analýza dat CCA (kanonická korespondenční analýza), zpracovaná v programu CANOCO 5. V úvahu byla brána jak proměnlivost struktury společenstva v závislosti na ročním období, tak na základních fyzikálně-chemických parametrech vody. Rovněž byla touto cestou srovnána data zjištěná v rámci této diplomové práce s dostupnými historickými daty z dané oblasti. Správa KRNAP poskytla data z projektu z roku 2015, s reg. č. EHP-CZ02-OV-1-023-2015, subprojektu č. 4: „Vyhodnocení acidifikace a aktuálního ekologického stavu vodních toků na území EVL Krkonoše“. Od státního podniku Povodí Labe byla získána data dlouhodobého monitoringu fyto-bentosu z let 2012-2019. Při tvorbě analýz bylo postupováno dle Lepš & Šmilauer (2000). Výsledky statistické analýzy dat v podobě ordinačních diagramů jsou v kapitole 4.4.

## 4 Výsledky

Následující text přináší informace o diverzitě fyto bentosu, naměřených hodnotách parametrů vody, výsledcích rozsivkových indexů a statistického zpracování dat nashromážděných během praktické části diplomové práce. Připojena jsou rovněž historická data diverzity fyto bentosu a chemické analýzy vody z let 2012-2019 poskytnutá státním podnikem Povodí Labe a Správou Krkonošského národního parku pro srovnávací analýzy.

### 4.1 Diverzita bentického společenstva sinic a řas

Od října 2019 do října 2020 bylo ve 44 vzorcích fyto bentosu z Lysečinského potoka, Labe a Mumlavy nalezeno celkem 254 taxonů sinic a řas. Dominantní skupinu tvořily rozsivky s 197 taxony. Druhou nejpočetnější složku nárostů činily zelené řasy, a to 27 taxonů. Třetí podstatnou složkou bylo 20 taxonů sinic. Ruduchy (3 druhy) či zlativky (2 taxony) z hlediska diverzity společenstva nepůsobí bohatě, ovšem jejich makroskopické porosty (*Batrachospermum turfosum*, *Hydrurus foetidus*) často hrály dominantní roli v pokryvnostech jednotlivých vzorků. Krásnoočka a různobrvky byly zastoupeny 2 druhy a skryténky 1. Níže v Tab. 7 jsou uvedeny počty nalezených taxonů pro každou skupinu a další určené úrovně. Souhrnnou tabulku diverzity řas a sinic s výskyty na konkrétních lokalitách lze vidět v Příloze I, Tab. 10.

**Tab. 7** – Přehled počtů nalezených taxonů pro jednotlivé skupiny řas a sinice:

Skupina	Taxony	Rody	Druhy
Bacillariophyta	197	63	196
Chlorophyta <i>s. l.</i>	27	18	22
Cyanobacteria	20	14	13
Rhodophyta	3	3	3
Chrysophyceae	2	2	1
Euglenophyta	2	2	2
Xanthophyceae	2	1	2
Cryptophyta	1	1	1

#### 4.1.1 Diverzita fyto bentosu v jednotlivých tocích

Druhové složení fyto bentosu sledovaných toků bylo navzájem výrazně odlišné. V navazujícím textu jsou přiblíženy údaje o diverzitě jednotlivých skupin řas a sinic nalezených v konkrétních tocích.

**Lysečinský potok:** Bylo zjištěno celkem 179 taxonů sinic a řas. Dominantní skupinou byly Bacillariophyta se 158 taxony. Ostatní skupiny se vyskytovaly v počtu 21 taxonů. Druhou nejpočetnější skupinou byly Cyanobacteria s 11 taxony. Chlorophyta *s. l.* byly zastoupeny 6 taxony, z toho 2 taxony Desmidiaceae. Po 1 taxonu byly nalezeny Rhodophyta, Cryptophyta, Euglenophyta, Xanthophyceae. Nebyl nalezen žádný zástupce skupiny Chrysophyceae. Druhově nejbohatší byla lokalita č. 4 (135 taxonů). Nejnižší druhová diverzita byla na lokalitě č. 1 (74 taxonů). Na profilu č. 2 bylo zaznamenáno 88 taxonů, na č. 3 celkem 80 taxonů.

**Labe:** Nalezeno celkem 149 taxonů nárostových mikrofyt. Z ostatních řas a sinic bylo zjištěno 41 taxonů. Nejpočetnější skupinou byly Bacillariophyta se 108 taxony. Druhou nejpočetnější skupinu tvořily Chlorophyta *s. l.* s 21 taxony, z toho 10 taxony Desmidiaceae. Třetí skupinou dle početnosti byly Cyanobacteria se 13 taxony. Rhodophyta se vyskytovaly v počtu 3 taxonů. Chrysophyceae byly zastoupeny 2 taxony. Cryptophyta a Xanthophyceae byly nalezeny po 1 taxonu. Žádný taxon nebyl zaznamenán pro skupinu Euglenophyta. Nejvyšší druhová diverzita byla na lokalitě č. 6 (97 taxonů). Druhově nejchudší byla lokalita č. 7 (82 taxonů). Na profilu č. 5 bylo nalezeno 88 taxonů, na č. 8 celkem 83 taxonů.

**Mumlava:** Celkem bylo zaznamenáno 150 taxonů řas a sinic. Dominantu tvořily Bacillariophyta se 113 taxony. V rámci ostatních skupin mikrofyt bylo zjištěno 37 taxonů. Druhá nejpočetnější zjištěná skupina byly Chlorophyta *s. l.* se 23 taxony, z toho 13 taxony Desmidiaceae. Třetí v pořadí dle početnosti byly Cyanobacteria, zastoupené 10 taxony. Po 1 taxonu byly zastoupeny Rhodophyta, Euglenophyta, Chrysophyceae a Xanthophyceae. Ani jeden taxon nebyl zjištěn v rámci skupiny Cryptophyta. Nejvíce diverzifikované společenstvo bylo na profilu č. 9 (96 taxonů). Nejmenší druhová diverzita byla zaznamenána na profilu č. 10 (88 taxonů). Na lokalitě č. 11 bylo nalezeno 95 taxonů.

#### 4.1.2 Nalezené bioindikačně významné taxony živých řas a sinic

Některé taxony sinic a řas jsou tradičně či na základě výzkumů vnímány jako vhodné bioindikátory kvality vod nebo dalších specifických ekologických nároků těchto organismů na prostředí, v němž se vyskytují. Následující text popisuje základní charakteristiky a výskyty takových taxonů nalezených během praktické části diplomové práce. Kapitola 5.3 pak konfrontuje autorčiny poznatky, podložené výsledky z praxe biomonitoringu fyto-bentosu tekoucích vod, s tradičními údaji a vhodnou literaturou. Charakteristiky taxonů upraveny dle Kaštovský & al. (2018).

##### ***Batrachospermum turfosum* Bory (viz Příloha V, Tabule VII, 1)**

Makroskopická, 2-15(20) cm dlouhá stélka, tvořená hlavní osou a axiální vrstvou buněk s věnci přeslenitých bočních krátkých větví. Zbarvení stélky většinou modrošedé nebo nazelenalé. Větvení je řidší, boční větvičky poměrně delší a jejich přesleny často splývají, mohou se tvořit monospory. Nejčastěji nebývá vyvinut karposporofyt, v případě, že ano, tak je velký a polokulovitého tvaru.

**Ekologie:** Vyskytuje se roztroušeně, přisedle na kamenech a dřevě, hlavně v dystrofních vodách stojatých i tekoucích, někdy i ve vodách s neutrálním pH.

**Labe:** Na profilu č. 5 v červenci (hojně) a říjnu 2020 (zřídka).

##### ***Closterium strigosum* Brébisson**

Poměrně štíhlé, mírně zahnuté buňky. V centrální části víceméně válcovité, směrem ke koncům se postupně zužují. Úzce zaoblené až utáté apexy. Buněčná stěna postrádá pravé opasky, je hladká a bezbarvá. Délka (130-)200-300(-360)  $\mu\text{m}$ , šířka (10-)13-16(-19)  $\mu\text{m}$ , poměr délky a šířky (10-)13-18(-22).

**Ekologie:** Hojně v tycho-planktonu a planktonu eutrofních, mírně kyselých až zásaditých lokalit.

**Labe:** Na lokalitě č. 5 v dubnu (ojediněle) a červenci 2020 (velmi zřídka). Na profilu č. 6 velmi zřídka v říjnu 2019 a při letním odběru ojediněle. Rovněž ojediněle v říjnu 2019 na místě č. 7 a č. 8 v červenci.

**Mumlava:** V říjnu 2019 i červenci 2020 ojediněle na lokalitě č. 10. Velmi zřídka na profilu č. 9 z října 2019 a také na odběrovém místě č. 11 v červenci.

### ***Hydrurus foetidus* (Villars) Trevisan (Příloha V, Tabule VII, 5)**

Makroskopická kapsální stélka o délce až několik desítek cm, s výrazným vícenásobným větvením. Ke kamennému podkladu je přichycena posteriorním výběžkem. Jednotlivé buňky oválné, někdy protažené či zaobleně tetraedrické, uspořádané periferně ve společném slizu, nemají buněčnou stěnu. Nástěnné plastidy synchronně ve směru apikálního růstu „větévky“, bez stigmatu, obsahují pyrenoid. Rozmnožování u většiny buněk probíhá dělením na dvě charakteristické tetraedrické zoospory s ostře protaženými vrcholy a jedním bičíkem.

**Ekologie:** Roztroušeně v chladných, čistých, horských tocích.

**Labe:** V dubnu 2020 na odběrových místech č. 7 a 8 (velmi hojně, resp. zřídka), na profilu č. 5 v červenci (zřídka).

**Mumlava:** Lokality č. 10 a 11 v dubnu a červenci 2020. Zřídka až hojně.

### ***Chamaesiphon amethystinus* (Rostafinski) Lemmermann**

Buňky jednotlivé či tvoří někdy i velké skupiny. Válcovité, na konci mírně rozšířené, k substrátu přichyceny krátkou diskovitou stopkou. Barva buněk modrozelená, šedomodrá až nafialovělá. Buňky s pseudovaginou široké (2,5-)3,5-4,6(6,5)  $\mu\text{m}$ , dlouhé 8-16(23)  $\mu\text{m}$ . Jeden, maximálně dva exocyty.

**Ekologie:** Epifyticky na řasách, meších a další submerzní vegetaci. Vzácný, v čistých tocích.

**Labe:** Zřídka na profilu č. 6 v říjnu 2019, červenci a říjnu 2020.

### ***Rivularia haematites* C. Agardh ex Bornet & Flahault**

Kolonie makroskopické, polokulovité až téměř kulovité, jež přisedají k podkladu, na řezu jsou zřetelně vrstevnaté. Barva světle až tmavě hnědá. Na omak slizké a tvrdé, bohatě inkrustované uhličitánem vápenatým. Vlákná heteropolární, jednořadá a relativně dlouhá, zřídka větvěná. Pochvy amorfní až hnědé, tenké, otevřené na horním konci. Trichomy na bázi 3-11  $\mu\text{m}$  široké, dlouhé, pozvolna se zužující směrem ke koncům. Víceméně polokulovité až kuželovité heterocyty, jednotlivé či v párech, často mírně širší než vegetativní buňky.

**Ekologie:** Vody bohaté na vápník, zejména tekoucí, výjimečně i na smáčených vápencových stěnách. Roztroušeně ve vápencových oblastech.

**Lysečinský potok:** Na odběrovém místě č. 4 v říjnu 2020, velmi zřídka.

### ***Tribonema minus* (Wille) Hazen**

Vlákna 4-6  $\mu\text{m}$  široká, buňky válcovité až mírně soudečkovité, maximálně dvakrát delší než široké, mírně zaškrbované. Mnohdy vlákna zvlňovaná. Dva chloroplasty, většinou ležící za sebou.

**Ekologie:** Hojně v perifytonu a bentosu, ve vodách i na vlhké půdě, oblasti bohaté na vápenec.

**Lysečinský potok:** Ojediněle na lokalitě č. 4 v dubnu 2020.

### ***Ulothrix zonata* (F. Weber & Mohr) Kützing**

Buňky válcovité, soudkovité u starších vláken. Široké 30-40(-83)  $\mu\text{m}$ , 0,15-2(-3)x delší než široké. U starších vláken tlustší buněčná stěna, vrstevnatá, s H-kusy. Prstencovitý chloroplast pokrývá celý obvod buňky a obsahuje 1-20 pyrenoidů. Bazální buňka je rozvětvená. Rozmnožování nepohlavní tvorbou 2, 4, 8, 16 zoospor ve sporangiu. Zoospory hruškovitého nebo vejčitého tvaru, 10-17  $\mu\text{m}$  dlouhé a 7-12  $\mu\text{m}$  široké, přítomno stigma. V zimním období může tvořit mikrozoospory, 8,5-13,5  $\mu\text{m}$  dlouhé a 5-7  $\mu\text{m}$  široké. Pohlavně se množí izogamicky 8, 16, 32 gametami ve sporangiu, dlouhými 7-12  $\mu\text{m}$  a širokými 3,5-5  $\mu\text{m}$ . Klíčení zygoty v jednobuněčný kulovitý sporofyt o průměru do 80  $\mu\text{m}$ , produkující 4, 8, 16 čtyřbičíkatých zoospor.

**Ekologie:** Hojná v lotických i stojatých vodách, chladných a prokysličených. Tvoří husté tmavě zelené chomáče.

**Lysečinský potok:** Velmi zřídka červenci 2020 na lokalitě č. 4.

**Labe:** Výskyt ojedinělý v říjnu 2019 na profilu č. 6 a v dubnu 2020 na lokalitách č. 5 a 6. Velmi zřídka (místo č. 5) a zřídka (č. 7) v říjnu 2020.

**Mumlava:** Na profilu č. 9 velmi zřídka v říjnu 2019 a červenci 2020, dost hojně v říjnu 2020. V říjnu 2019 (velmi zřídka) a v dubnu 2020 (ojediněle) na odběrovém místě č. 10.



#### 4.1.3 Nalezené bioindikačně významné taxony rozsivek

V následujícím textu jsou stručně charakterizovány vlastnosti vybraných nalezených taxonů rozsivek s různým bioindikačním potenciálem. S konkrétními výsledky jsou pak srovnány v kapitole 5. Popisy znaků taxonů byly upraveny dle Lange-Bertalot & al. (2017).

##### ***Craticula subminuscula* (Manguin) C. E. Wetzel & Ector**

Syn. *Eolimna subminuscula* (Manguin) Moser, Lange-Bertalot & Metzeltin. Schránka eliptická, rombicky-eliptická, elipticky-kopinatá. Konce valv tupě či ostřeji zakulacené, vzácně subrostrátní, nebo téměř klínovité. Délka 7-12,5  $\mu\text{m}$ , šířka 3,5-6  $\mu\text{m}$ . Strie velmi variabilní hustoty a sklonu, 15-26/10  $\mu\text{m}$ , areoly jemné i silná punkta. Centrální oblast chybí, axiální rovná. Raphe filiformní, mírně zakřivená.

**Ekologie:** Především silně znečištěné tekoucí vody (až polysaprobni), s vysokou konduktivitou, rezistentní k průmyslovým odpadním vodám. Méně početně v tocích s mírně vyšší úrovní saprobity.

**Lysečinský potok:** Velmi zřídka v profilu č. 4 v říjnu 2020.

**Labe:** V říjnu 2020 na lokalitě č. 8, ojediněle.

##### ***Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt (viz Příloha V, Tabule VI, 2)**

Valvy asymetrické vzhledem k transapikální ose a symetrické či lehce asymetrické k apikální ose. Konce valv jsou výrazně kapitátní a široce zaoblené. Velmi velké a robustní schránky, dlouhé 48-132  $\mu\text{m}$  a široké 25-45  $\mu\text{m}$ . Počet strií 8-10/10  $\mu\text{m}$ , radiální, směrem k pólům paralelní až konvergentní, s počtem areol po 12-13 v 10  $\mu\text{m}$ . V oválné centrální oblasti je přítomno 1-6 stigmat, v závislosti na velikosti valvy. Axiální oblast relativně lineární. Na užším konci schránky se nachází velké koncové pole, pomocí kterého tvoří výrazné slizové stopky. Z bočního pohledu je schránka klínovitého tvaru. Raphe téměř rovná, umístěna silně bočně, s výraznými středovými póry a hákovitě zahnutými terminálními konci.

**Ekologie:** Nárosty v oligotrofních tekoucích vodách a litorálu jezer o stále nízké teplotě vody. Dovede tvořit masivní nárosty na kamenech nebo vodních rostlinách. Dříve roztroušeně, dnes invazivní a expanzivní.

**Labe:** Nalezena coby dost hojná na profilu č. 6 v červenci 2020.

### ***Eunotia exigua* (Brébisson) Rabenhorst (Příloha IV, Tabule V, 6)**

Tvar valv v průběhu životního cyklu velmi variabilní. Ventrální okraj konkávní, u nejmenších stádií rovný. Dorzální okraj vždy silněji konvexní. Konce protáhlé, u středních a větších zástupců dorzálně zploštělé. Délka 6-30(50)  $\mu\text{m}$ , šířka 3-4  $\mu\text{m}$ . Hustota strií 19-24/10  $\mu\text{m}$ . Terminální noduly raphe blízko konců schránky.

**Ekologie:** Osidluje široké spektrum stanovišť. Vyskytuje se ve sladkých vodách acidifikovaných anorganickými kyselinami, je bioindikátorem antropogenní acidifikace. Obývá i humózní vodní prostředí či horské toky s hodnotami pH od 2 do 7. Populace druhu může významně narůst vlivem ve vodě rozpuštěných sulfátů.

**Labe:** Na profilech č. 5 a 6 při veškerých odběrech, na lokalitě č. 7 vždy s výjimkou října 2019. Výskyt na odběrovém místě č. 8 v říjnu 2019 a červenci 2020. Velmi zřídka až dost hojná.

**Mumlava:** Na lokalitách č. 9 a 10 ve všech vzorcích, na profilu č. 11 v dubnu a říjnu 2020. Velmi zřídka až dost hojně.

### ***Fragilariforma virescens* (Ralfs) D. M. Williams & Round (Příloha IV, Tabule II, 1)**

Frustuly široce obdélníkovité, často i preparované zůstanou spojeny do pásovitých kolonií. Tvar valvy velmi variabilní, eliptický až lineární. Délka proměnlivá, 10-120  $\mu\text{m}$ , šířka 6-10  $\mu\text{m}$ . Strie po 13-19/10  $\mu\text{m}$ , paralelní, ke koncům mírně radiální. Axiální oblast lineární, úzká. Centrální oblast chybí.

**Ekologie:** Oligotrofní toky s nízkou konduktivitou, s neutrální či slabě kyselou vodou. Není tolerantní ani k mírné acidifikaci. Indikátor velmi dobré ekologické kvality.

**Lysečinský potok:** V říjnu 2019 a dubnu 2020 na profilu č. 3. V dubnu i na lokalitě č. 4. Na odběrovém místě č. 2 v říjnu 2020. Ojedinele až velmi zřídka.

**Labe:** Na lokalitách č. 6 a 8 v říjnu 2019. Všechny profily v dubnu a říjnu 2020. V červenci 2020 profil č. 5. Výskyt ojedinelý až zřídka.

**Mumlava:** Na všech odběrových místech při všech vzorkováních, s výjimkou profilu č. 9 v červenci 2020. Nalezena ojedinele až velmi zřídka.

### ***Frustulia saxonica* Rabenhorst**

Tvar schránky široce kopinatý až rombicky-kopinatý. Konce frustuly obvykle krátké a široce prodloužené, málo zřetelné. Délka schránky 28-105  $\mu\text{m}$ , šířka 10-18  $\mu\text{m}$ . Počet strií 29-32/10  $\mu\text{m}$ , v centrální třetině jsou paralelní, směrem ke koncům valvy konvergentní a na pólech radiálně uspořádané. Podélné linie strií téměř rovné, rovnoměrně rozmístěné. Středová žebra vždy rovná, v okolí centrálních nodulů raphe mohou působit zúženě a konkávně.

**Ekologie:** Druh charakteristický pro dystrofní sladké vody s nízkou konduktivitou. Toky a jezera na křemičitém podloží. Často tvoří významnou složku nárostů vrchovišť. Bioindikátor velmi dobré ekologické kvality. Někdy se vyskytuje společně s podobnou *F. crassinervia*.

**Lysečinský potok:** Velmi zřídka v dubnu 2020.

**Labe:** Na profilu č. 6 vždy. V říjnu 2019 a dubnu 2020 na profilu č. 5. V dubnu a říjnu 2020 na lokalitě č. 8 v říjnu 2020 na profilu č. 7. Ojediněle až velmi zřídka.

**Mumlava:** Všechna odběrová místa v dubnu a říjnu 2020. V říjnu 2019 na profilech č. 9 a 10. Na lokalitách č. 9 a 11 v červenci 2020. Velmi zřídka až zřídka.

### ***Gomphonema exilissimum* (Grunow) Lange-Bertalot & E. Reichardt**

Valvy rovně kopinaté, naviculoidní, nejširší ve střední části a velmi jemně zakřivené směrem k pólům. Konce mírně a krátce protažené, téměř identického tvaru. Délka schránky 20-39  $\mu\text{m}$ , šířka 4,3-6  $\mu\text{m}$ . Počet strií 12-16/10  $\mu\text{m}$ , slabě radiální až paralelní. Punkta zřetelná i ve světelném mikroskopu, zhruba 32/10  $\mu\text{m}$ .

**Ekologie:** Charakteristický druh slabě kyselých, na živiny a elektrolyty chudých sladkých vod na křemičitém podloží.

**Lysečinský potok:** Lokality č. 1 a 3 v dubnu 2020. Na profilu č. 4 v říjnu 2019. Ojediněle až velmi zřídka.

**Labe:** Všechny profily v červenci a říjnu 2020. V říjnu 2019 a dubnu 2020 na profilech č. 6 a 7. V dubnu rovněž na profilu č. 5. Velmi zřídka až zřídka.

**Mumlava:** Veškeré lokality s výjimkou č. 9 v říjnu a 10 v dubnu 2020. Velmi zřídka až dost hojně.

### ***Hannaea arcus* (Ehrenberg) R. M. Patrick (Příloha IV, Tabule I, 3)**

Živé jednotlivé buňky či shluky připomínají ohnuté prsty ruky. Frustuly více či méně zahnuté, směrem ke koncům se zužují. Dorzální strana běžně pravidelně konvexní, lukovitá. Ventrální strana konkávní s charakteristickou inflací uprostřed, někdy i více konkávních konstrikcí. Konce víceméně kapitátní. Délka asi 15-150  $\mu\text{m}$ , šířka cca 4-8  $\mu\text{m}$ . Počet strií 13-18/10  $\mu\text{m}$ , nezřetelná punkta. Axiální oblast úzká až velmi úzce lineární. Centrální oblast chybí nebo ji tvoří tzv. „ghost striae“.

**Ekologie:** Drobné rychle proudící toky, toleruje různé pH, obsah karbonátů a slabé org. znečištění. Chybí v mírně až silně kyselém či acidifikovaném prostředí.

**Lysečinský potok:** Lokality č. 2 a 4 v červenci 2020 (velmi zřídka, resp. ojediněle). V říjnu 2020 zřídka na odběrovém místě č. 4.

**Labe:** Na profilech č. 7 a 8 při všech odběrech, velmi zřídka až dost hojně. Velmi zřídka v říjnu 2019 a červenci 2020 na profilu č. 5 a č. 6 v říjnu 2019.

**Mumlava:** Pouze zřídka na profilu č. 11 v říjnu 2020.

### ***Melosira varians* C. Agardh**

Frustuly z bočního pohledu cylindrické, spojené čelními plochami valv v dlouhé řetízkovité kolonie. Valvy ploché až velmi mírně konvexní, s několika drobnými hroty uprostřed. Nejdelsí může být viditelný i ve světelném mikroskopu, na rozdíl od jemnějších struktur. Průměr schránky 8-35  $\mu\text{m}$ , výška 8-17  $\mu\text{m}$ .

**Ekologie:** Tekoucí vody se zvýšenou trofí a mírně vyšší konduktivitou. Široce rozšířená v bentosu drobných i větších toků, v pramenech s vyšším průtokem. Méně hojná v lentických vodách. V mělkých partiích obohacených živinami může zejména v létě tvořit makroskopická tenká a jemná vlákna. Roztroušeně také ve slabě brakických pobřežních vodách.

**Lysečinský potok:** V říjnu 2019 na profilu č. 1 (velmi zřídka), 2 (ojediněle) a 4 (dost hojně). Zřídka na lokalitě č. 4 v říjnu 2020.

**Labe:** Zřídka na lokalitě č. 8 v říjnu 2019 a dubnu 2020. Rovněž zřídka na profilu č. 5 v říjnu 2020. Na profilu č. 6. ojediněle v říjnu 2019 a červenci 2020.

**Mumlava:** Všechna odběrová místa v dubnu 2020. (ojediněle až zřídka).

***Pinnularia subcapitata* ssp. *subcapitata* W. Gregory (Příloha V, Tabule VI, 6)**

Valvy lineární, okraje rovné či uprostřed mírně konvexní nebo konkávní. Konce vždy zřetelně (sub)kapitátní. Délka 20-43  $\mu\text{m}$ , šířka 4-6  $\mu\text{m}$ , vzájemný poměr typicky nižší než 6. Strie 11-13/10  $\mu\text{m}$ , slabě až silněji radiální, ke koncům konvergentní. Axiální oblast úzce lineární či rozšířená u středu a těsně kopinatá. Centrální oblast s více či méně širokou fascií, často sahající ke stranám schránky. Raphe filiformní, centrální póry drobné, kapkovité, bočně umístěné.

**Ekologie:** Oligotrofní, kyselá stanoviště s nízkou konduktivitou. Hojnější v horních tocích na křemičitém podloží. Indikátor antropogenní acidifikace toků.

**Labe:** Při každém z odběrů na lokalitě č. 5. Na profilu č. 7 v červenci a říjnu 2020. V říjnu 2019 na profilu č. 6 a v dubnu 2020 na odběrovém místě č. 8. Velmi zřídka až zřídka.

**Mumlava:** Nalezena velmi zřídka až zřídka při všech odběrech.

***Stauroneis silvahassiaca* Lange-Bertalot & Werum (Příloha IV, Tabule III, 6)**

Obrys schránky kopinatý, nikdy lineární, konce valv (sub)rostrátní až subkapitátní. Délka 28-42  $\mu\text{m}$ , šířka 8-9,5  $\mu\text{m}$ . Strie hustě rozmístěné, 30-33/10  $\mu\text{m}$ , ve středu mírně radiální, více radiální směrem ke koncům frustuly. Punkta obtížně rozlišitelná ve světelném mikroskopu. V centrální oblasti rozšířená fascia, mírně se rozšiřující až k okrajům. Axiální oblast spíše úzká a téměř rovná, širší směrem ke středu Raphe vzhledem k apikální ose velmi mírně bočně umístěná, s jemně rozšířenými centrálními póry.

**Ekologie:** Drobnější tekoucí vody s nízkými hodnotami konduktivity, v nichž se vyskytuje společně s acidofilními rozsivkami, zejména nejružnějšími zástupci rodu *Eunotia*.

**Lysečinský potok:** Ojediněle na odběrovém místě č. 2 v dubnu 2020.

**Labe:** Na profilu č. 6 v říjnu 2019 (velmi zřídka), červenci a říjnu 2020 (ojediněle). V říjnu 2019 na lokalitě č. 5 a také na č. 7 v říjnu 2020 velmi zřídka.

**Mumlava:** V dubnu 2020 na profilu č. 11, ojediněle.

### ***Surirella roba* Leclercq (Příloha IV, Tabule V, 5)**

Schránky izopolární, z bočního pohledu obdélníkovité se zaoblenými rohy. Tvar valvy lineárně-kopinatý až kopinatý, okraje paralelní až mírně konvexní. Konce tupě zaoblené. Délka 22-61  $\mu\text{m}$ , šířka 8-11  $\mu\text{m}$ . Strie po 25-30/10  $\mu\text{m}$ . Počet krajních kanálek 3,6-5/10  $\mu\text{m}$ . Kresba uvnitř valvy špatně znatelná. Axiální oblast chybí.

**Ekologie:** Druh charakteristický pro oligo- až mesotrofní, neutrální až slabě kyselé toky. Vzácná v lentických vodách. Biondikátor velmi dobré ekologické kvality. V oblastech s křemičitým podložím může tvořit dominantu rozsivkových nárostů.

**Lysečinský potok:** V říjnu 2020 na profilu č. 4, ojediněle.

**Labe:** Všechny profily v dubnu 2020 (ojediněle až zřídka). Rovněž zřídka, resp. dost hojně na lokalitách č. 5, 6, 7 v říjnu 2019 a červenci 2020. V říjnu 2020 na profilech č. 6 (zřídka) a 7 (velmi zřídka).

**Mumlava:** V dubnu a říjnu 2020 velmi zřídka až dost hojně na všech profilech. Zřídka na odběrových místech č. 9 a 10 v říjnu 2019 a červenci 2020.

### ***Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing (Příloha IV, Tabule I, 6)**

Frustuly při bočním pohledu se 3 až zhruba 32 uzavřenými bočními pásy. V živém materiálu často formují „cik-cak“ kolonie. Inflace uprostřed schránky je obecně širší než konce. Délka cca 6-130  $\mu\text{m}$ , šířka 4-8,5  $\mu\text{m}$ . Hustota strií 13-20/10  $\mu\text{m}$ . Axiální oblast úzká, lineární, většinou uprostřed schránky znatelně rozšířená. Blízko centrální inflace je přítomna rimoportula, jeví se jako krátká čárka či puntík. Na okraji valvy jsou drobné hroty.

**Ekologie:** Početná pouze v měkkých vodách s nízkým obsahem živin, v menších abundancích i jinde, a to v bentosu i planktonu. Vzácná ve větších tocích.

**Labe:** Zřídka až dost hojně na všech lokalitách v říjnu 2020. V říjnu 2019 na lokalitách č. 5 (zřídka), 6 (velmi zřídka) a 8 (ojediněle). V dubnu 2020 na profilech č. 5 (dost hojně), 7 (ojediněle) a 8 (velmi zřídka). Na odběrových místech č. 5 a 6 v červenci 2020 velmi zřídka, resp. zřídka.

**Mumlava:** Na veškerých odběrových profilech během všech vzorkování. Velmi zřídka až dost hojně.

## 4.2 Hodnoty parametrů vody

Při každém z odběrů na sledovaných profilech bylo měřeno i pět základních parametrů vody popsanych níže. Výjimku činí pouze odběr z lokality č. 1 (Lysečinský potok – Nad vodopádem) z října 2019. Měření nebylo možné provést z důvodu příliš nízkého průtoku vody v téměř vyschlém korytě Lysečinského potoka, kvůli němuž nemohlo být čidlo terénní sondy umístěno do dostatečné hloubky toku (viz Příloha VI, Obr. 7, 1). Rozsahy hodnot parametrů vody jsou v Tab. 8. Souhrn hodnot parametrů vody ve všech tocích od října 2019 do října 2020 je v Příloze II, Tab. 11.

### 4.2.1 Teplota vody

V Lysečinském potoce teplota vody v průběhu jednoho roku dosahovala hodnot od 5,1 °C na odběrovém místě č. 1 (Nad vodopádem, říjen 2020) do 11,9 °C na lokalitě č. 4 (Horní Maršov, červenec 2020).

Nejnižší teplota vody v řece Labi byla naměřena v dubnu 2020 na profilu č. 5 (Nad soutokem s Medvědí potokem), a to 2,9 °C. Nejvyšší údaj činil 13,4 °C (Herlíkovice, červenec 2020), byla to zároveň nejvyšší zjištěná teplota ze všech toků.

V Mumlavě se hodnoty teploty vody pohybovaly v rozsahu 2,0 °C (Nad Mumlavským vodopádem, duben 2020) až 13,2 °C na lokalitě Harrachov při červencovém odběru. Zmíněné 2,0 °C byly rovněž nejnižší zaznamenanou teplotou v rámci tří sledovaných toků.

### 4.2.2 pH

Hodnoty pH v Lysečinském potoce sahaly od 7,7 na profilu č. 2 (Pod lesem, říjen 2019 a říjen 2020) do 8,2 (Nad nádrží, duben 2020). Nejvyšší pH značí také nejvíce zásaditou reakci vody z veškerých odběrových míst.

Vody ve sledovaných úsecích Labe charakterizovalo slabě kyselé až slabě zásadité pH v rozsahu 6,1 až 7,6. Oba údaje byly zjištěny na lokalitě č. 5 v dubnu, respektive v červenci 2020.

Nejvyšší míry kyselosti vody, a tedy nejnižších hodnot pH dosahovala voda v Mumlavě. Na profilu č. 9 (Nad Mumlavským vodopádem) bylo naměřeno pH 4,7 v říjnu 2020. Nejvyšší naměřenou hodnotou v Mumlavě bylo pH 7,2, také na lokalitě č. 9 v červenci 2020.

### 4.2.3 Konduktivita

Hodnota konduktivity vody v Lysečinském potoce činila minimálně 10,3  $\mu\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$  (říjen 2020, Pod lesem) a maximálně 24,5  $\mu\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$  na odběrovém profilu Nad nádrží v říjnu 2019. Zároveň se jednalo o celkově nejvyšší zjištěnou konduktivitu.

V Labi konduktivita nabývala hodnot od 1,5  $\mu\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$  na lokalitě č. 5 v dubnu 2020 do 5,9  $\mu\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$  při červencovém odběru v Herlíkovicích. Nejnižší údaj byl současně nejnižší naměřenou hodnotou ze všech 44 odběrů.

Minimální zjištěná hodnota vodivosti v Mumlavě byla 1,6  $\mu\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$  na profilu č. 9 v dubnu 2020, naopak nejvyšší 10,5  $\mu\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$  v říjnu 2019 a červenci 2020.

### 4.2.4 Množství rozpuštěného kyslíku

Hmotnostní koncentrace kyslíku rozpuštěného ve vodě Lysečinského potoka činila nejméně 10,7  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  v červenci 2020 na odběrovém místě č. 4, nejvíce 12,6  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  tamtéž v dubnu 2020.

Nejnižší množství rozpuštěného kyslíku v řece Labi bylo zjištěno v červenci 2020 na profilu č. 6 (Špindlerův Mlýn, Dívčí lávky), a to 10,3  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Nejvyšší hodnoty 14,0  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  tato koncentrace dosáhla v dubnu 2020 na lokalitě č. 5.

Ve vodě řeky Mumlavy byla nejnižší hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku 10,7  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  stanovena v červenci 2020 v Harrachově. Nejvyšší hodnota 14,3  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  byl naměřena na profilu č. 9 při dubnovém odběru.

### 4.2.5 Nasycení vody kyslíkem

Procentuální nasycení vody kyslíkem v Lysečinském potoce dosahovalo hodnot od 95,6% na profilu č. 2 v říjnu 2019 do 105,3% tamtéž v dubnu 2020. Nejnižší zmíněná hodnota byla zároveň nejnižší mírou nasycení vody kyslíkem ze všech odběrů.

V řece Labi byla nejnižší hodnota procentuálního nasycení vody kyslíkem 96,4% zjištěna na profilu č. 5 v říjnu 2019. Naopak nejvyšší hodnota 108,4% byla naměřena v dubnu 2020 v Herlíkovicích.

Hodnoty procentuálního nasycení vody kyslíkem v Mumlavě se pohybovaly v rozsahu od 98,9% na odběrovém místě č. 9 v říjnu 2019 do 108,8% na profilu č. 10 při dubnovém odběru. V dubnu se rovněž jednalo o nejvyšší naměřené nasycení vody kyslíkem během této práce.



### 4.3 Výsledné hodnoty rozsivkových indexů

Následující část práce obsahuje zevrubné výsledky 6 typů rozsivkových indexů vypočtených programem OMNIDIA 6.0. Shrnutí rozsahů hodnot jednotlivých rozsivkových indexů s odpovídající kvalitou vody je uvedeno v Tab. 9. Celkový přehled hodnot veškerých rozsivkových indexů lze nalézt v Příloze III, Tab 12.

#### 4.3.1 GDI

V Lysečinském potoce se hodnoty GDI pohybovaly od 3,20 (profil č. 4) do 4,07 (profil č. 1). Oba údaje byly zjištěny z dat z dubna 2020. Nejnižší hodnota značí střední (třída III, mesotrofie) a nejvyšší dobrou (třída II, oligotrofie) kvalitu vody.

Výsledky GDI v řece Labi byly nejméně 3,80 (lokalita č. 8, říjen 2019) a nejvíce 4,47 (lokalita č. 5, říjen 2020). Nejnižší údaj charakterizuje vodu střední kvality a mesotrofní, nejvyšší velmi dobrou kvalitu vody (třída I) a oligotrofii.

Hodnoty indexu GDI v Mumlavě činily nejnižší 3,69 na profilu č. 11 v červenci a nejvyšší 4,58 na profilu č. 9 v dubnu 2020. Kvalitu vody tak lze interpretovat jako střední (mesotrofie) až velmi dobrou (oligotrofní).

#### 4.3.2 SLA

Sládečkův saprobní index v Lysečinském potoce činil nejméně 0,62 (profil č. 1, říjen 2020), což odpovídá oligosaprobite. Nejvyšší hodnota 1,78 (profil č. 4, duben 2020) značí  $\beta$ -mesosaprobitu.

Hodnoty SLA se v Labi pohybovaly v rozsahu 0,47 (lokalita č. 1, říjen 2020) až 1,34 (lokalita č. 8, říjen 2019). Nejnižší údaj naznačuje katarobní, a naopak nejvyšší zjištěná hodnota oligosaprobni vodu.

V řece Mumlavě výsledky indexu SLA dosahovaly hodnot od 0,44 (profil č. 9, říjen 2020) do 1,70 (profil č. 11, červenec 2020). První zmíněná hodnota ukazuje na katarobitu, druhá na  $\beta$ -mesosaprobitu.

#### 4.3.3 SPI

Pro index SPI byla v Lysečinském potoce nejnižší hodnota 12,20 v dubnu 2020 na profilu č. 4. Značí průměrnou kvalitu vody, mírné organické znečištění či těžkou míru eutrofizace. Nejvyšší hodnota (18,30) a také výborná kvalita vody (bez organického znečištění, nízká míra eutrofizace) byla na profilu č. 1 v říjnu 2020.

V řece Labi byl nejnižší údaj indexu SPI 16,10 zjištěn na lokalitě č. 8 v říjnu 2019. Hodnotí vodu jako výbornou, bez organického znečištění, s nízkou mírou eutrofizace. Stejná kvalita vody byla s hodnotami 19,30 na místech č. 5 a 6 v červenci.

Výsledky SPI v Mumlavě se pohybovaly v rozsahu 15,70 (profil č. 11, červenec) až 19,40 (profil č. 1 v dubnu a říjnu 2020). Voda byla výborné kvality, mírně eutrofní až bez organického znečištění, s nízkou mírou eutrofizace.

#### **4.3.4 BDI 2014**

Nejnižší výsledek (12,60) BDI 2014 v Lysečinském potoce byl vypočten pro lokalitu č. 4 v dubnu a značí nízkou kvalitu vody (třída IV). Naopak nejvyšší hodnota činila 18,00 na profilu č. 1 v říjnu 2020 a ukazuje na výbornou kvalitu vody (třída I).

Hodnoty BDI 2014 v Labi sahaly od 17,00 (profil č. 8, říjen 2019) do 20,00 (profil č. 5 vždy; č. 6 duben-říjen 2020; č. 7 v říjnu 2020). Kvalita vody byla dobrá (třída II) až výborná.

Rozsah údajů BDI 2014 v řece Mumlavě byl 17,40 (odběrové místo č. 11 v říjnu 2019) až 20,00 (místo č. 9 vždy; č. 10 v červenci a říjnu 2020; č. 11 v říjnu 2020). Tyto hodnoty značí dobrou až výbornou kvalitu vody.

#### **4.3.5 TID**

Rottův trofický index dosahoval v Lysečinském potoce hodnot od 2,48 (profil č. 1) do 3,17 (profil č. 2). Obě hodnoty byly zjištěny z dubnových vzorkování. Nejnižší údaj odpovídá eutrofii, nejvyšší je na hranici eu-polytrofie a polytrofie.

Vypočtené výsledky TID se v Labi pohybovaly od 1,26 (na místě č. 5 v říjnu 2019 a dubnu 2020) do 2,54 (lokalita č. 8, říjen 2019). Nejnižší údaj charakterizuje vodu oligotrofní, nejvyšší eutrofní.

Index TID ve vzorcích z Mumlavy činil nejméně 1,04 na profilu č. 9 v říjnu 2020, kde hodnotí úroveň úživnosti vody jako hraniční mezi ultraoligotrofií a oligotrofií. Nejvyšší údaj 2,35 z profilu č. 10 v dubnu naznačuje eutrofní vodu.

#### **4.3.6 TDI**

Rozsah hodnot TDI v Lysečinském potoce sahal od 31,13 (na lokalitě č. 1 v říjnu 2020) do 71,01 (na odběrovém místě č. 2 v říjnu 2019). První zmíněná, nejnižší hodnota značí oligotrofii (třída I), naopak nejvyšší eutrofii (třída IV).

V Labi byl pro TDI nejnižší údaj 19,91 v dubnu na odběrovém místě č. 5 a nejvyšší 46,77 v říjnu 2020 na profilu č. 8. Voda byla oligo- až oligo-mesotrofní.

Hodnoty TDI v Mumlavě se pohybovaly od 16,13 (odběrový profil č. 9, říjen 2020) do 44,13 (profil č. 11, červenec 2020). Nejnižší hodnota odpovídá oligotrofním podmínkám, nejvyšší pak oligotrofii až mesotrofii.

**Tab. 8** – Rozsahy naměřených hodnot parametrů vody od října 2019 do října 2020:

	<b>Lysečinský potok</b>	<b>Labe</b>	<b>Mumlava</b>
<b>Teplota vody (°C)</b>	5,1-11,9	2,9-13,4	2,0-13,2
<b>pH</b>	7,7-8,2	6,1-7,6	4,7-7,2
<b>Konduktivita (μS.m<sup>-1</sup>)</b>	10,3-24,5	1,5-5,9	1,6-10,5
<b>O<sub>2</sub> (mg.l<sup>-1</sup>)</b>	10,7-12,6	10,3-14,0	10,7-14,3
<b>O<sub>2</sub> (%)</b>	95,6-105,3	96,4-108,4	98,9-108,8

**Tab. 9** – Rozsahy hodnot rozsivkových indexů od října 2019 do října 2020:

	<b>Lysečinský potok</b>	<b>Labe</b>	<b>Mumlava</b>
<b>GDI</b>	mesotrofnie-oligotrofnie	mesotrofnie-oligotrofnie	mesotrofnie-oligotrofnie
<b>SLA</b>	oligosaprobita-β-mesosaprobita	katarobita-oligosaprobita	katarobita-β-mesosaprobita
<b>SPI</b>	průměrná kvalita vody-výborná kvalita vody	výborná kvalita vody	dobrá kvalita vody-výborná kvalita vody
<b>BDI 2014</b>	nízká kvalita vody-výborná kvalita vody	dobrá kvalita vody-výborná kvalita vody	dobrá kvalita vody-výborná kvalita vody
<b>TID</b>	eutrofnie-eu-polytrofnie/polytrofnie	oligotrofnie-eutrofnie	ultraoligotrofnie-oligotrofnie
<b>TDI</b>	oligotrofnie-eutrofnie	oligotrofnie-oligo-mesotrofnie	oligotrofnie/oligo-tro-fnie-mesotrofnie

## 4.4 Výsledky statistického zpracování dat – CCA analýza

Pro vysvětlení a přiblížení ekologických nároků jednotlivých nalezených taxonů řas a sinic byla v programu CANOCO 5 provedena CCA analýza dat. V této kapitole jsou uvedeny výsledné ordinační diagramy, a to jak pro data zjištěná v rámci této diplomové práce, tak data historická ze shodných odběrových lokalit, poskytnutá státním podnikem Povodí Labe a Správou Krkonošského národního parku. Hodnocen byl vztah 40 taxonů mikrofyt k měřeným parametrům vody a také změny ve složení bentického společenstva řas a sinic v průběhu ročních období.

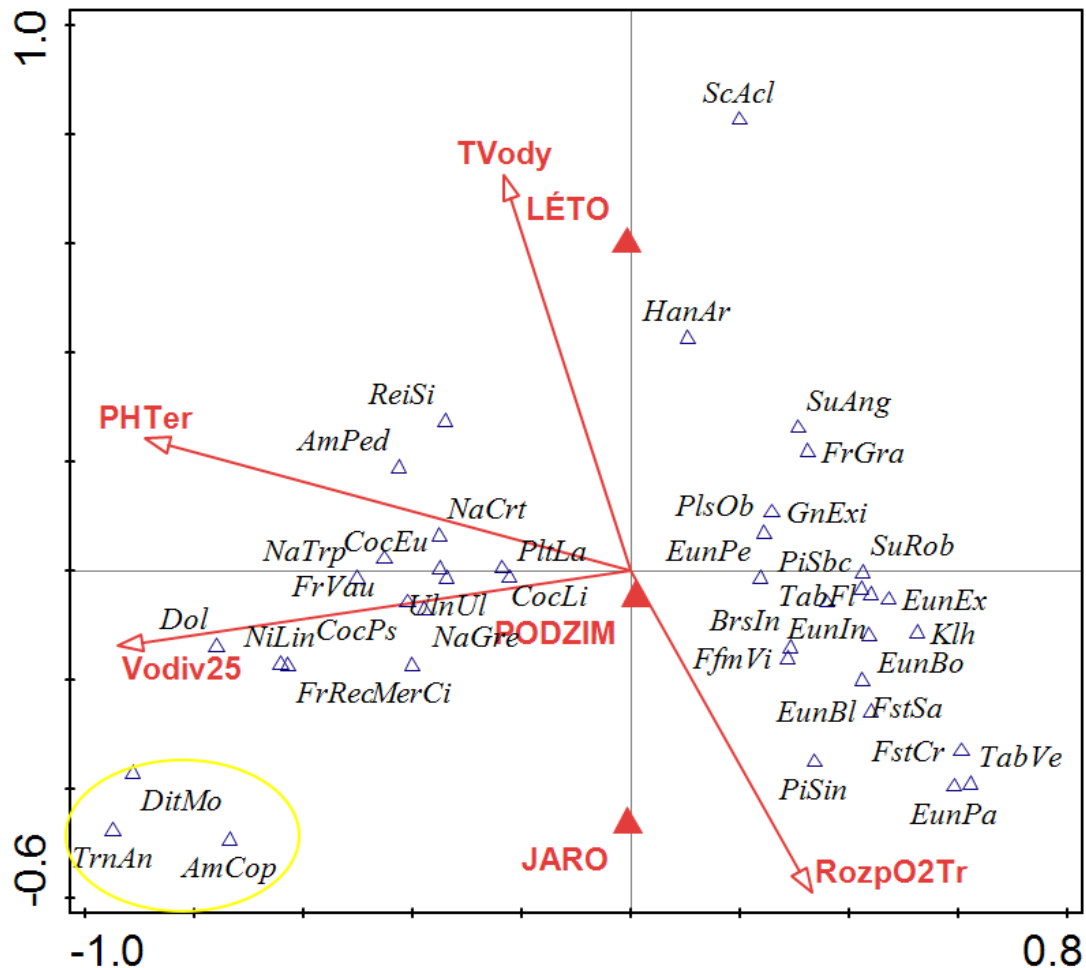
### 4.4.1 CCA analýza – data v rámci této diplomové práce

Jak lze vidět na ordinačním diagramu CCA analýzy na Obr. 5, výskyty taxonů nekorespondují s ročními obdobími. Jako mnohem podstatnější se jeví závislosti jednotlivých taxonů na fyzikálně-chemických parametrech vody. Zároveň jsou u rozsivek oproti jiným skupinám řas a sinicím evidentní výraznější nároky na jednotlivé parametry prostředí. Žlutou elipsou je označena tendence druhů *Tryblionella angustata*, *Diatoma moniliformis* a *Amphora copulata* vyhledávat prostředí s vyšší konduktivitou a hodnotami pH. Zvýšenou konduktivitu a pH preferovala také sinice *Dolichospermum* sp. Nižší konduktivitu a pH preferuje rozsivka *Surirella roba* či *Gomphonema exilissimum*. Zároveň je z grafu patrná úzká souvislost mezi množstvím rozpuštěného kyslíku ve vodě a teplotou vody. Nižší teplota, a tím pádem vyšší množství rozpuštěného kyslíku se odráží zejména na složení rozsivkového společenstva. Mezi chladnomilné řasy čistých, dobře prokysličených vod je možné zařadit rozsivky *Fragilariforma virescens* a *Tabellaria ventricosa*. Rozsivky rodu *Eunotia* se zřetelně vyskytovaly v kyselejším prostředí, stejně tak taxon *Pinnularia subcapitata* var. *subcapitata*. Zelená řasa *Scenedesmus aculeolatus* obývala vody s vyšší teplotou a nízkým obsahem rozpuštěného kyslíku.

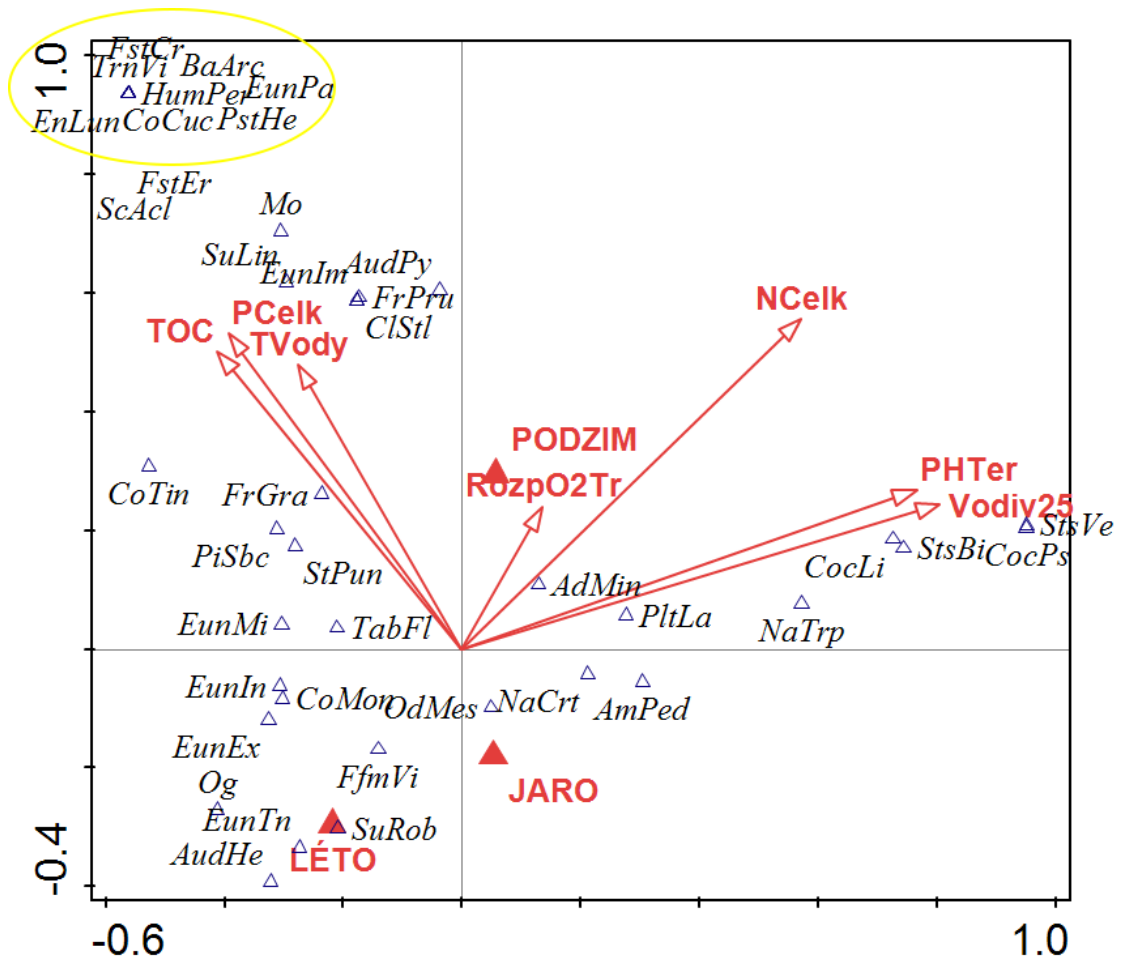
### 4.4.2 CCA analýza – historická data

Z ordinačního diagramu CCA analýzy zobrazeného na Obr. 6 podobně jako u předchozího grafu nelze vysledovat žádnou specifickou reakci nárostového společenstva řas a sinic na roční období. U několika taxonů označených žlutou elipsou je patrná značná tolerance k organickému znečištění a obsahu fosforu. Zvýšený obsah dusíku eliminuje výskyt rozsivek oligotrofních vod, jako např. druhy rodu *Eunotia* a *Fragilariforma virescens*, z ostatních skupin pak ruduchy *Audouinella*

*hermannii* či zelené řasy *Oedogonium* sp. Červená řasa *A. pygmaea* je k obsahu živin ve vodě tolerantnější. Na vyšší hodnoty konduktivity reaguje podobně jako v případě předchozího diagramu rozsivka *Cocconeis pseudolineata*.



**Obr. 5** – Ordinační diagram CCA analýzy dat monitoringu v rámci této diplomové práce: vztahení druhového složení fyto-bentosu k měřeným parametrům vody a ročním obdobím (od října 2019 do října 2020); zobrazeno je 40 taxonů řas a sinic; pseudo-F= 1,8; P=0,002; vysvětlení 22,8 % variability; zkratky pro jednotlivé taxony jsou uvedeny v Příloze I, Tab. 10; **TVody** – teplota vody, **PHTer** – pH, **Vodiv25** – konduktivita, **RozpO2Tr** – množství rozpuštěného kyslíku ve vodě; zpracováno v programu CANOCO 5



**Obr. 6** – Ordinační diagram CCA analýzy dat Správy Krkonošského národního parku a státního podniku Povodí Labe: vztahení druhového složení fyto-bentosu k měřeným parametrům vody a ročním obdobím (od listopadu 2012 do června 2019); zobrazeno je 40 taxonů řas a sinic; pseudo-F= 1,6; P=0,002; vysvětlení 47,6 % variability; **BaArc** – *Batrachospermum arcuatum* Kylin, **ClStl** – *Closterium striolatum* Ehrenberg ex Ralfs, **CoCuc** – *Cosmarium cucumis* Corda ex Ralfs, **CoMon** – *Cosmarium moniliforme* Ralfs, **CoTin** – *Cosmarium tinctum* Ralfs, **EunIm** – *Eunotia implicata* Nörpel, Lange-Bertalot & Alles, **EunMi** – *Eunotia minor* (Kützing) Grunow, **HumPer** – *Humidophila perpusilla* (Grunow) Lowe, Kociolek, J. R. Johansen, Van de Vijver, Lange-Bertalot & Kopalová, **PstHe** – *Psammothidium helveticum* (Hustedt) Bukhtiyarova & Round, **StsBi** – *Staurosira binodis* (Ehrenberg) Lange-Bertalot, **SuLin** – *Surirella linearis* W. Smith, **TrnVi** – *Tribonema viride* Pascher, zkratky pro shodné taxony jsou uvedeny v Příloze I, Tab. 10; **TVody** – teplota vody, **PHTer** – pH, **Vodiv25** – konduktivita, **RozpO2Tr** – množství rozpuštěného kyslíku ve vodě, **PCelk** – celkový obsah fosforu ve vodě, **NCelk** – celkový obsah dusíku ve vodě, **TOC** – celkový organický uhlík ve vodě; zpracováno v programu CANOCO 5

## 5 Diskuse

### 5.1 Druhová diverzita fyto bentosu

Druhová diverzita řas a sinic v této diplomové práci zahrnovala následující skupiny: Bacillariophyta (197 taxonů), Chlorophyta *s. l.* (27 taxonů, z toho Desmidiáles 14 taxonů), Cyanobacteria (20 taxonů), Rhodophyta (3 taxony), Chrysophyceae, Euglenophyta a Xanthophyceae (2 taxony), Cryptophyta (1 taxon). Faktory, které ve sledovaném období nepochybně ovlivnily druhové složení fyto bentosu zkoumaných krkonošských toků byly průtoky. Jak lze vidět na fotografiích v Příloze VI, pro říjen 2019 byly na všech odběrových profilech charakteristické velmi nízké průtoky. Naopak v průběhu roku 2020 došlo po několika letech k výraznému navýšení množství vodní masy v korytech toků (ačkoliv se jednalo spíše o normální stavy průtoků). Vyšší průtoky snížily diverzitu taxonů bez schopnosti pevného přichycení se k podkladu. Typickým příkladem jsou krásivky, v říjnu 2019 zastoupené 12 taxony, v dubnu a červenci 2020 6 taxony a v říjnu 2020 už pouze 3 taxony. Silnější proudění naopak podpořilo rozvoj řas tvořících slizovité povlaky s lepší možností k uchycení se na substrát. Jde zejména o rozsivky a vláknitá Chlorophyta, případně nárostové vláknité sinice.

V roce 2015 byl prováděn v rámci projektu vypsáního Správou Krkonošského národního parku průzkum řady krkonošských toků za účelem zjištění vývoje a obnovy bentických společenstev po obdobích silné acidifikace. Součástí studie byl i Lysečinský potok, Labe a Mumlava. Hotový (2015) zaznamenal nejen v těchto 3 tocích celkem 71 taxonů rozsivek a 48 taxonů ostatních řas a sinic.

Nejvyšší druhová diverzita řas a sinic byla v průběhu této práce zaznamenána v Lysečinském potoce. Celkem zde bylo nalezeno 179 taxonů řas a sinic. Nejvyšší diverzita v rámci tří sledovaných toků (135 taxonů) byla zjištěna na profilu č. 4 (Horní Maršov). To lze odůvodnit zvýšenými koncentracemi organických i anorganických látek v toku. V pramenné části toku na profilu č. 1 (Nad vodopádem) bylo nalezeno o 51 taxonů mikrofyt méně, než na profilu č. 4. Zároveň se jednalo o tok s nejnižší diverzitou zelených řas (6 taxonů). Z důvodu zásaditějších podmínek prostředí byly zjištěny pouze 2 taxony krásivek (Desmidiáles). Zároveň Lysečinský potok obývá o nejméně 50 taxonů rozsivek více než Labe a Mumlavu. Hotový (2015)

uvádí pro profil č. 2 (Pod lesem, ve studii nazváno „nad pensionem U Vaňků“) 36 taxonů řas a sinic, což je 2x méně než v mé práci (88 taxonů).

Řeky Labe a Mumlavu je možné srovnat z hlediska počtů nalezených taxonů (149, resp. 150 taxonů mikrofyt). V obou tocích jsou oproti Lysečinskému potoku také vyrovnanější údaje počtů taxonů zjištěných na jednotlivých profilech. Struktura společenstev těchto řek je však odlišná. Druhová diverzita na daných lokalitách je v Mumlavě mírně vyšší než v Labi. V případě Mumlavy se jedná především o osídlení silně acidofilními řasami a sinicemi. V Labi jsou oproti Mumlavě hojněji zastoupeny běžné taxony (zejména rozsivky) horských toků. Nejvyšší diverzita krásivek byla zaznamenána v Mumlavě (13 taxonů), což jistě ovlivňují přítoky z rašelinišť, v nichž řeka také sama pramení. Hotový (2015) zaznamenal nejvyšší počty taxonů řas a sinic (53) v rámci Labe na profilu č. 5 (Nad soutokem s Medvědíím potokem). Nejnižším zjištěným údajem bylo 43 taxonů na profilu č. 7 (U sjezdovky Hromovka). V obou případech se jedná o společenstva téměř 2x druhově chudší než v mé práci. Pro řeku Mumlavu jsou dostupné výsledky Hotového (2015) z lokalit č. 9 (Nad Mumlavským vodopádem) a č. 11 (Polubný, ve studii nazván „Mumlava – v Janově“). Autor na daných lokalitách uvádí výskyty 38, resp. 47 taxonů sinic a řas. V mé práci jsou nálezy opět zhruba dvojnásobné.

Zajímavým nálezem v mé práci je bezpochyby rozsivka *Didymosphenia geminata*. Tento taxon je považován za invazivní, přičemž může tvořit masivní slizovité nárosty na různých podkladech (Blanco & Ector, 2009). Nacházela se dost hojně v červenci 2020 na profilu č. 6 (Labe – Špindlerův Mlýn, Dívčí lávky). Jedná se o první nález této rozsivky na území KRNAP. Na profilu č. 6 se opakovaně vyskytovala čistomilná epifytická sinice *Chamaesiphon amethystinus* na vláknech *Scytonema crispum* (viz Příloha IV, Tabule VII, 6). Hällfors & Munsterhjelm (1982) uvádějí výskyt *Ch. amethystinus* např. na vláknitých řasách rodů *Cladophora* a *Oedogonium*, mechu *Fontinalis antipyretica* či vodních rostlinách *Nuphar lutea* nebo *Nymphaea* sp.

Studie zabývající se diverzitou sinic a řas ve srovnatelných podmínkách se věnují především rozsivkám. Moravcová & al. (2013) ve spíše drobných krkonošských a šumavských tocích zaznamenali 153 taxonů rozsivek ve 44 rodech. Kawecka & Robinson (2008) v údolí Dolina Gasienicowa v Tatrách našli celkem



174 taxonů rozsivek, nejčastěji *Achnanthydium minutissimum*, *Eunotia exigua*, *Fragilaria gracilis* či *Tabellaria flocculosa*, společenstvům dominovaly acidofilní druhy. Tyto údaje jsou srovnatelné s taxony obývajícími acidifikované prostředí Mumlavy či Labe. V níže položených horských údolích narůstaly populace *Brachysira intermedia*. Jednalo se o taxony vyhledávající nižší až střední pH a oligotrofní až eutrofní vody.

## 5.2 Fyzikálně-chemické parametry vody

Také do hodnot měřených parametrů vody na jednotlivých lokalitách se ve zkoumaném období promítly změny v průtocích. Na lokalitě č. 1 (Lysečinský potok – Nad vodopádem) v říjnu 2019 z důvodu příliš nízkého průtoku nebylo možné parametry vody stanovit.

Teplota vody byla faktorem, který nepochybně ovlivnil výskyt některých taxonů mikrofyt. V Lysečinském potoce a Labi byly patrné rozdíly mezi odběry z října 2019 a října 2020, kdy při prvním podzimním odběru byla teplota vody i o téměř 2 °C (na profilu č. 7, Labe – Špindlerův Mlýn, Dívčí lávky) vyšší, což mohlo být ovlivněno nižšími průtoky. Naopak v Mumlavě bylo při druhém podzimním odběru naměřeno i o 2,2 °C (profil č. 11, Polubný) více oproti odběru prvnímu, zřejmě vlivem osídlení oblasti.

Hodnoty pH ovlivňoval zejména charakter podloží daného toku. Zásaditější hodnoty vyšší než 8,0 byly naměřeny v Lysečinském potoce, který protéká vápencovými oblastmi. Naopak kyselější reakci vody vykazovaly lokality v řekách Labi a Mumlavě, což je pro tyto toky typické z důvodu křemičitého podloží. V Mumlavě také aciditu ovlivňují huminové kyseliny z rašelinišť, v nichž řeka pramení. Tato skutečnost se projevuje nejvýrazněji na profilu č. 9 (Nad Mumlavským vodopádem), kde bylo naměřeno pH pouze 4,7. Vliv nižších hodnot pH na rozvoj rozsivkového společenstva zkoumala např. Kwadrans (1993) na polské straně Krkonoš, přičemž při hodnotách pH 5,2-6,0 uvádí vyšší druhovou diverzitu než v podobných tocích ve Slezských Beskydech či Svatokřížských horách. V mé práci byly v nižších hodnotách pH stejně jako ve výše zmíněné studii zaznamenány především rozsivky rodu *Eunotia*, typické svojí acidofilitou. Naopak při zvýšených hodnotách pH společně s vyšší konduktivitou a nízkým obsahem rozpuštěného kyslíku prosperovala sinice *Dolichospermum* sp. či rozsivka *Nitzschia linearis*. Tyto

skutečnosti poukazují na organické znečištění na lokalitě č. 4 (Lysečinský potok – Horní Maršov). Vyšší úroveň saprobity je podpořena splaškovými vodami přitékajícími z Albeřického potoka a Lysečinskou nádrží s nevhodným způsobem hospodaření.

Konduktivita dosahovala nejvyšších hodnot (až  $24,5 \mu\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$ ) na profilech v Lysečinském potoce, což částečně koresponduje s alkalinitou tohoto toku a také s množstvím ve vodě rozpuštěných organických i anorganických látek. V Labi i Mumlavě se jednalo o několikanásobně nižší hodnoty. Pouze na profilu č. 11 (Mumlava – Polubný) lze sledovat dle vyšší konduktivity ( $10,5 \mu\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$ ) a výsledků indexu TID zvýšenou trofii vody, a to v říjnu 2019 a červenci 2020. Vliv konduktivity na rozvoj zejména rozsivkového společenstva uvádějí četné studie (Potapova & Charles, 2003; Bahls & al., 1985). Konduktivitu však může zvyšovat i např. zásaditost podloží toku. To se projevuje v Lysečinském potoce. Statistická analýza dat potvrzuje tento fakt pro alkalifilní rozsivku *Tryblionella angustata* (viz Obr. 5).

Naprosto zřejmý vliv mělo silnější proudění v kombinaci s turbulentností toku (ovlivněnou mimo jiné charakterem dna) na množství nasycení vody kyslíkem. V říjnu 2019 tak bylo pouze na dvou profilech v Mumlavě (č. 10, Harrachov a č. 11, Polubný) dosaženo míry okysličení 100,0% a vyšší. V průběhu sezóny 2020 se však tyto hodnoty pohybovaly zhruba v běžných hodnotách pro dané části roku. Nižší údaje na profilu č. 1 (Lysečinský potok – Nad vodopádem) z července a října 2020 lze vysvětlit nízkým průtokem na dané lokalitě, bez větší možnosti se lépe prokysličit. Nejlépe byly okysličeny lokality v Labi a Mumlavě, typické větším objemem proudící vody a výrazně členitým dnem toků, což nárůstu nasycení vody kyslíkem napomáhalo.

Množství kyslíku rozpuštěného ve vodě bylo ve všech třech tocích nejnižší v červenci 2020, což zároveň odpovídá nálezům nejméně diverzifikovaných bentických společenstev řas a sinic. Naopak vyšší hmotnostní koncentrace kyslíku ve vodě byly na veškerých profilech dosaženy v dubnu, v období největšího rozvoje a nárůstu biomasy mikrofyt. Obecně je však množství rozpuštěného kyslíku v turbulentním horském toku zanedbatelné oproti nasycení vody kyslíkem.

### **5.3 Měkké řasy a sinice jako bioindikátory kvality vod v tocích**

Tradičně je jako vhodný bioindikátor kvality vody uváděna ruducha rodu *Batrachospermum*. Z dlouhodobých monitorování státního podniku Povodí Labe se však dá vysledovat nikoliv tendence této řasy obývat stanoviště s nízkým obsahem živin, ale spíše obecně chladnější vody. Byla tak nalezena např. v potoce Bobr na hranicích s Polskem, a to několik desítek metrů pod vyústěním ČOV Bobr a také v Opatovickém kanálu. V obou případech v období s nízkou teplotou vody. Statistická analýza dat nepotvrdila specifické preference této řasy coby vhodného bioindikátoru. Ani u zlativky *Hydrurus foetidus* nelze, z dat zpracovaných v mé diplomové práci, vysledovat žádné specifické ekologické preference. Tato řasa se vyskytuje v horských tocích běžně, často i ve velkých biomasách. Obvykle v obdobích s nízkou teplotou vody (Špaček, ústní sdělení, 2021). Zároveň se v toku nachází i v průběhu sezóny, ale v jiných vývojových stádiích, než je typická makroskopická stélka (Hotový, 2015). Statistická analýza dat nevyhodnotila tento taxon jako relevantní vzhledem ke sledovaným parametrům. Stejně jako při odběrech v této práci je uváděn nález zlativky *Hydrurus foetidus* z profilu č. 7 (Labe – u sjezdovky Hromovka), avšak pouze z jarního období tohoto značně suchého roku. Během mého výzkumu byl *H. foetidus* v masivních pokryvnostech zaznamenán i v létě, např. na profilu č. 5 (Labe – nad soutokem s Medvědí potokem). Jednalo se o nález v období vyšších průtoků a nižších teplot vody oproti zmiňovanému roku 2015. Celkově je ale hodnocení kvality vody na základě jiných řas než rozsivek komplikované. Jsou tak zřetelné tendence využívat k tomuto účelu zejména rozsivky, jak bylo uvedeno již v teoretickém úvodu mé práce.

### **5.4 Bioindikace kvality vody v tocích rozsivkovými indexy**

Dle dostupných zdrojů neexistuje zatím žádná studie, která by v Krkonoších využívala k bioindikaci rozsivkových indexů. Jedině hodnoty saprobního indexu dle Sládečka vypočtené v rámci mé práce je možné srovnat s údaji poskytnutými státním podnikem Povodí Labe a Správou Krkonošského národního parku Moravcová & al. (2013) využili pro vyhodnocení ekologických nároků epilimních rozsivek vybraných krkonošských a šumavských toků pouze analýz závislých na parametrech vody, přičemž zjistili jasnou závislost složení rozsivkového

společenstva na pH, konduktivitě, teplotě vody a živinových poměrech (zejména koncentracích dusíku a fosforu). Nejednalo se ale o shodné toky jako v mé práci.

Lysečinský potok lze z hlediska živinových poměrů vyhodnocených indexem TID charakterizovat jako eutrofizovaný až eu-polytrofizovaný (hraniční hodnota mezi eu-polytrofií a polytrofií na profilu č. 2, Pod lesem, v dubnu 2020). To ovšem neodpovídá reálné situaci v toku na základě měření parametrů vody. I v řekách Labi a Mumlavě se vzhledem k výsledkům nekorespondujícím s dalšími typy rozsivkových indexů použití indexu TID jeví jako nevhodné pro sledovanou oblast. Index TDI většinu profilů označuje jako mesotrofní. Nejhorší hodnoty udává na lokalitě č. 2 (Pod lesem) v případě obou podzimních vzorkování. Hodnoty obou použitých trofických indexů Lysečinský potok charakterizují coby v celkovém podélném profilu nejvíce oživený ze všech tří sledovaných toků. Z pohledu organického znečištění rozsivkový index SLA popisuje veškeré lokality jako oligosaprobni až  $\beta$ -mesosaprobni. Srovnat lze hodnoty saprobniho indexu pro profily č. 2, kde byly v dubnu i červenci 2015 oligosaprobni hodnoty a č. 4, kde s výjimkou května 2008 ( $\beta$ -mesosaprobni) jde rovněž o oligosaprobni hodnoty (do října 2018). Indexy BDI 2014 a SPI poukazují na nízkou koncentraci organických látek zejména na profilu č. 1 (Nad vodopádem), s výjimkou července 2020, kdy jsou jejich hodnoty o 2 třídy kvality vody odlišné. BDI 2014 se tak zdá ohledně míry znečištění celkově kritičtější a poukazuje na horší ekologický stav lokality. Výsledky indexu GDI jako nejkvalitnější opakovaně hodnotí vodu na profilu č. 1, zbylé 3 profily (kromě č. 3, Nad nádrží, v létě) charakterizovala střední kvalita vody a mesotrofie.

V případě řeky Labe byl opět nejkritičtějším index TID. Jako nejméně troficky zatíženou lokalitu hodnotí opakovaně profil č. 5 (Nad soutokem s Medvědí potokem), a to od oligotrofie v říjnu 2019 a červenci 2020, po mesotrofii v dubnu. Při jarním odběru bylo rovněž dosaženo nejhorších hodnot tohoto indexu na všech profilech v Labi. Profilem s nejvyšší trofií je dle TID lokalita č. 8 (Herlíkovice). Druhý typ trofického indexu, TDI, však uvádí míru trofie maximálně na úrovni oligo/mesotrofie. Velmi kladně popisují kvalitu vody na veškerých lokalitách indexy BDI 2014 a SPI, zejména pak na místech č. 5 (Nad soutokem s Medvědí potokem) až č. 7 (U sjezdovky Hromovka), ale i výše uvedený profil č. 8. Sládečkův index SLA od října 2019 do července 2020 charakterizuje míru organického znečištění vody na

veškerých profilech jako xenosaprobni (profiley č. 5 a 7 v říjnu 2020) až  $\beta$ -mesosaprobni. Dle historických dat saprobniho indexu byly na všech lokalitách vody charakterizovány coby oligosaprobni. Index GDI rovněž hodnotí kvalitu vody na všech odběrových místech jako dobrou (v říjnu 2019 a červenci 2020), případně i velmi dobrou (v dubnu a červenci na profilu č. 7, v říjnu 2020 na profilu č. 5).

Voda v Mumlavě dle indexu TID dosahuje nejvyšší míry trofie opakovaně na lokalitách č. 10 (Harrachov) a č. 11 (Polubný), což je dle míry osídlení oblastí pravděpodobné. V dubnu 2020 se na obou zmíněných profilech jednalo o eutrofizaci. Červencové hodnoty odpovídají mesotrofii až meso-eutrofii na všech profilech. Trofický index TDI naopak hodnotí vodu na jednotlivých odběrových místech coby velmi dobrou až dobrou (říjen 2019 a červenec 2020 na profilu č. 11). Indexy SPI a BDI 2014 podobně jako TDI značí v drtivé většině případů velmi dobrou kvalitu vody (s výjimkou profilu č. 11 v říjnu 2020, dobrá kvalita). Index SLA odpovídá na všech profilech oligosaprobite (i ve srovnání s historickými daty), na veškerými indexy nejlépe hodnoceném profilu č. 9 (Nad Mumlavským vodopádem) pak i xenosaprobite. Profil č. 9 byl nejméně ovlivněný zvýšenou koncentrací živin. Tomuto předpokladu odpovídají i velmi dobré až dobré hodnoty indexu GDI.

Ačkoliv mnohé systémy hodnocení kvality vod pomocí bioindikátorů mají základ v Československých metodikách (Zelinka & Marvan, 1961; Sládeček, 1986), nebyl v České republice prozatím monitoring kvality vody na základě rozsivkových indexů zaveden do běžné praxe. Některé evropské státy však těchto metodik běžně využívají. Jsou jimi např. autorské země několika indexů, Francie, Velká Británie a Rakousko (Lenoir & Coste, 1996; Kelly & Whitton, 1995; Rott & al., 1999). Besse-Lototskaya & al. (2011) jmenují při hodnocení použitelnosti různých typů rozsivkových indexů několik faktorů, které je třeba pro jejich rutinní využití zvážit. Jde v první řadě o taxonomickou stránku a možnost chybné determinace. Ta je ovlivněna zejména podobností variet taxonů s odlišnou ekologií. Dalším hlediskem je regionální použití rozsivkových indexů v podmínkách, pro které byly vytvořeny. To autoři zdůvodňují schopností euryekních organismů v konkrétním prostředí reagovat na lokální podmínky odlišně, než je pro ně „typické“. Tento jev se projevil v případě indexu TID i ve výzkumu v rámci této diplomové práce. V mé bakalářské práci s cílem zhodnocení stavu řeky Chrudimky naopak hodnoty indexu TID

odpovídaly sledovaným podmínkám (Kotyzová, 2019). Posledním faktorem je nutnost znalosti specifických nároků jednotlivých rozsivkových taxonů (např. na pH, habitat). Podstatnou roli může hrát také jejich citlivost na další faktory prostředí (těžké kovy, množství rozpuštěného kyslíku, disturbance) nesouvisející s mírou trofie prostředí.

## **5.5 Kvalita vody v Lysečinském potoce, Labi a Mumlavě z hlediska acidifikace a živinových poměrů**

Značně diskutovaným problémem krkonošských toků je acidifikace, která na území historicky proběhla v několika etapách. Špaček (2015) zde považuje acidifikaci za ustupující s přirozenou obnovou společenstev směrem k původnímu stavu, ačkoliv je i nadále potřeba mít na paměti jak antropogenní, tak přirozené procesy vedoucí ke zvýšení míry kyselosti vod. Autor zároveň poukazuje na skutečnost, že přestože chemická analýza vody může hodnotit úroveň acidifikace jako nízkou, biologická reakce na změnu podmínek je daleko pomalejší. Na základě struktury společenstva tak lze kvalitu vody charakterizovat jako horší. Konkrétním příkladem zkresení obrazu o vlastnostech toku může dle výše zmíněné studie být profil č. 11 (Mumlava – Polubný, ve studii nazván „Mumlava – v Janově“), kde zásaditější splaškové vody mohou lokálně upravovat pH vody. Tento efekt lze vysledovat i ze struktury druhového složení fytobentosu v této diplomové práci, kdy se na lokalitě objevují ve větší míře taxony netolerantní k acidifikaci, ale naopak akceptující organické znečištění. V kombinaci s nízkými průtoky v říjnu 2019 je tato skutečnost velmi zřetelná. Při nižších průtocích totiž dochází k pomalejšímu odnosu živin tokem a tyto se na lokalitě snáze akumulují. Poněkud odlišnou skutečnost je možné sledovat na profilu č. 8 (Herlíkovice), kde jsou živinové poměry silně ovlivněny vodní nádrží Labská. Pokud byl však v korytě Labe dostatečný průtok, zvýšila se i samočistící schopnost vody, což se kladně projevilo jak na druhové skladbě fytobentosu, tak na fyzikálně-chemických parametrech vody.

Zajímavým jevem byly během mého výzkumu také výskyty taxonů (viz kapitola 4.1) uváděných jako bioindikátory nesnášející ani mírnou acidifikaci (*Fragilariforma virescens*) společně s taxony charakteristickými pro antropogenně acidifikované toky (*Pinnularia subcapitata* var. *subcapitata*). U *Fragilariforma virescens* se zřejmě jedná o efekt splavování frustul z výše položených partií toku,

popřípadě přítoků. Tomu by odpovídal výskyt této řasy i v Lysečinském potoce, na lokalitě jistě antropogenně ovlivněné (profil č. 4, Horní Maršov). Naproti tomu *Pinnularia subcapitata* var. *subcapitata* se shodně se svými uváděnými ekologickými nároky (viz Lange-Bertalot & al., 2017) vyskytuje v kyselých vodách Mumlavy. Tato řeka nemá žádný přítok, který by bylo možné charakterizovat coby neacidifikovaný. *Fragilariforma virescens* však může v těchto podmínkách kolonizovat zásaditější substráty v toku. Jedná se např. o betonové úpravy koryta. *Pinnularia subcapitata* je uváděna coby tolerantní i k dalším typům znečištění, kupříkladu přítomnosti těžkých kovů, společně s dalšími odolnými a hojnými rozsivkami toků vyšších poloh, jako např. *Platessa oblongella* (Hirst & al., 2002). Příkladem rozsivky snášející silné zakyselení je také *Nitzschia capitellata* (DeNicola, 2000). Tyto taxony byly hojně nacházeny i během mého výzkumu.

Z hlediska acidifikace je v rámci Krkonoš naprosto unikátním tokem Lysečinský potok. Vzhledem k zásaditému vápencovému podloží se s acidifikací přirozenými procesy velmi dobře vyrovnal. Tento jev lze sledovat i na základě složení fyto Bentosu, přičemž acidofilnější taxony se vyskytovaly zřídka, hlavně nedaleko pramenné, vápenci neovlivněné oblasti profilu č. 1 (Nad vodopádem). Případně se tyto taxony (viz výše uvedená *Pinnularia subcapitata* var. *subcapitata*) mohou splavit z acidifikovaných přítoků. Daleko více se však Lysečinský potok zdá být ovlivněn zvýšenou trofií a saprobitou. Zejména v okolí profilů č. 3 (Nad nádrží) a č. 4 (Horní Maršov) lze sledovat jasnou obměnu společenstva řas a sinic na taxony tolerantnější ke znečištění. Špaček (2015) uvádí patrný vliv splaškových vod z Albeřického potoka. Nevhodnou rybí obsádku Lysečinské nádrže autor hodnotí jako malou ekologickou katastrofu s přímým vlivem na přirozená společenstva. V nádrži se objevují i silné vegetační zákaly rozsivek či obrněnek.

## 6 Závěr

Během tohoto jednoletého fykologicko-ekologického průzkumu fyto-bentosu Lysečinského potoka, Labe a Mumlavy na území Krkonošského národního parku bylo od října 2019 do října 2020 odebráno a zpracováno 44 vzorků nárostových mikrofyt. Celkem bylo nalezeno 254 taxonů řas a sinic, z nichž dominantní skupinu tvořily Bacillariophyta s 197 taxony, v nižších počtech druhů se pak vyskytovaly Chlorophyta s. l. (27 taxonů, z toho Desmidiaceae 14 taxonů), Cyanobacteria (20 taxonů), Rhodophyta (3 taxony), Chrysophyceae, Euglenophyta a Xanthophyceae byly zastoupeny 2 druhy, Cryptophyta 1 taxonem. Poprvé byl na území Krkonošského národního parku zaznamenán výskyt invazivní rozsivky *Didymosphenia geminata*. Složení rozsivkového společenstva bylo analyzováno zvláště ve formě trvalých preparátů a využito k výpočtům rozsivkových indexů v programu OMNIDIA. Jako index nevhodný pro zkoumané podmínky byl na základě zkrácených výsledků zhodnocen index TID. Dále byla pro srovnávací analýzy použita data státního podniku Povodí Labe a Správy Krkonošského národního parku z let 2012-2019. Dle statistických analýz mají vypovídající hodnotu coby bioindikátory kvality vody zejména rozsivky. Veškeré uvedené údaje posloužily k vytvoření výsledného obrazu o stavu daných toků, který lze shrnout následovně:

**Lysečinský potok:** Drobný tok unikátní svým vápencovým podložím, které napomáhá velmi dobrému vyrovnaní se s acidifikací. Ohrožení bioty a kvality vody spočívá především v nárůstu míry organického i anorganického znečištění toku. To je způsobeno vlivem splaškových odpadních vod místních částí v katastru obce Horní Maršov a nevhodným hospodařením v Lysečinské nádrži. Diverzita společenstva řas a sinic je nejnižší v pramenné oblasti. Po směru toku bohatší druhové složení fyto-bentosu zřetelně odráží zvýšené úrovně trofie a saprobity. Nejzřetelnější je tento jev na zmíněném profilu č. 4 (Horní Maršov).

**Labe:** Acidifikovaný tok s vlivem acidifikovaných přítoků. Koncentrace živin jsou ovlivněny rekreačními středisky a vodní nádrží Labská. Samočisticí schopnost vody je ale natolik dostatečná, že již v oblasti Herlíkovic je tento vliv výrazně nižší. Druhové složení fyto-bentosu zahrnuje spíše běžné taxony chladnomilných řas



a sinic horských toků. Fytobentos potvrzuje i zmíněnou samočistící schopnost vody výskytem taxonů s nižší tolerancí ke znečištění na lokalitě č. 8 (Herlíkovice).

**Mumlava:** Řeka silně acidifikovaná a ovlivněná také acidifikovanými přítoky. Riziko pro tento tok představuje zejména značné rekreační osídlení oblasti Harrachova, které má výrazný vliv na živinové poměry. Složení společenstva mikrofyt je zřejmě lokálně ovlivněno přítomností betonových úprav koryta. Charakteristické jsou pro Mumlavu silně acidofilní taxony řas a sinic, zejména rozsivek. Na profilech č. 10 (Harrachov) a č. 11 (Polubný) je zřejmý nárůst početností taxonů snášejících antropogenní znečištění.

## Literatura

Poznámka: determinační literatura je označena symbolem „\*“.

- ADÁMEK, Z., HELEŠIC, J., MARŠÁLEK, B. & RULÍK, M., 2010: *Aplikovaná hydrobiologie. 2. rozšířené upravené vydání*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany. ISBN 978-80-87437-09-4.
- BAHLS, L. L., WEBER, E. E. & JARVIE, J. O., 1985: *Ecology and distribution of major diatom ecotypes in the southern Fort Union coal region of Montana*. USGS Professional Paper. 1289.
- BELLINGER, E. G. & SIGEE, D. C., 2010: *Freshwater algae: identification and use as bioindicators*. Wiley-Blackwell, Hoboken. ISBN 978-0-470-05814-5.
- BESSE-LOTOTSKAYA, A., VERDONSCHOT, P. F., COSTE, M. & VAN DE VIJVER, B., 2011: *Evaluation of European diatom trophic indices*. Ecological Indicators 11(2), 456-467. DOI: 10.1016/j.ecolind.2010.06.017.
- BIGGS, B. J. & PRICE, G. M., 1987: *A survey of filamentous algal proliferations in New Zealand rivers*. New Zealand journal of marine and freshwater research 21(2), 175-191. DOI: 10.1080/00288330.1987.9516214.
- BLANCO, S. & ECTOR, L., 2009: *Distribution, ecology and nuisance effects of the freshwater invasive diatom *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt: a literature review*. Nova Hedwigia 88(3), 347-422. DOI: 10.1127/0029-5035/2009/0088-0347.
- BOTT, T. L., BROCK, J. T., CUSHING, C. E., GREGORY, S. V., KING, D. & Petersen, R. C., 1978: *A comparison of methods for measuring primary productivity and community respiration in streams*. Hydrobiologia 60(1), 3-12. DOI: 10.1007/BF00018681.
- BRADFORD, M. J., GROUT J. A. & MOODIE, S., 2001: *Ecology of juvenile Chinook salmon in a small non-natal stream of the Yukon River drainage and the role of ice conditions on their distribution and survival*. Canadian Journal of Zoology 79, 2043-2054. DOI: 10.1080/00288330.1987.9516214.
- BROOK, A. J., 1981: *The Biology of Desmids*. Blackwell, London. ISBN 0-520-04281-6.

- BROWN, G. W., 1969: *Predicting Temperatures of Small Streams*. Water Resources Research 5(1), 68-75. DOI 10.1029/WR005i001p00068.
- BURKHOLDER, J. M. & SHEATH, R. G., 1984: *The seasonal distribution, abundance and diversity of desmids (Chlorophyta) in a softwater, north temperate stream*. Journal of Phycology 20 (34), 159–172. DOI: 10.1111/j.0022-3646.1984.00159.x.
- BURLIGA, A. L. & KOCIOLEK, J. P., 2017: *Diatoms (Bacillariophyta) in Rivers*. In: Necchi, O. [ed.], 2017: *River algae*. Springer Science+Business Media, New York. 93-128. ISBN 978-3-319-31983-4.
- CASAMATTA, D. A. & HAŠLER, P., 2017: *Blue-Green Algae (Cyanobacteria) in Rivers*. In: Necchi, O. [ed.], 2017: *River algae*. Springer Science+Business Media, New York. 153-158. ISBN 978-3-319-31983-4.
- COSTE, M., BOUTRY, S., TISON-ROSEBERY, J. & DELMAS, F., 2009: *Improvements of the Biological Diatom Index (BDI): Description and efficiency of the new version (BDI-2006)*. Ecological indicators 9(4), 621-650. DOI: 10.1016/j.ecolind.2008.06.003.
- DENICOLA, D. M., 2000: *A review of diatoms found in highly acidic environments*. Hydrobiologia 433(1), 111-122.
- DOBELL C. C., 1908: *The structure and life history of Copromonas subtilis, nov. gen., nov. sp.: a contribution to our knowledge of the Flagellata*. Quarterly Journal of Microscopy, New Series 52, 75-120.
- GEBAS, J., HŘEBAČKA, J., JINDŘIŠEK, J., PETŘÍK, P., SCHWARZ, O., 2004: *Péče o lesní ekosystémy v Krkonošském národním parku. 2., doplněné vydání*. ISBN 80-86418-41-3.
- GRIMM, N. B., BAXTER, C. V. & CRENSHAW, C. L., 2007: *Surface-Subsurface Interactions In Streams*. In: HAUER, F. R. & LAMBERTI, G. A. [eds.], 2007: *Methods in stream ecology. Second edition*. Academic Press/Elsevier, San Diego. 761-782. ISBN 978-0-12-332908-0.
- GUIRY, M. D., 2012: *How many species of algae are there?* Journal of Phycology 48 (5), 1057-1063. DOI: 10.1111/j.1529-8817.2012.01222.x.
- HÄLLFORS, G., & MUNSTERHJELM, R., 1982: *Some epiphytic Chamaesiphonales from fresh and brackish water in southern Finland*. Annales Botanici Fennici 147-176. Finnish Botanical Publishing Board.

- HARWOOD, D. M., 2010: *Diatomite*. In: SMOL, J. P. & STOERMER, E. F. [eds.], 2010: *The diatoms: applications for the environmental and earth sciences*. Second edition. Cambridge University Press, New York. 570-574. ISBN 978-0-521-50996-1.
- HAUER, F. R. & HILL, W. R., 2007: *Temperature, Light, and Oxygen*. In: HAUER, F. R. & LAMBERTI, G. A. [eds.], 2007: *Methods in stream ecology*. Second edition. Academic Press/Elsevier, San Diego. ISBN 978-0-12-332908-0.
- HEINZE, A. W., TRUESDALE, C. L., DEVAUL, S. B., SWINDEN, J. & SANDERS, R. W., 2013: *Role of temperature in growth, feeding, and vertical distribution of the mixotrophic chrysophyte Dinobryon*. *Aquatic microbial ecology* 71(2), 155-163. DOI: 10.3354/ame01673.
- HIRST, H., JÜTTNER, I. & ORMEROD, S. J., 2002: *Comparing the responses of diatoms and macro-invertebrates to metals in upland streams of Wales and Cornwall*. *Freshwater Biology* 47(9), 1752-1765. DOI: 10.1046/j.1365-2427.2002.00904.x.
- HOTOVÝ, J., 2015: *Fytobentos*. In: ŠPAČEK, J., 2015: *Vyhodnocení acidifikace a aktuálního ekologického stavu vodních toků na území EVL Krkonoše. Závěrečná zpráva*. 13-15.
- CHIAVELLI, D. A., MILLS, E. L. & THRELKELD, S. T., 1993: *Host preference, seasonality, and community interactions of zooplankton epibionts*. *Limnology and Oceanography* 38(3), 574-583. DOI: 10.4319/lo.1993.38.3.0574.
- JOHANSEN, J. R., 2010: *Diatoms of aerial habitats*. In: SMOL, J. P. & STOERMER, E. F. [eds.], 2010: *The diatoms: applications for the environmental and earth sciences*. Second edition. Cambridge University Press, New York. 465-472. ISBN 978-0-521-50996-1.
- JOHN, D. M. & RINDI, F., 2015: *Filamentous (Nonconjugating) and Plantlike Green Algae*. In: WEHR, J. D., SHEATH, R. G. & KOCIOLEK, J. P. [eds.], 2015: *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*. Second Edition. Academic Press, Boston. 375-427. ISBN 978-0-12-385876-4.
- KALINA, T., 1994: *Systém a vývoj sinic a řas: skripta pro posluchače Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy*. Karolinum. ISBN 80-7066-854-7.

- \*KAŠTOVSKÝ, J., HAUER, T., GERIŠ, R., CHATTOVÁ, B., JURÁŇ, J., LEPŠOVÁ-SKÁCELOVÁ, O., PITELKOVÁ, P., PUZSTAI, M., ŠKALOUD, P., ŠŤASTNÝ, J., ČAPKOVÁ, K., BOHUNICKÁ, M. & MÜHLSTEINOVÁ, R., 2018: *Atlas sinic a řas České republiky. Svazek 1.* powerprint, Praha. ISBN 978-80-7568-124-9.
- \*KAŠTOVSKÝ, J., HAUER, T., GERIŠ, R., CHATTOVÁ, B., JURÁŇ, J., LEPŠOVÁ-SKÁCELOVÁ, O., PITELKOVÁ, P., PUZSTAI, M., ŠKALOUD, P., ŠŤASTNÝ, J., ČAPKOVÁ, K., BOHUNICKÁ, M. & MÜHLSTEINOVÁ, R., 2018: *Atlas sinic a řas České republiky. Svazek 2.* powerprint, Praha. ISBN 978-80-7568-125-6.
- KAWECKA, B. & ROBINSON, C. T., 2008: *Diatom communities of lake/stream networks in the Tatra Mountains, Poland, and the Swiss Alps.* Oceanological and hydrobiological studies 37(3), 21-35. DOI: 10.2478/v10009-008-0002-4.
- KELLY, M. G. & WHITTON, B. A., 1995: *The trophic diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers.* Journal of Applied Phycology 7(4), 433-444. DOI: 10.1007/BF00003802.
- KINGSTON, J. C., LOWE, R. L., STOERMER, E. E. & LUDEWSKI, T., 1983: *Spatial and temporal distribution of benthic diatoms in northern Lake Michigan.* Ecology 64(6), 1566-1580. DOI: 10.2307/1937511.
- KOLKOWITZ, R. & MARSSON, M., 1908: *Ökologie der pflanzlicher Saprobien.* In: *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 26, 195-229. DOI: 10.1111/j.1438-8677.1908.tb06722.x.
- \*KOMÁREK, J., 2013: *Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 19/3: Cyanoprokaryota. 3. Teil/3rd part: Heterocytous Genera.* Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Germany. ISBN 978-3-8274-0932-4.
- \*KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K., 2007: *Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 19/2: Cyanoprokaryota. Bd. 2/Part 2: Oscillatoriales.* Springer Spektrum. ISBN 978-3-8274-1914-9.
- KOMÁREK, J., KAŠTOVSKÝ, J., MAREŠ, J. & JOHANSEN, J. R., 2014: *Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach.* Preslia 86, 295-335.
- KOTYZOVÁ, L., 2019: *Průzkum diverzity a ekologie nárostových rozsivek řeky Chrudimky.* Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Hradec Králové.

- \*KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H., 1999: *Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 02/1: Bacillariophyceae, 1. Teil: Naviculaceae, A: Text; B: Tafeln*. Spektrum Akademischer Verlag. ISBN 978-3-8274-2615-4.
- KWANDRANS, J., 1993: *Diatom communities of acidic mountain streams in Poland*. *Hydrobiologia* 269(1), 335-342. DOI: 10.1007/978-94-017-3622-0\_35.
- \*LANGE-BERTALOT, H., CANTONATI, M. & KELLY, M. [eds.], 2017: *Freshwater benthic diatoms of Central Europe: over 800 common species used in ecological assessment. English edition with updated taxonomy and added species*. Koeltz Botanical Books, Schmitten-Oberreifenberg, Germany. ISBN 978-3-946583-06-6.
- LECOINTE, C., COSTE, M. & PRYGIEL, J., 1993: "Omnidia": software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia* 269(1): 509-513. DOI: 10.1007/BF00028048.
- LEEDALE, G. F., 1962: *The evidence for a meiotic process in the Euglenineae*. *Archiv für Mikrobiologie*, 42(3), 237-245. DOI: 10.1007/BF00422042.
- LELLÁK, J. & KUBÍČEK, F., 1992: *Hydrobiologie*. Karolinum, Praha. ISBN 80-7066-530-0.
- LENOIR, A. & COSTE, M., 1996: *Development of a practical diatom index of overall water quality applicable to the French National Water Board network*. In: WHITTON B. A., ROTT, E. [eds.], 1996: *Use of Algae for Monitoring Rivers II*, 29-45. STUDIA Studenten für derungs-GmbH, Innsbruck. ISBN 3-9500090-0-2.
- LEPŠ, J. & ŠMILAUER, P., 2000: *Mnohorozměrná analýza ekologických dat*. Biologická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, České Budějovice.
- LI, W. K., 1980: *Temperature adaptation in phytoplankton: cellular and photosynthetic characteristics*. In: Falkowski, P. G [ed.], 1980: *Primary productivity in the sea*, 259-279. Plenum Press, New York. ISBN 978-1-4684-3892-5.
- LOBO, E. A., HEINRICH, C. G., SCHUCH, M. , WETZEL, C. E. & ECTOR, L., 2017: *Diatoms as Bioindicators in Rivers*. In: Necchi, O. [ed.], 2017: *River algae*. Springer Science+Business Media, New York. 245-271. ISBN 978-3-319-31983-4.

- LOWE, R. L. & LALIBERTE, G. D., 2007: *Benthic Stream Algae: Distribution and Structure*. In: HAUER, F. R. & LAMBERTI, G. A., 2007: *Methods in stream ecology. Second edition*. Academic Press/Elsevier, San Diego. 327-356. ISBN 978-0-12-332908-0.
- LOWE, R. L. & PAN, Y., 1996: *Benthic Algal Communities as Biological Monitors*. In: STEVENSON, R. J., BOTHWELL M. L. & LOWE, R. L. [eds.], 1996: *Algal ecology: freshwater benthic ecosystems*. Academic Press, San Diego. ISBN 0-12-668450-2.
- MANN, D. G. & DROOP, S. J. M., 1996: *Biodiversity, biogeography and conservation of diatoms*. In: KRISTIANSEN, J. [ed.]: *Biogeography of freshwater algae*. Springer Science+Business Media, Dordrecht. 19-32. ISBN 978-90-481-4756-4.
- MARVAN, P. & HETEŠA, J., 2006: *Metodika odběru a zpracování vzorků fyto Bentosu tekoucích vod*. VÚV TGM.
- MEDLIN, L. & KACZMARSKA, I., 2004: *Evolution of the diatoms: V. Morphological and cytological support for the major clades and a taxonomic revision*. *Phycologia*, 43, 245-270. DOI: 10.2216/i0031-8884-43-3-245.1.
- METELKA, L., MRKVICA, Z. & HALÁSOVÁ, O., 2007: *Podnebí*. In: FLOUSEK, J., HARTMANOVÁ, O., ŠTURSA, J. & POTOCKI, J. [eds.], 2007: *Krkonoše: příroda, historie, život. 1. vydání*. Baset, Praha. 147-154. ISBN 978-80-7340-104-7.
- MOEWUS, F., 1940: *Über die Sexualität von Botrydium granulatum*. *Biologisches Zentralblatt*, 60, 484-498.
- MORAVCOVÁ, A., RAUCH, O., LUKAVSKÝ, J. & NEDBALOVÁ, L., 2013: *The response of epilithic diatom assemblages to sewage pollution in mountain streams of the Czech Republic*. *Plant Ecology and Evolution* 146(2), 153-166. DOI: 10.5091/plecevo.2013.814.
- NECCHI, O., 2017: *Heterokonts (Xanthophyceae and Chrysophyceae) in Rivers*. In: Necchi, O. [ed.], 2017: *River algae*. Springer Science+Business Media, New York. 153-158. ISBN 978-3-319-31983-4.
- OTT, D. W. & HOMMERSAND, M. H., 1974: *Vaucheriae of North Carolina. I. Marine and brackish water species. 1*. *Journal of Phycology* 10(4), 373-385. DOI: 10.1111/j.1529-8817.1974.tb02729.x.

- OTT, D. W., OLDHAM-OTT, C. K., RYBALKA, N. & FRIEDL, T., 2015: *Xanthophyte, Eustigmatophyte, and Raphidophyte Algae*. In: WEHR, J. D., SHEATH, R. G. & KOCIOLEK, J. P. [eds.], 2015: *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification. Second Edition*. Academic Press, Boston. 485-536. ISBN 978-0-12-385876-4.
- PATRICK, R., HOHN, M. H. & WALLACE, J. H., 1954: *A new method for determining the pattern of the diatom flora*. Notulae Naturae of The Academia of Natural Sciences of Philadelphia 259, 1-12.
- PFLEGEROVÁ, E. & al., 2003: *Technický slovník naučný (4. svazek)*. Encyklopedický dům, Praha. ISBN 80-86044-21-1.
- PICKETT-HEAPS, J., SCHMID, A.-M. M. & EDGAR, L. A., 1990: *The cell biology of diatom valve formation*. Progress in Phycological Research 7, 1-168.
- PILOUS, V., 2007: *Geografické vymezení*. In: FLOUSEK, J., HARTMANOVÁ, O., ŠTURSA, J. & POTOCKI, J. [eds.], 2007: *Krkonoše: příroda, historie, život. 1. vydání*. Baset, Praha. 13-18. ISBN 978-80-7340-104-7.
- PISCIOTTA, J. M., ZOU, Y. & BASKAKOV, I. V., 2010: *Light-Dependent Electrogenic Activity of Cyanobacteria*. PloS one 5(5), e10821. DOI: 10.1371/journal.pone.0010821.
- PLAMÍNEK, J., 2007: *Geologie*. In: FLOUSEK, J., HARTMANOVÁ, O., ŠTURSA, J. & POTOCKI, J. [eds.], 2007: *Krkonoše: příroda, historie, život. 1. vydání*. Baset, Praha. 83-102. ISBN 978-80-7340-104-7.
- POTAPOVA, M., & CHARLES, D. F., 2003: *Distribution of benthic diatoms in US rivers in relation to conductivity and ionic composition*. Freshwater biology 48(8), 1311-1328. DOI: 10.1046/j.1365-2427.2003.01080.x.
- POTOCKI, J. & ŠTURSA, J., 2007: *Historie ochrany přírody v Krkonoších*. In: FLOUSEK, J., HARTMANOVÁ, O., ŠTURSA, J. & POTOCKI, J. [eds.], 2007: *Krkonoše: příroda, historie, život. 1. vydání*. Baset, Praha. 729-732. ISBN 978-80-7340-104-7.
- POULÍČKOVÁ, A., 2011: *Základy ekologie sinic a řas*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc. ISBN 9788024427515.
- PRYGIEL, J., LÉVÊQUE, L. & ISERENTANT, R., 1996: *Un nouvel Indice Diatomique Pratique pour l'évaluation de la qualité des eaux en réseau de surveillance*. Revue des sciences de l'eau, 9(1), 97-113. DOI: 10.7202/705244ar.



- QUEVAUVILLER, P., BORCHERS, U., THOMPSON, K. C. & SIMONART, T. [eds.], 2008: *The Water Framework Directive: Ecological and Chemical Status Monitoring*. ISBN 978-0-470-51836-6.
- QUITT, E., 1971: *Klimatické oblasti Československa*. *Studia geographica* 16: 1-73.
- RIBER H. H. & WETZEL, R. G., 1987: *Boundary-layer and internal diffusion effects on phosphorus fluxes in lake periphyton*. *Limnology and Oceanography*, 32, 1181–1119. DOI: 10.4319/lo.1987.32.6.1181.
- ROTT, E., PFISTER, P., PIPP, E., PALL, K., BINDER, N. & ORTLER, K., 1999: *Indikationslisten für Aufwuchsalgen in Österreichischen Fließgewässern, Teil 2: Trophieindikation und autökologische Anmerkungen Bundesministerium für Land-und Forstwirtschaft*. Wasserwirtschaftskataster, Wien. ISBN 3-85-174-25-4.
- ROUND, F. E., CRAWFORD, R. M. & MANN, D. G., 2007: *The Diatoms: biology & morphology of the genera*. Cambridge University Press, New York. ISBN 9781107393134.
- RUMEAU, A. & COSTE, M., 1988: *Initiation à la systématique des diatomées d'eau douce. Pour l'utilisation pratique d'un indice diatomique générique*. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 309, 1-69. DOI: 10.1051/kmae:1988009.
- RYBALKA, N., WOLF, M., ANDERSEN, R. A., & FRIEDL, T., 2013: *Congruence of chloroplast-and nuclear-encoded DNA sequence variations used to assess species boundaries in the soil microalga Heterococcus (Stramenopiles, Xanthophyceae)*. *BMC evolutionary biology*, 13(1), 1-15. DOI: 10.1186/1471-2148-13-39.
- ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J., 2007: *Encyklopedie hydrobiologie: výkladový slovník*. VŠCHT Praha, Praha.
- SABATER, S., ARTIGAS, J., CORCOLL, N., PROIA, L., TIMONER, X. & TORNÉS, E., 2017: *Ecophysiology of River Algae*. In: Necchi, O. [ed.], 2017: *River algae*. Springer Science+Business Media, New York. 153-158. ISBN 978-3-319-31983-4.
- SHEATH, R. G. & VIS, M. L., 2015: *Red Algae*. In: WEHR, J. D., SHEATH, R. G. & KOCIOLEK, J. P. [eds.], 2015: *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification. Second Edition*. Academic Press, Boston. 237-264. ISBN 978-0-12-385876-4.

- SHEATH, R. G. & WEHR, J. D., 2015: *Introduction to the Freshwater Algae*. In: WEHR, J. D., SHEATH, R. G. & KOCIOLEK, J. P. [eds.], 2015: *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification. Second Edition*. Academic Press, Boston. 1-11. ISBN 978-0-12-385876-4.
- SHERWOOD, A. R., 2017: *Green Algae (Chlorophyta and Streptophyta) in Rivers*. In: Necchi, O. [ed.], 2017: *River algae*. Springer Science+Business Media, New York. 35-63. ISBN 978-3-319-31983-4.
- SCHNEIDER, S. C. & LINDSTRØM, E. A., 2011: *The periphyton index of trophic status PIT: a new eutrophication metric based on non-diatomaceous benthic algae in Nordic rivers*. *Hydrobiologia*, 665(1), 143-155. DOI: 10.1007/s10750-011-0614-7.
- SCHUBERT, A. A. & LELLÁK, J., 1973: *Život ve sladkých vodách*. SPN, Praha.
- SLÁDEČEK, V., 1986: *Diatoms as indicators of organic pollution*. *Acta hydrochimica et hydrobiologica*, 14(5), 555-566. DOI: 10.1002/aheh.19860140519.
- SLÁDEČEK, V. & SLÁDEČKOVÁ, A., 1996: *Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod*. Ústav technologie vody a prostředí VŠCHT, Praha. ISBN 80-02-01080-9.
- SLÁDEČKOVÁ, A. & MARVAN, P., 1978: *Fytobentos*. In: Hindák, F. [ed.] 1978: *Sladkovodné riasy*. SPN. Bratislava. 340-418.
- SLÁDEČKOVÁ, A. & SLÁDEČEK, V., 1997: *Hydrobiologie. Dotisk 1. vydání*. České vysoké učení technické, Praha. ISBN 80-01-01298-0.
- STEVENSON, R. J. & SMOL, J. P., 2015: *Use of Algae in Ecological Assessments*. In: WEHR, J. D., SHEATH, R. G. & KOCIOLEK, J. P. [eds.], 2015: *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification. Second Edition*. Academic Press, Boston. 921-962. ISBN 978-0-12-385876-4.
- SÝKORA, B., 1983: *Krkonošský národní park*. Správa Krkonošského národního parku ve Státním zemědělském nakladatelství. Praha.
- SZULC, B. & SZULC, K., 2013: *The use of the Biological Diatom Index (BDI) for the assessment of water quality in the Pilica River, Poland*. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 42, 188-194. DOI: 10.2478/s13545-013-0073-z.
- SZULC, B., 2009: *Okrzemki bentosowe w ocenie jakości wody środkowego odcinka rzeki Pilicy*. Unpublished doctoral dissertation, Uniwersytet Łódzki, Łódź.

- ŠPAČEK, J., 2015: *Vyhodnocení acidifikace a aktuálního ekologického stavu vodních toků na území EVL Krkonoše. Závěrečná zpráva.*
- TESAŘ, M. & PILOUS, V., 2007: *Vodopis*. In: FLOUSEK, J., HARTMANOVÁ, O., ŠTURSA, J. & POTOCKI, J. [eds.], 2007: *Krkonoše: příroda, historie, život. 1. vydání*. Baset, Praha. 29-38. ISBN 978-80-7340-104-7.
- TIFFANY, M. A., 2011: Epizoic and epiphytic diatoms. In: SECKBACH, J. & KOCIOLEK, J. P. [eds.], 2011: *The diatom world: Cellular origin and life in extreme habitats and astrobiology*. Springer Science+Business Media, New York. 197-209. ISBN 978-94-007-1326-0.
- VAN DAM, H., MERTENS, A. & SINKELDAM, J., 1994: *A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands*. Netherland Journal of Aquatic Ecology 28(1), 117-133.
- VAN DEN HOEK, C., MANN, D., JAHNS, H. M., & JAHNS, M., 1995: *Algae: an introduction to phycology*. Cambridge university press. Cambridge. ISBN 9780521316873.
- VANĚK, J., SÝKORA, J., PIVOŇKA, J. & PAŁUCKI, A., 2007: *Národní parky*. In: FLOUSEK, J., HARTMANOVÁ, O., ŠTURSA, J. & POTOCKI, J. [eds.], 2007: *Krkonoše: příroda, historie, život. 1. vydání*. Baset, Praha. 793-804. ISBN 978-80-7340-104-7.
- VANLANDINGHAM, S. L., 1982: *Guide to the identification, environmental requirements and pollution tolerance of freshwater blue-green algae (Cyanophyta)*. Environmental Monitoring and Support Laboratory, Office of Research and Development, US Environmental Protection Agency.
- WEHR, J. D. & SHEATH, R. G., 2015: *Habitats of freshwater algae*. In: WEHR, J. D., SHEATH, R. G. & KOCIOLEK, J. P. [eds.], 2015: *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification. Second Edition*. Academic Press, Boston. 13-74. ISBN 978-0-12-385876-4.
- WEHR, J. D., SHEATH, R. G. & KOCIOLEK, J. P. [eds.], 2015: *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification. Second Edition*. Academic Press, Boston. ISBN 978-0-12-385876-4.
- WYNNE, M. J. & BOLD, H. C., 1985: *Introduction to the Algae: Structure and Reproduction*. Prentice-Hall, Incorporated. ISBN 978-01-3477-746-7.
- ZELINKA, M. & MARVAN, P., 1961: *Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer*. Archiv Für Hydrobiologie, 57, 389-407.

ZELINKA, M. & SLÁDEČEK, V., 1964: *Hydrobiologie pro vodohospodáře*. Státní nakladatelství technické literatury, Praha.

### **Internetové zdroje**

Česká geologická služba. 2021. Mapové aplikace. Geovědní mapy 1 : 500 000. [online]. [cit. 9. 3. 2021]. Dostupné z: <<https://mapy.geology.cz/geocr500/>>.

Guiry, M.D., Guiry, G.M., 2014. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. [online]. [cit. 15. 7. 2014]. Dostupné z: <<http://www.algaebase.org>>.

Správa Krkonošského národního parku. 2021. Krkonošský národní park a jeho ochranné pásmo. [online]. [cit. 30. 3. 2021]. Dostupné z: <<https://www.krnap.cz/krnap-a-jeho-ochranne-pasmo/>>.

Národní geoportál INSPIRE. 2021. [online]. [cit. 9. 3. 2021]. Dostupné z: <<https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>>.

Omnidia. 2021 [online]. [cit. 9. 3. 2021]. Dostupné z: <<https://omnidia.fr/en/>>.

## **Přílohy**

**Příloha I** – Seznam nalezených taxonů řas a sinic v Lysečinském potoce, Labi a Mumlavě v období od října 2019 do října 2020

**Příloha II** – Naměřené hodnoty parametrů vody v Lysečinském potoce, Labi a Mumlavě v době od října 2019 do října 2020

**Příloha III** – Hodnoty 6 typů rozsivkových indexů vypočtené programem OMNIDIA

**Příloha IV** – Fotodokumentace vybraných druhů rozsivek ze SEM

**Příloha V** – Fotografie vybraných druhů řas a sinic ze světelného mikroskopu

**Příloha VI** – Fotodokumentace jednotlivých odběrových profilů z října 2019

**Příloha I – Tab. 10** – Seznam nalezených taxonů řas a sinic v Lysečinském potoce, Labi a Mumlavě v období od října 2019 do října 2020:

Bacillariophyta													
			Lysečinský potok				Labe				Mumlava		
	zkratka	název taxonu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	AlfBr	<i>Adlafia bryophila</i> (J. B. Petersen) Lange-Bertalot		x		x							
2.	AlfMi	<i>Adlafia minuscula</i> var. <i>minuscula</i> (Grunow) Lange-Bertalot					x	x	x	x			
3.	AtCoa	<i>Achnanthes coarctata</i> (Brébisson ex W. Smith) Grunow						x			x		x
4.	AdAff	<i>Achnanthidium affine</i> (Grunow) Czarnecki	x	x		x							
5.	AdExi	<i>Achnanthidium exiguum</i> (Grunow) Czarnecki		x	x								
6.	AdMin	<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
7.	AdPyr	<i>Achnanthidium pyrenaicum</i> (Hustedt) H. Kobayasi	x	x	x	x	x	x			x	x	x
8.	AmAeq	<i>Amphora aequalis</i> Krammer	x						x				
9.	AmCop	<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & R. E. M. Archibald	x		x	x							
10.	AmExm	<i>Amphora eximia</i> J. R. Carter									x		
11.	AmOva	<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing		x	x	x							x
12.	AmPed	<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow ex A. W. F. Schmidt	x	x	x	x			x	x			
13.	AstFo	<i>Asterionella formosa</i> Hassall				x				x			
14.	AusAm	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen		x				x					x
15.	BrsBr	<i>Brachysira brebissonii</i> R. Ross		x							x	x	x
16.	BrsIn	<i>Brachysira intermedia</i> (Østrup) Lange-Bertalot	x	x		x	x	x	x		x	x	x
17.	CalLa	<i>Caloneis lancettula</i> (Schulz) Lange-Bertalot & Witkowski	x		x	x							
18.	CalSi	<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve						x					
19.	CocEu	<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg	x	x	x	x		x		x	x		x
20.	CocLi	<i>Cocconeis lineata</i> Ehrenberg	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
21.	CocPe	<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	x	x					x				
22.	CocPl	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula</i> Ehrenberg	x										
23.	CocPs	<i>Cocconeis pseudolineata</i> (Geitler) Lange-Bertalot	x	x	x	x				x	x		x
24.	CrcMo	<i>Craticula molestiformis</i> (Hustedt) Mayama				x							

**Příloha I – Tab. 10 – pokračování:**

	zkratka	název taxonu	Lysečinský potok				Labe				Mumlava		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
25.	CrcSu	<i>Craticula subminuscula</i> (Manguin) C. E. Wetzel & Ector				x				x			
26.	CtpPu	<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) D. M. Williams & Round				x							
27.	CysDu	<i>Cyclostephanos dubius</i> (Hustedt) Round			x	x							
28.	CytMe	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing			x	x			x	x			
29.	CplSo	<i>Cymatopleura solea</i> var. <i>solea</i> (Brébisson) W. Smith			x	x							
30.	CyCyf	<i>Cymbella cymbiformis</i> C. Agardh				x							
31.	CyLae	<i>Cymbella laevis</i> Nägeli				x							
32.	CyNeo	<i>Cymbella neolanceolata</i> W. Silva		x									
33.	CbrAp	<i>Cymbopleura apiculata</i> Krammer				x							
34.	CbrIe	<i>Cymbopleura inaequalis</i> (Ehrenberg) Krammer		x		x		x					
35.	CbpNa	<i>Cymbopleura naviculiformis</i> (Auerswald ex Heiberg) Krammer			x	x		x					
36.	DitMo	<i>Diatoma moniliformis</i> ssp. <i>moniliformis</i> Kützing			x	x							
37.	DitVu	<i>Diatoma vulgare</i> Bory			x		x					x	
38.	DisGe	<i>Didymosphenia geminata</i> (Lyngbye) M. Schmidt			x								
39.	DinFo	<i>Diploneis fontanella</i> Lange-Bertalot			x								
40.	DinKr	<i>Diploneis krammeri</i> Lange-Bertalot & Reichardt	x	x		x							x
41.	DinTi	<i>Diploneis tirolensis</i> Lange-Bertalot & A. Fuhrmann									x		x
42.	EnLun	<i>Encyonema lunatum</i> (W. Smith) Van Heurck						x		x		x	
43.	EnMin	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D. G. Mann	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
44.	EnNeo	<i>Encyonema neogratile</i> Krammer									x		
45.	EnRei	<i>Encyonema reichardtii</i> (Krammer) D. G. Mann				x							
46.	EnSil	<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D. G. Mann	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
47.	EnVen	<i>Encyonema ventricosum</i> (C. Agardh) Grunow	x	x	x			x	x	x		x	x
48.	EptAd	<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson		x									
49.	EunAc	<i>Eunotia arcubus</i> Nörpel & Lange-Bertalot		x		x							

**Příloha I – Tab. 10 – pokračování:**

	zkratka	název taxonu	Lysečinský potok				Labe				Mumlava			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
50.	EunBg	<i>Eunotia bigibba</i> Kützing										x		
51.	EunBl	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt				x	x	x	x			x	x	x
52.	EunBo	<i>Eunotia boreoalpina</i> Lange-Bertalot & Nörpel-Schempp		x			x	x	x			x	x	x
53.	EunBt	<i>Eunotia botuliformis</i> F. Wild, Nörpel & Lange-Bertalot											x	
54.	EunEx	<i>Eunotia exigua</i> (Brébisson ex Kützing)					x	x	x	x		x	x	x
55.	EunIn	<i>Eunotia incisa</i> W. Smith ex W. Gregory	x			x	x	x	x	x		x	x	x
56.	EunIs	<i>Eunotia islandica</i> Østrup											x	
57.	EunNy	<i>Eunotia nymanniana</i> Grunow						x	x					
58.	EunPa	<i>Eunotia paratridentula</i> Lange-Bertalot & Kulikovskiy					x	x				x	x	x
59.	EunPe	<i>Eunotia pectinalis</i> (Kützing) Rabenhorst	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
60.	EunPs	<i>Eunotia pseudogroenlandica</i> Lange-Bertalot & Tagliaventi					x						x	
61.	EunSd	<i>Eunotia sudetica</i> O. Müller											x	
62.	EunTn	<i>Eunotia tenella</i> (Grunow) Hustedt	x				x					x		
63.	Fal	<i>Fallacia</i> sp.											x	
64.	FrCa	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
65.	FrCro	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton		x										
66.	FrGra	<i>Fragilaria gracilis</i> Østrup				x	x	x	x	x		x	x	x
67.	FrMel	<i>Fragilaria mesolepta</i> Rabenhorst			x									
68.	FrPru	<i>Fragilaria pararumpens</i> Lange-Bertalot, G. Hofmann & Werum		x		x	x	x		x			x	x
69.	FrPec	<i>Fragilaria pectinalis</i> (O.F.Müller) Lyngbye				x				x				
70.	FrRec	<i>Fragilaria recapitellata</i> Lange-Bertalot & Metzeltin		x	x	x						x		
71.	FrRum	<i>Fragilaria rumpens</i> (Kützing) G. W. F. Carlson	x	x										
72.	FrVau	<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) J. B. Petersen		x	x	x	x	x	x	x		x		x
73.	FfmVi	<i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) D. M. Williams & Round		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
74.	FstCr	<i>Frustulia crassinervia</i> (Brébisson ex W.Smith) Lange-Bertalot & Krammer					x	x				x	x	x



**Příloha I – Tab. 10 – pokračování:**

	zkratka	název taxonu	Lysečinský potok				Labe				Mumlava		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
75.	FstEr	<i>Frustulia erifuga</i> Lange-Bertalot & Krammer					x				x		x
76.	FstSa	<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst	x				x	x	x	x	x	x	x
77.	FstVu	<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni		x	x	x						x	x
78.	GnAcu	<i>Gomphonema acuminatum</i> var. <i>acuminatum</i> Ehrenberg				x							
79.	GnAur	<i>Gomphonema auritum</i> A. Braun ex Kützing					x	x			x	x	x
80.	GnExi	<i>Gomphonema exilissimum</i> (Grunow) Lange-Bertalot & E. Reichardt	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
81.	GnExt	<i>Gomphonema extantum</i> E. Reichardt & Lange-Bertalot		x	x							x	
82.	GnGrc	<i>Gomphonema graciledictum</i> E. Reichardt	x		x		x	x	x		x	x	x
83.	GnMic	<i>Gomphonema micropus</i> Kützing	x	x	x	x	x	x	x				
84.	GnOli	<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Ehrenberg	x		x	x	x		x				
85.	GnPai	<i>Gomphonema parvulus</i> (Lange-Bertalot & E. Reichardt) Lange-Bertalot & E. Reichardt			x			x					
86.	GnPar	<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
87.	GnPum	<i>Gomphonema pumilum</i> (Grunow) E. Reichardt & Lange-Bertalot	x	x	x	x						x	
88.	GnRho	<i>Gomphonema rhombicum</i> Fricke in A. W. F. Schmidt								x			
89.	GnSap	<i>Gomphonema saprophilum</i> (Lange-Bertalot & E. Reichardt) Abraca, R. Jahn, J. Zimmermann & Enke				x		x					
90.	GnSar	<i>Gomphonema sarcophagus</i> W. Gregory	x		x	x						x	
91.	GnSuc	<i>Gomphonema subclavatum</i> (Grunow) Grunow	x	x						x	x	x	
92.	GnTer	<i>Gomphonema tergestinum</i> (Grunow) Fricke in A. W. F. Schmidt		x		x							
93.	GnTru	<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg				x			x	x			x
94.	GnVib	<i>Gomphonema vibrio</i> Ehrenberg		x						x			
95.	HaNor	<i>Halamphora normanii</i> (Rabenhorst) Levkov			x								
96.	HanAr	<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) R. M. Patrick		x		x	x	x	x	x			x
97.	HazAm	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow				x		x	x			x	x
98.	HazCa	<i>Hantzschia calcifuga</i> E. Reichardt & Lange-Bertalot				x							
99.	HidCa	<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski				x					x		



**Příloha I – Tab. 10 – pokračování:**

	zkratka	název taxonu	Lysečinský potok				Labe				Mumlava		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
125.	NiDme	<i>Nitzschia dissipata</i> var. <i>media</i> (Hantzsch) Grunow		x	x		x		x	x		x	
126.	NiFon	<i>Nitzschia fonticola</i> (Grunow) Grunow		x		x	x	x	x			x	x
127.	NiFr	<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow				x							x
128.	NiInc	<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	x			x			x	x		x	x
129.	NiInt	<i>Nitzschia intermedia</i> Hantzsch ex Cleve & Grunow				x							
130.	NiLin	<i>Nitzschia linearis</i> W. Smith	x	x	x	x			x				
131.	NiPal	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith		x	x	x		x		x		x	
132.	NiPte	<i>Nitzschia palea</i> var. <i>tenuirostris</i> Grunow		x		x						x	x
133.	NiPac	<i>Nitzschia paleacea</i> (Grunow) Grunow											x
134.	NiPem	<i>Nitzschia perminuta</i> Grunow	x	x		x	x		x	x	x	x	x
135.	NiRec	<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst	x	x	x	x							x
136.	NiReg	<i>Nitzschia regula</i> Hustedt				x							
137.	NiSin	<i>Nitzschia sinuata</i> (Thwaites) Grunow	x										
138.	NiSor	<i>Nitzschia soratensis</i> E. A. Morales & M. L. Vis		x						x			
139.	NiSul	<i>Nitzschia sublinearis</i> Hustedt				x							
140.	NiSpl	<i>Nitzschia supralitorea</i> Lange-Bertalot			x					x			x
141.	NiTEn	<i>Nitzschia tenuis</i> W. Smith		x		x				x			
142.	NiVer	<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch	x			x							
143.	NupLa	<i>Nupela lapidosa</i> (Krasske) Lange-Bertalot										x	
144.	OdAnc	<i>Odontidium anceps</i> (Ehrenberg) Ralfs		x		x					x	x	x
145.	OdHye	<i>Odontidium hyemale</i> (Roth) Kützing	x			x					x		
146.	OdMes	<i>Odontidium mesodon</i> (Kützing) Kützing	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
147.	ParPr	<i>Parlibellus protractus</i> (Grunow) Witkowski			x								
148.	PerFi	<i>Peronia fibula</i> (Brébisson ex Kützing)					x						
149.	PiBor	<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg									x	x	x

**Příloha I – Tab. 10 – pokračování:**

	zkратka	název taxonu	Lysečinský potok				Labe				Mumlava		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
150.	PiBrb	<i>Pinnularia brebissonii</i> (Kützing) Rabenhorst				x							
151.	PiCun	<i>Pinnularia cuneola</i> E. Reichardt						x	x				
152.	PinGru	<i>Pinnularia grunowii</i> Krammer											x
153.	PinLun	<i>Pinnularia lundii</i> Hustedt	x	x									
154.	PiRup	<i>Pinnularia rupestris</i> Hantzsch			x		x	x			x		
155.	PiSin	<i>Pinnularia sinistra</i> Krammer	x	x	x		x	x	x		x	x	x
156.	PiSto	<i>Pinnularia stomatophora</i> (Grunow) Cleve	x							x			x
157.	PiSbe	<i>Pinnularia subcapitata</i> var. <i>elongata</i> Krammer						x	x		x		
158.	PiSbc	<i>Pinnularia subcapitata</i> var. <i>subcapitata</i> W. Gregory					x	x	x	x	x	x	x
159.	PiSgu	<i>Pinnularia subgibba</i> var. <i>undulata</i> Krammer				x							
160.	PiSur	<i>Pinnularia subrupestris</i> Krammer						x	x		x	x	
161.	PiSbm	<i>Pinnularia sudetica</i> Hilse					x		x				
162.	PiVir	<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg		x	x	x	x	x		x	x		
163.	PlnCl	<i>Placoneis clementioides</i> (Hustedt) E. J. Cox	x	x									
164.	PlnIg	<i>Placoneis ignorata</i> (Schimanski) Lange-Bertalot				x							
165.	PltDu	<i>Planothidium dubium</i> (Grunow) Round & Bukhtiyarova		x	x	x		x	x	x	x		
166.	PltFr	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	x	x	x	x	x		x	x		x	
167.	PltLa	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
168.	PlsOb	<i>Platessa oblongella</i> (Østrup) C. E. Wetzel, Lange-Bertalot & Ector	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
169.	PstBi	<i>Psammothidium bioretii</i> (H.Germain) Bukhtiyarova & Round	x			x	x	x	x	x	x		x
170.	PstDa	<i>Psammothidium daonense</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot										x	
171.	PstSu	<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round				x							
172.	PssPa	<i>Pseudostaurosira parasitica</i> var. <i>parasitica</i> (W. Smith) E. Morales				x	x			x			
173.	PssPs	<i>Pseudostaurosira parasitica</i> var. <i>subconstricta</i> (Grunow) E. Morales		x	x	x					x		x
174.	PssRo	<i>Pseudostaurosira robusta</i> (Fusey) D. M. Williams & Round				x							

**Příloha I – Tab. 10 – pokračování:**

	zkratka	název taxonu	Lysečinský potok				Labe				Mumlava		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
175.	ReiSi	<i>Reimeria sinuata</i> (W. Gregory) Kociolek & Stoermer		x	x	x			x	x		x	
176.	RhsAb	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot	x	x	x	x		x	x			x	
177.	RosPus	<i>Rossithidium pusillum</i> (Grunow) Round & Bukhtiyarova				x							x
178.	SepBa	<i>Sellaphora bacillum</i> (Ehrenberg) D. G. Mann				x					x		x
179.	SepLa	<i>Sellaphora laevisissima</i> (Kützing) D. G. Mann		x									
180.	StnAc	<i>Stauroneis acuta</i> W. Smith				x							
181.	StnGr	<i>Stauroneis gracilis</i> Ehrenberg			x			x					
182.	StnSi	<i>Stauroneis silvahassiaca</i> Lange-Bertalot & Werum		x			x	x	x				x
183.	StnSm	<i>Stauroneis smithii</i> Grunow											x
184.	StlIn	<i>Stauronella indubitabilis</i> Lange-Bertalot & S. I. Genkal											x
185.	StsVe	<i>Staurosira venter</i> (Ehrenberg) Cleve & J. D. Möller				x							
186.	StlLe	<i>Staurosirella leptostauron</i> (Ehrenberg) D. M. Williams & Round				x							
187.	StlPi	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) D. M. Williams & Round				x							
188.	StdNa	<i>Stephanodiscus neoastraea</i> Håkansson & Hickel	x	x	x	x	x	x			x		
189.	SuAng	<i>Surirella angusta</i> Kützing					x	x		x	x	x	x
190.	SuBif	<i>Surirella bifrons</i> (Ehrenberg) Ehrenberg										x	
191.	SuBre	<i>Surirella brebissonii</i> Krammer & Lange-Bertalot	x			x							x
192.	SuMin	<i>Surirella minuta</i> Brébisson ex Kützing				x							
193.	SuRob	<i>Surirella roba</i> Leclercq				x	x	x	x	x	x	x	x
194.	TabFl	<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing					x	x	x	x	x	x	x
195.	TabVe	<i>Tabellaria ventricosa</i> Kützing					x				x		
196.	TrnAn	<i>Tryblionella angustata</i> W. Smith			x	x							
197.	UlnUl	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x

**Příloha I – Tab. 10 – pokračování:**

Chlorophyta <i>sensu lato</i>													
			Lysečinský potok				Labe				Mumlava		
	zkratka	název taxonu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
198.	AcCuc	<i>Actinotaenium cucurbita</i> (Brébisson ex Ralfs) Teiling					x	x			x	x	x
199.	ClaGm	<i>Cladophora glomerata</i> (Linnaeus) Kützing				x							
200.	ClDia	<i>Closterium diana</i> Ehrenberg ex Ralfs									x		
201.	ClRos	<i>Closterium rostratum</i> Ehrenberg ex Ralfs									x		
202.	ClStg	<i>Closterium strigosum</i> Brébisson					x	x	x	x	x	x	x
203.	ClTum	<i>Closterium tumidum</i> L. N. Johnson			x		x		x		x		
204.	CoDe	<i>Cosmarium depressum</i> (Nägeli) P. Lundell						x			x		
205.	CoFor	<i>Cosmarium formosulum</i> Hoff					x	x			x		
206.	CoRen	<i>Cosmarium reniforme</i> var. <i>reniforme</i> (Ralfs) W. Archer									x		
207.	CoSut	<i>Cosmarium subspeciosum</i> var. <i>transiens</i> Messikommer						x	x	x			x
208.	CctBr	<i>Cylindrocystis brebissonii</i> (Ralfs) De Bary			x		x	x			x	x	
209.	CctGr	<i>Cylindrocystis gracilis</i> I. Hirn					x				x	x	x
210.	DedOp	<i>Desmodesmus opoliensis</i> (P. G. Richter) E. Hegewald							x		x		
211.	Gct	<i>Gloeocystis</i> sp.		x			x	x			x		
212.	Cnm	<i>Chlamydomonas</i> sp.	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
213.	Klh	<i>Klebsormidium</i> sp.					x	x	x		x	x	x
214.	MorAr	<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korshikov) Hindák					x			x	x	x	
215.	Mo	<i>Mougeotia</i> sp.					x		x		x	x	x
216.	NeObl	<i>Netrium oblongum</i> (De Bary) Lütkemüller									x		
217.	Og	<i>Oedogonium</i> sp.	x	x		x	x	x	x	x	x	x	
218.	PslCr	<i>Prasiola crispa</i> (Lightfoot) Kützing										x	
219.	ScAcl	<i>Scenedesmus aculeolatus</i> Reinsch					x	x	x	x			
220.	StPun	<i>Staurastrum punctulatum</i> Brébisson					x	x		x	x	x	x
221.	StSba	<i>Staurastrum subavicula</i> (West) West & G. S. West						x					

**Příloha I – Tab. 10 – pokračování:**

	zkratka	název taxonu	Lysečinský potok				Labe				Mumlava		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
222.	StgNa	<i>Stigeoclonium nanum</i> (Dillwyn) Kützing					x						
223.	StgTe	<i>Stigeoclonium tenue</i> (C. Agardh) Kützing							x				
224.	UloZo	<i>Ulothrix zonata</i> (F. Weber & Mohr) Kützing				x	x	x	x		x	x	
<b>Cyanobacteria</b>													
225.	Apc	<i>Aphanocapsa</i> sp.				x					x	x	x
226.	Dol	<i>Dolichospermum</i> sp.	x		x	x							
227.	Glc	<i>Gloeocapsa</i> sp.	x		x	x	x	x		x			x
228.	CmsAm	<i>Chamaesiphon amethystinus</i> (Rostafinski) Lemmermann						x					
229.	CmsPn	<i>Chamaesiphon polonicus</i> (Rostafinski) Hansgirg						x					
230.	MioAu	<i>Microcoleus autumnalis</i> (Gomont) Struncky, Komárek & J. R. Johansen	x	x							x	x	x
231.	Mct	<i>Microcystis</i> sp.	x		x	x		x			x		
232.	NoCal	<i>Nostoc calcicola</i> Brébisson ex Bornet & Flahault			x	x							
233.	OsLis	<i>Oscillatoria limosa</i> C. Agardh ex Gomont	x		x	x		x	x	x		x	x
234.	OsTen	<i>Oscillatoria tenuis</i> C. Agardh ex Gomont					x	x		x			
235.	Ph	<i>Phormidium</i> sp.	x		x	x	x	x	x	x		x	x
236.	PhAmo	<i>Phormidium amoenum</i> Kützing ex Anagnostidis & Komárek	x	x				x		x	x	x	x
237.	PhSta	<i>Phormidium stagninum</i> C. B. Rao					x		x		x		
238.	PhTef	<i>Phormidium terebriforme</i> (C. Agardh ex Gomont) Anagnostidis & Komárek	x	x		x							
239.	Pan	<i>Pseudanabaena</i> sp.						x					
240.	RivHa	<i>Rivularia haematites</i> C. Agardh ex Bornet & Flahault				x							
241.	SnCri	<i>Scytonema crispum</i> Bornet ex De Toni						x		x		x	
242.	Sh	<i>Schizothrix</i> sp.							x				x
243.	ShCal	<i>Schizothrix calcicola</i> Gomont				x							
244.	TapJa	<i>Tapinothrix janthina</i> (Bornet & Flahault) Bohunická & J. R. Johansen	x					x	x				

**Příloha I – Tab. 10 – pokračování:**

<b>Rhodophyta</b>															
245.	AudPy	<i>Audouinella pygmaea</i> (Kützing) Weber Bosse			x					x	x	x		x	x
246.	BaTur	<i>Batrachospermum turfosum</i> Bory						x							
247.	LemFl	<i>Lemanea fluviatilis</i> (Linnaeus) C. Agardh								x					
<b>Chrysophyceae</b>															
248.	HyuFo	<i>Hydrurus foetidus</i> (Villars) Trevisan						x		x	x			x	x
249.	Mm	<i>Mallomonas</i> sp.								x					
<b>Euglenophyta</b>															
250.	LeAcu	<i>Lepocinclis acus</i> (O. F. Müller) B. Marin & Melkonian												x	
251.	TrVc	<i>Trachelomonas volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg					x								
<b>Xanthophyceae</b>															
252.	TrnMn	<i>Tribonema minus</i> (Wille) Hazen					x								
253.	TrnRe	<i>Tribonema regulare</i> Pascher						x						x	x
<b>Cryptophyta</b>															
254.	CrmOv	<i>Cryptomonas ovata</i> Ehrenberg					x	x							



**Příloha II – Tab. 11 – Naměřené hodnoty parametrů vody v Lysečinském potoce, Labi a Mumlavě v období od října 2019 do října 2020:**

	Lysečinský potok				Labe				Mumlava			
Datum odběru	17.10.2019	17.10.2019	17.10.2019	17.10.2019	17.10.2019	17.10.2019	17.10.2019	17.10.2019	30.10.2019	30.10.2019	30.10.2019	
Místo odběru	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Teplota (°C)	-	7,5	7,6	7,7	7,5	8,2	8,2	8,4	2,9	3,8	4,6	
pH	-	7,7	7,9	7,9	6,7	6,8	6,8	7,0	6,7	6,6	6,7	
O <sub>2</sub> (mg.l-1)	-	11,5	11,4	11,5	11,6	11,5	11,5	11,7	13,4	13,2	13,1	
O <sub>2</sub> (%)	-	95,6	95,7	96,2	96,4	97,9	97,9	99,5	98,9	100,0	101,3	
Konduktivita (μS.m-1)	-	15,5	24,5	24,2	2,0	2,4	3,3	4,3	2,5	4,1	10,5	
Datum odběru	23.04.2020	23.04.2020	23.04.2020	23.04.2020	23.04.2020	22.04.2020	22.04.2020	22.04.2020	22.04.2020	22.04.2020	22.04.2020	
Místo odběru	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Teplota (°C)	5,9	7,5	7,6	6,4	2,9	4,1	4,3	5,6	2,0	3,0	3,1	
pH	8,1	8,0	8,2	8,2	6,1	6,7	6,9	7,1	5,2	6,0	6,5	
O <sub>2</sub> (mg.l-1)	12,3	12,3	12,1	12,6	14,0	13,6	13,5	13,3	14,3	14,3	14,1	
O <sub>2</sub> (%)	101,0	105,3	104,1	104,6	106,6	106,6	106,8	108,4	105,7	108,8	107,8	
Konduktivita (μS.m-1)	13,8	11,4	20,1	19,7	1,5	1,7	2,4	2,9	1,6	2,0	4,0	
Datum odběru	29.07.2020	29.07.2020	29.07.2020	29.07.2020	29.07.2020	29.07.2020	29.07.2020	29.07.2020	30.07.2020	30.07.2020	30.07.2020	
Místo odběru	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Teplota (°C)	8,6	10,9	10,9	11,9	11,8	12,5	12,6	13,4	10,8	13,2	12,2	
pH	7,9	7,8	8,1	8,0	7,6	6,9	7,1	7,4	7,2	6,9	7,0	
O <sub>2</sub> (mg.l-1)	11,2	11,1	11,0	10,7	10,6	10,3	10,8	10,8	11,0	10,7	10,8	
O <sub>2</sub> (%)	98,9	102,7	101,9	101,2	100,3	99,1	104,4	106,4	102,1	104,9	102,9	
Konduktivita (μS.m-1)	14,2	13,9	23,3	23,2	2,5	3,5	4,5	5,9	2,7	4,1	10,5	
Datum odběru	17.10.2020	17.10.2020	17.10.2020	17.10.2020	27.10.2020	27.10.2020	27.10.2020	27.10.2020	15.10.2020	15.10.2020	15.10.2020	
Místo odběru	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Teplota (°C)	5,1	6,1	6,7	6,7	6,0	6,3	6,5	7,3	5,7	6,5	6,8	
pH	7,7	7,7	8,0	7,9	6,2	6,3	6,5	6,8	4,7	5,7	5,7	
O <sub>2</sub> (mg.l-1)	12,3	12,3	12,2	12,1	12,4	12,5	12,5	12,3	12,5	12,7	12,3	
O <sub>2</sub> (%)	99,5	102,1	102,3	102,0	101,8	103,8	104,3	105,3	102,4	106,0	103,7	
Konduktivita (μS.m-1)	10,8	10,3	19,1	19,7	1,7	2,0	2,5	2,9	1,8	2,2	2,7	

**Příloha III – Tab. 12 – Hodnoty 6 typů rozsivkových indexů vypočtené programem OMNIDIA:**

	Lysečinský potok				Labe				Mumlava			
Datum odběru	17.10.2019	17.10.2019	17.10.2019	17.10.2019	17.10.2019	17.10.2019	17.10.2019	17.10.2019	30.10.2019	30.10.2019	30.10.2019	
Místo odběru	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
GDI	3,76	3,56	3,54	3,70	4,32	4,03	4,16	3,80	4,36	4,18	3,93	
SLA	1,20	1,33	1,30	1,35	0,71	1,10	1,08	1,34	0,65	0,88	1,40	
SPI	16,70	16,20	15,40	15,50	18,80	16,70	18,00	16,10	19,20	17,80	16,60	
BDI 2014	17,10	15,20	16,00	15,90	20,00	17,70	19,20	17,00	20,00	19,40	17,40	
TID	2,52	2,98	2,79	2,66	1,26	2,37	2,03	2,54	1,11	1,75	2,19	
TDI	47,33	71,01	63,13	49,55	22,18	39,73	36,18	46,69	21,32	31,97	42,98	
Datum odběru	23.04.2020	23.04.2020	23.04.2020	23.04.2020	23.04.2020	22.04.2020	22.04.2020	22.04.2020	22.04.2020	22.04.2020	22.04.2020	
Místo odběru	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
GDI	4,07	3,55	3,65	3,20	4,36	4,16	4,45	3,95	4,58	4,03	4,19	
SLA	1,02	1,21	1,29	1,78	0,55	0,63	0,93	1,12	0,52	0,76	0,91	
SPI	16,90	14,70	14,60	12,20	18,30	19,00	18,70	16,90	19,40	16,60	17,70	
BDI 2014	16,80	13,50	14,50	12,60	20,00	20,00	19,60	17,30	20,00	19,60	18,80	
TID	2,48	3,17	3,05	3,03	1,60	1,94	1,63	2,32	1,17	2,35	2,28	
TDI	38,72	54,23	55,00	55,02	19,91	23,72	34,24	43,74	18,63	27,85	31,01	
Datum odběru	29.07.2020	29.07.2020	29.07.2020	29.07.2020	29.07.2020	29.07.2020	29.07.2020	29.07.2020	30.07.2020	30.07.2020	30.07.2020	
Místo odběru	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
GDI	3,74	3,56	3,85	3,73	4,36	4,19	4,34	4,04	3,99	4,15	3,69	
SLA	1,26	1,24	1,10	1,21	0,51	0,72	0,60	0,84	0,94	0,66	1,70	
SPI	17,00	14,90	16,80	15,70	19,30	19,30	18,50	16,80	16,90	18,20	15,70	
BDI 2014	15,70	14,70	15,90	15,30	20,00	20,00	19,90	18,60	20,00	20,00	18,90	
TID	3,00	3,05	2,86	2,91	1,26	1,40	1,83	2,11	1,69	1,92	2,24	
TDI	51,30	53,82	54,14	51,22	22,34	21,86	30,36	37,91	29,69	27,56	44,13	
Datum odběru	17.10.2020	17.10.2020	17.10.2020	17.10.2020	27.10.2020	27.10.2020	27.10.2020	27.10.2020	15.10.2020	15.10.2020	15.10.2020	
Místo odběru	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
GDI	4,02	3,47	3,64	3,62	4,47	4,23	4,39	3,95	4,56	4,35	4,24	
SLA	0,62	1,31	1,53	1,28	0,47	0,60	0,49	1,12	0,44	0,58	0,77	
SPI	18,30	16,00	15,40	15,00	19,10	18,30	18,70	16,80	19,40	19,00	17,90	
BDI 2014	18,00	16,30	16,30	15,40	20,00	20,00	20,00	17,70	20,00	20,00	20,00	
TID	2,52	2,72	2,77	2,79	1,35	1,61	1,77	2,26	1,04	1,39	2,22	
TDI	31,13	61,93	55,46	60,02	20,69	22,19	23,98	46,77	16,13	19,88	24,76	

**Příloha IV – Fotodokumentace vybraných druhů rozsivek ze SEM:**

**Tabule I** – Rozsivky bez raphe:

**1** – *Fragilaria recapitellata* Lange-Bertalot & Metzeltin

**2** – *Fragilaria vaucheriae* (Kützing) J. B. Petersen

**3** – *Hannaea arcus* (Ehrenberg) R. M. Patrick

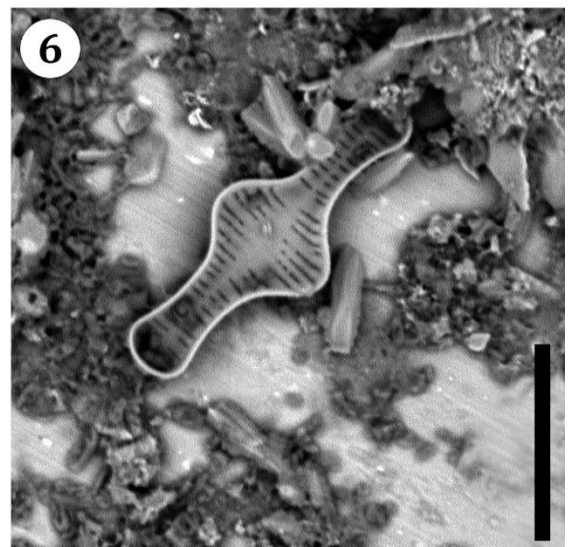
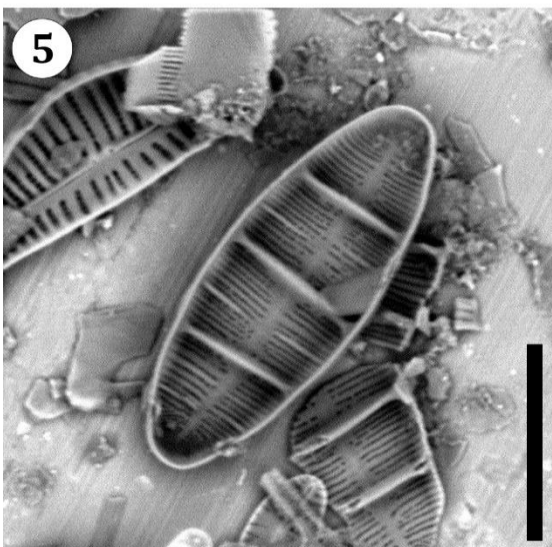
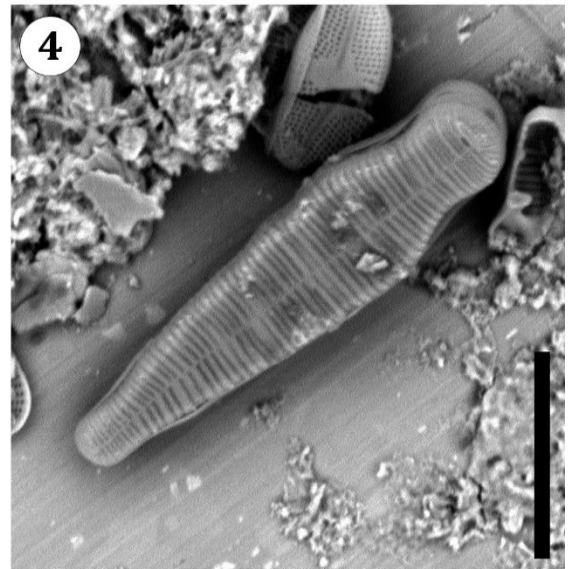
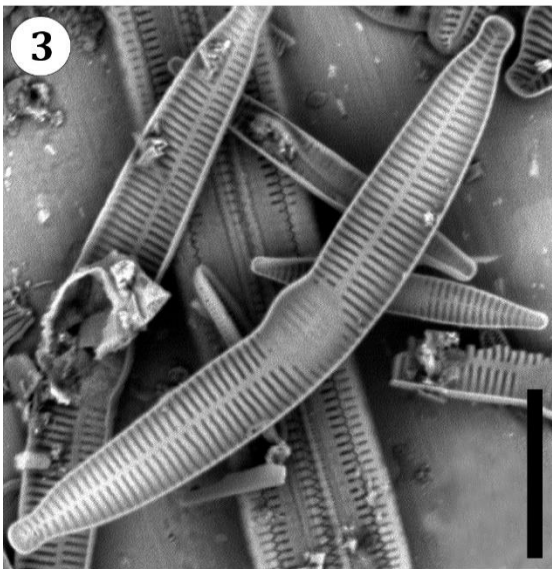
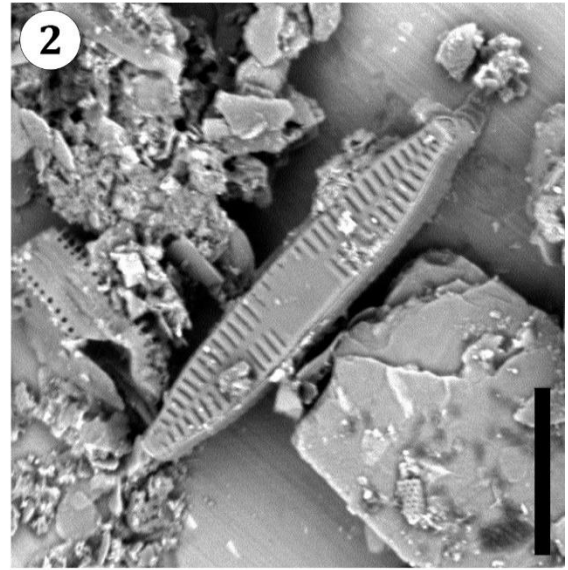
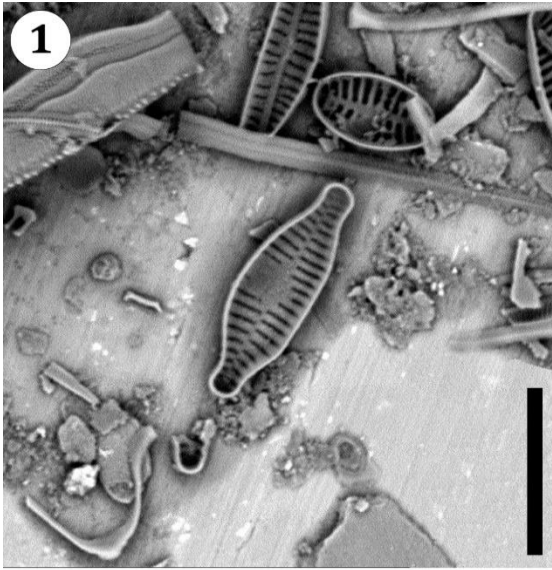
**4** – *Meridion constrictum* Ralfs

**5** – *Odontidium mesodon* (Kützing) Kützing

**6** – *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing

Délka úsečky 10 µm

**Tabule I** – Rozsivky bez raphe:



**Tabule II** – Rozsivky bez raphe a s raphe na jedné valvě:

**1** – *Fragilariforma virescens* (Ralfs) D. M. Williams & Round

**2** – řetízkovitá kolonie *Pseudostaurosira* cf. *robusta* (Fusey) D. M. Williams & Round

**3** – *Achnantheidium minutissimum* (Kützing) Czarnecki

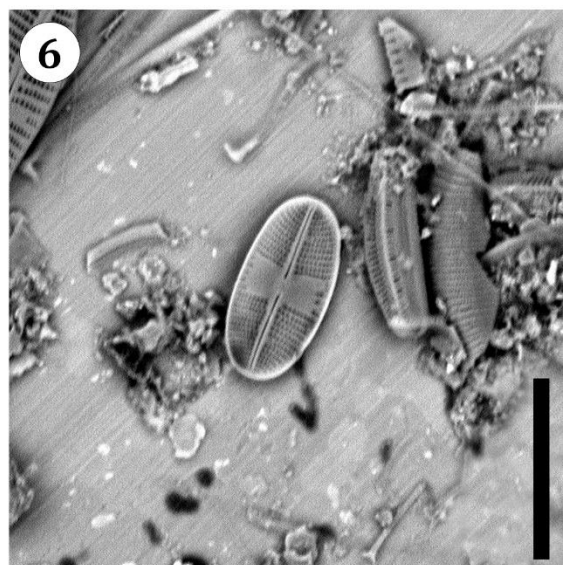
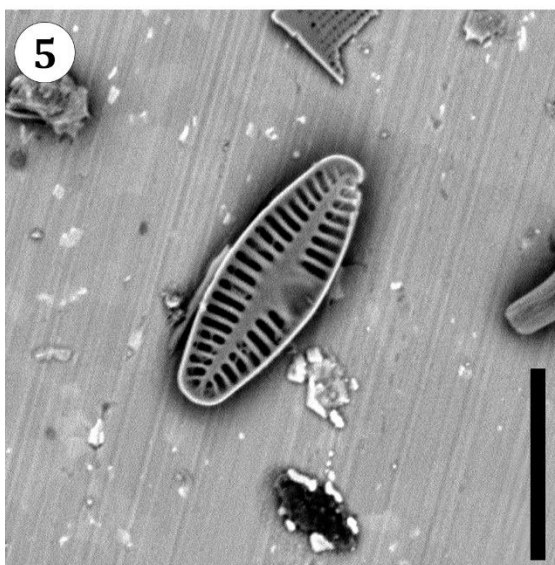
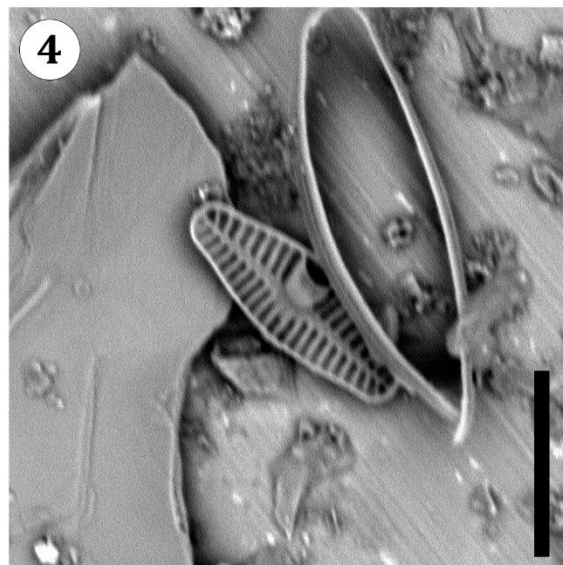
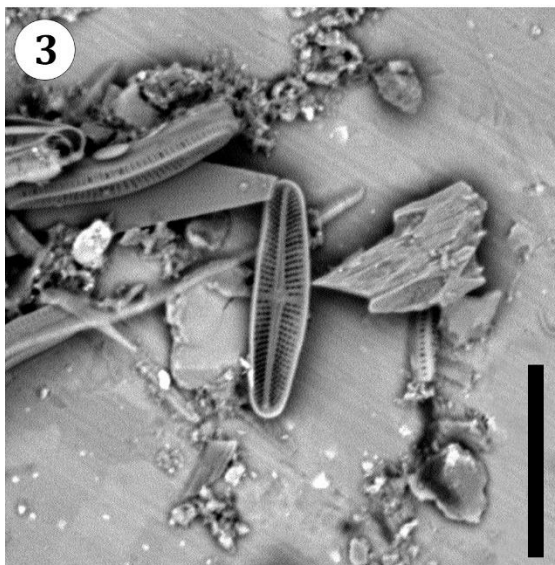
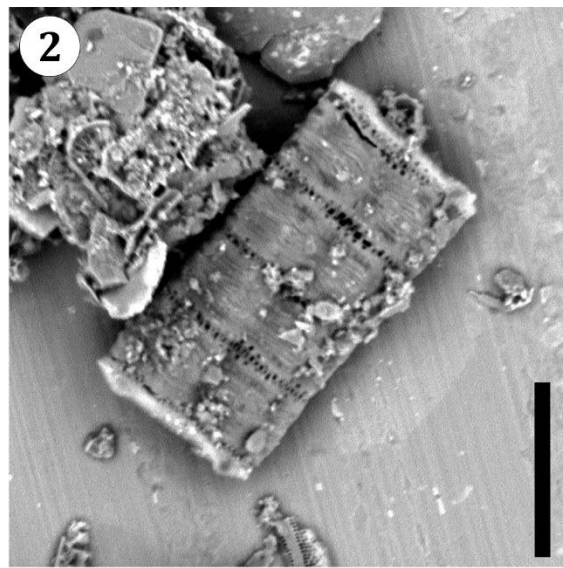
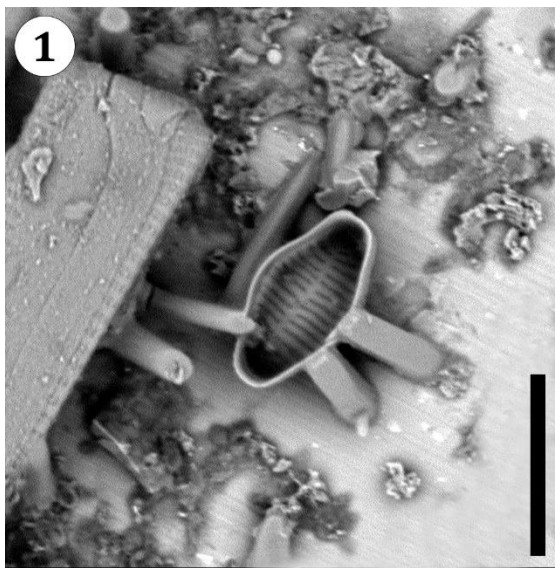
**4** – *Planothidium frequentissimum* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot

**5** – *Planothidium lanceolatum* (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot

**6** – *Platessa oblongella* (Østrup) C. E. Wetzel, Lange-Bertalot & Ector

Délka úsečky 10 µm

**Tabule II** – Rozsivky bez raphe (1-2) a s raphe na jedné valvě (3-6):



**Tabule III** – Rozsivky symetrické s raphe na obou valvách:

**1** – *Frustulia vulgaris* (Thwaites) De Toni

**2** – *Navicula gregaria* Donkin

**3** – *Navicula lanceolata* (C. Agardh) Ehrenberg

**4** – *Navicula rhynchocephala* Kützing

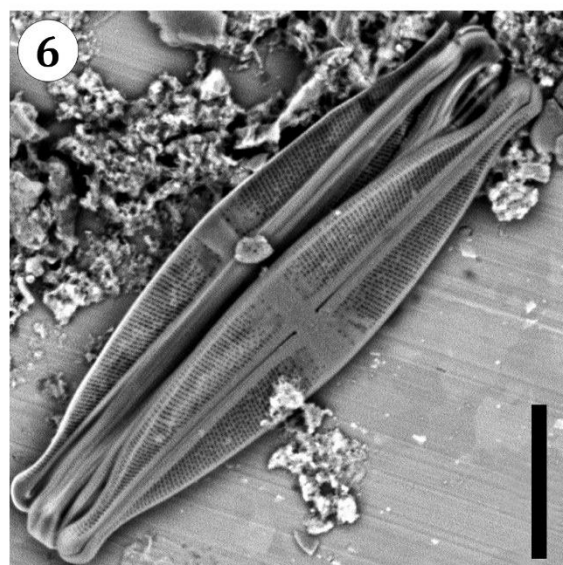
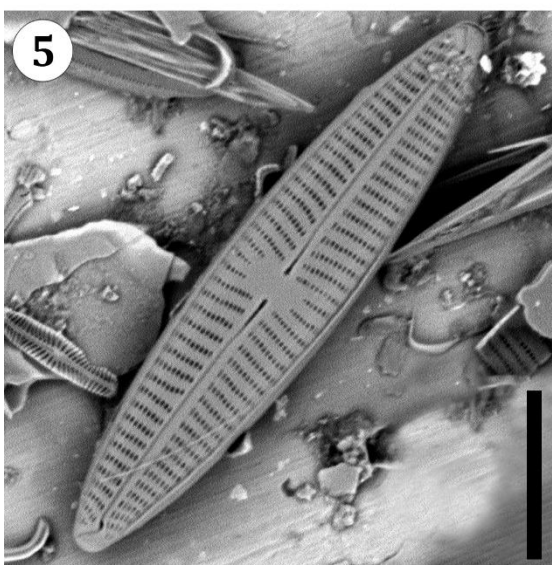
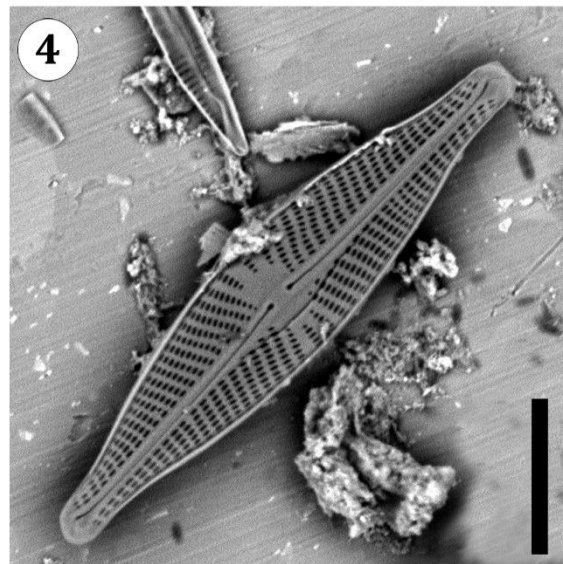
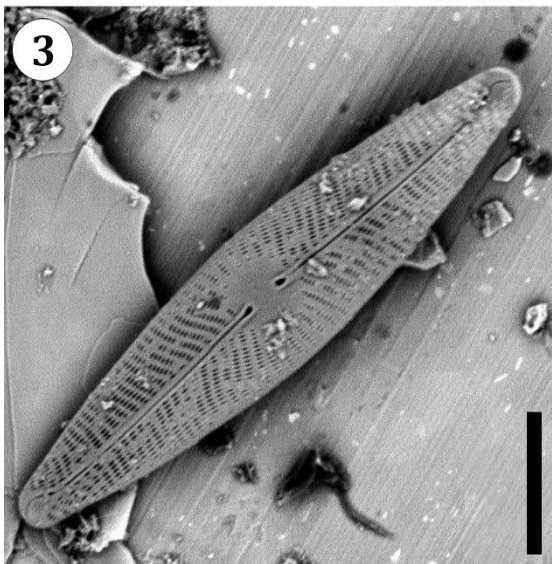
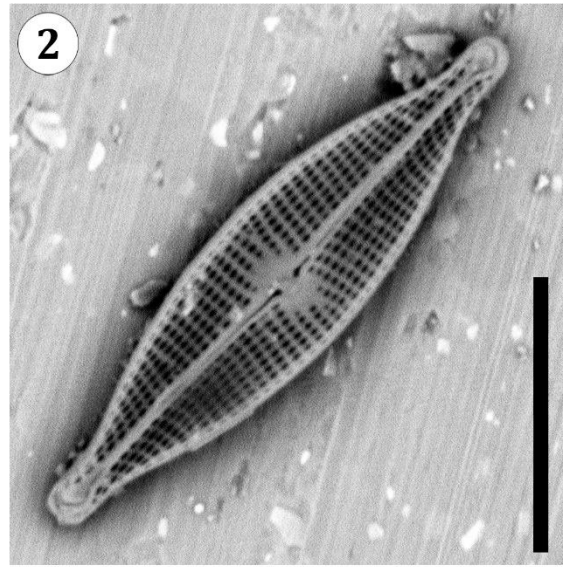
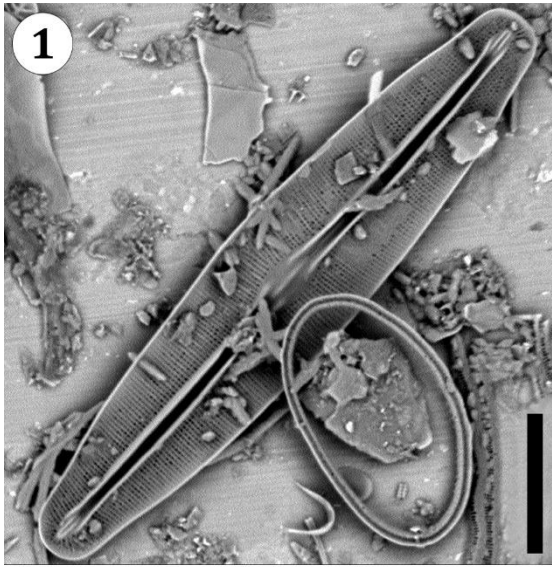
**5** – *Navicula tripunctata* (O. F. Müller) Bory

**6** – *Stauroneis silvahassiaca* Lange-Bertalot & Werum

Délka úsečky 10  $\mu\text{m}$



**Tabule III** – Rozsivky symetrické s raphe na obou valvách:





**Tabule IV** – Rozsivky asymetrické s raphe na obou valvách:

**1** – *Amphora pediculus* (Kützing) Grunow ex A. W. F. Schmidt

**2** – *Cymbopleura naviculiformis* (Auerswald ex Heiberg) Krammer

**3** – *Encyonema minutum* (Hilse) D. G. Mann

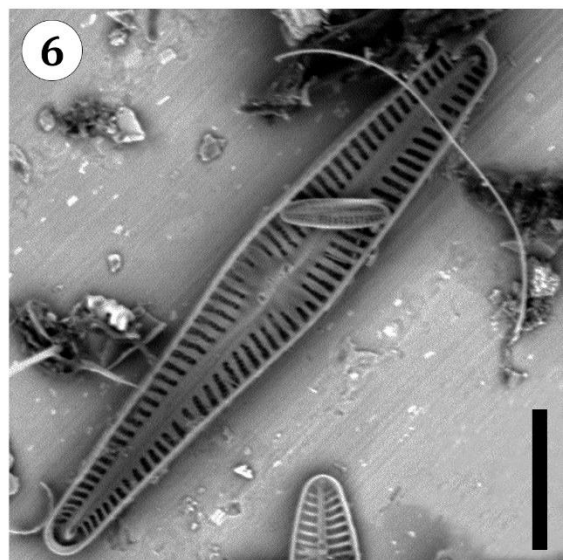
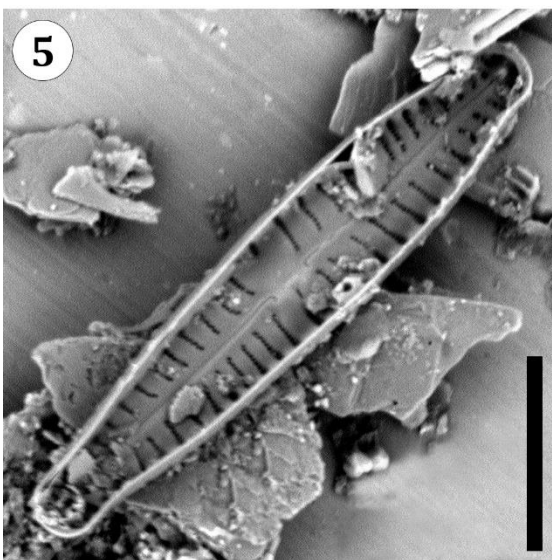
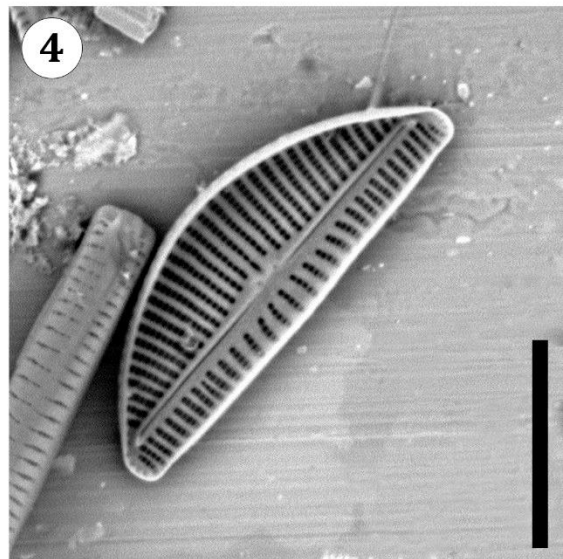
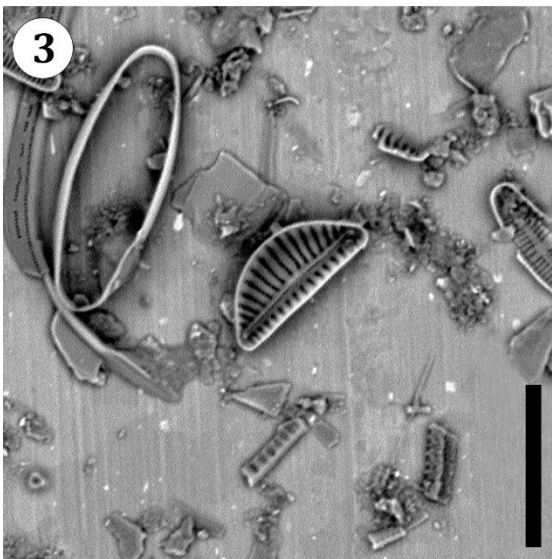
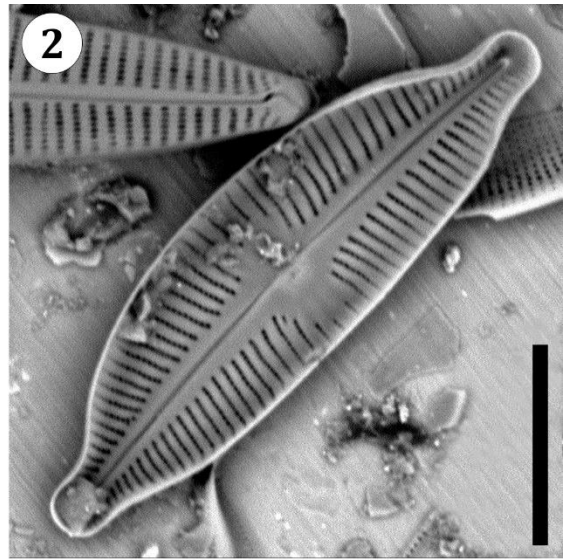
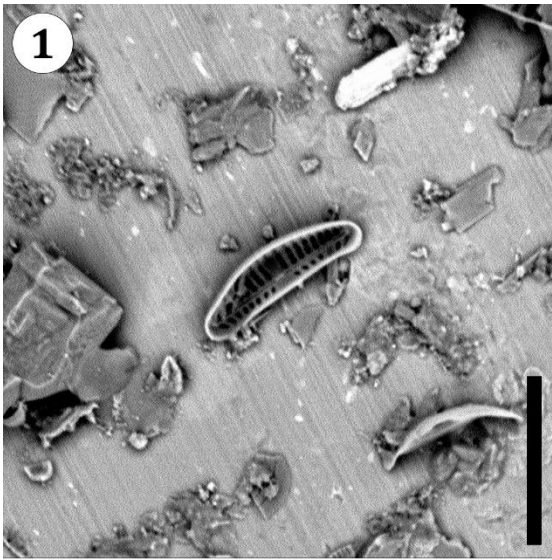
**4** – *Encyonema silesiacum* (Bleisch) D. G. Mann

**5** – *Gomphonema sarcophagus* W. Gregory

**6** – *Gomphonema subclavatum* (Grunow) Grunow

Délka úsečky 10  $\mu\text{m}$

**Tabule IV** – Rozsivky asymetrické s raphe na obou valvách:



**Tabule V** – Rozsivky s kanálkovou raphe; *Eunotia*:

**1** – *Nitzschia dissipata* ssp. *dissipata* (Kützing) Grunow

**2** – *Nitzschia frustulum* (Kützing) Grunow

**3** – *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith

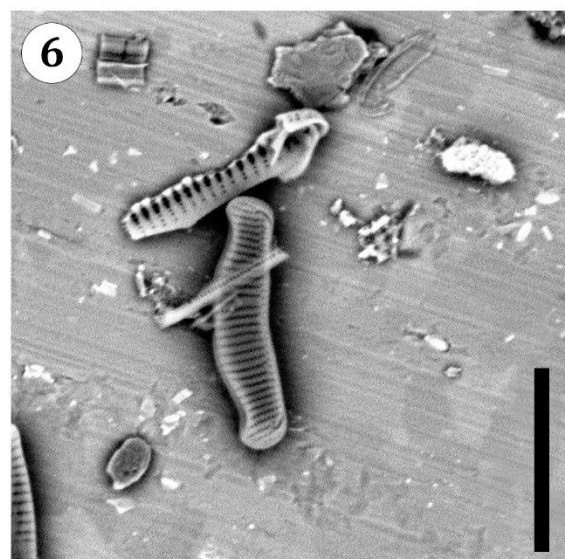
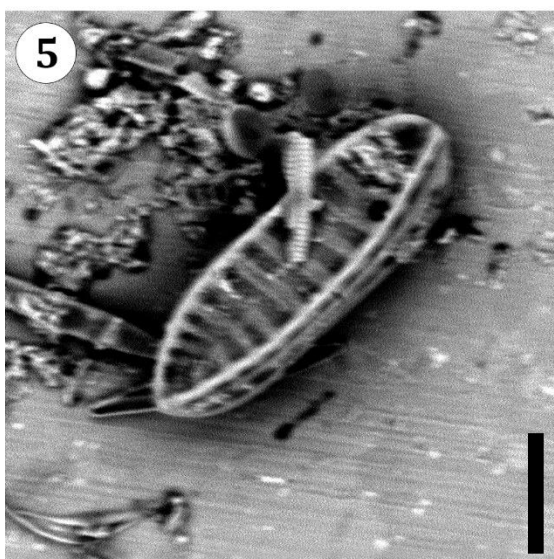
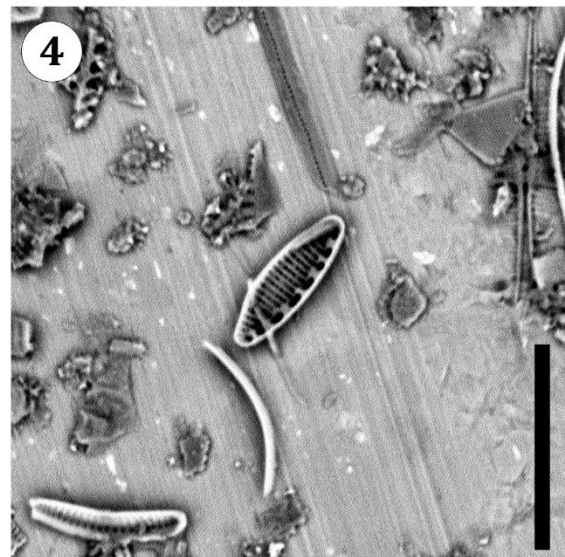
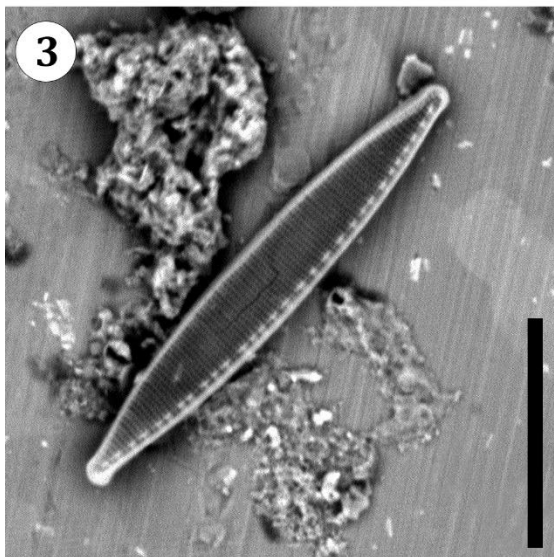
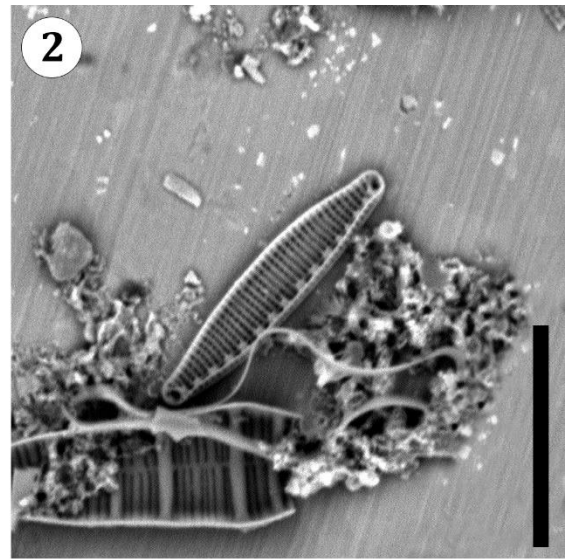
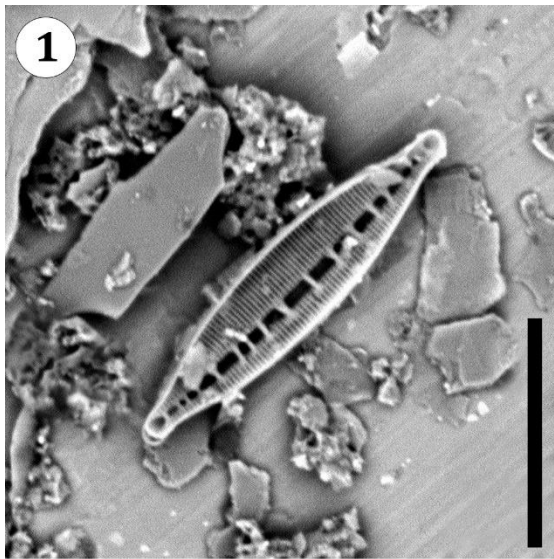
**4** – *Nitzschia soratensis* E. A. Morales & M. L. Vis

**5** – *Surirella roba* Leclercq

**6** – *Eunotia exigua* (Brébisson ex Kützing)

Délka úsečky 10  $\mu\text{m}$

**Tabule V** – Rozsivky s kanálikovou raphe (1-5); *Eunotia* (6):



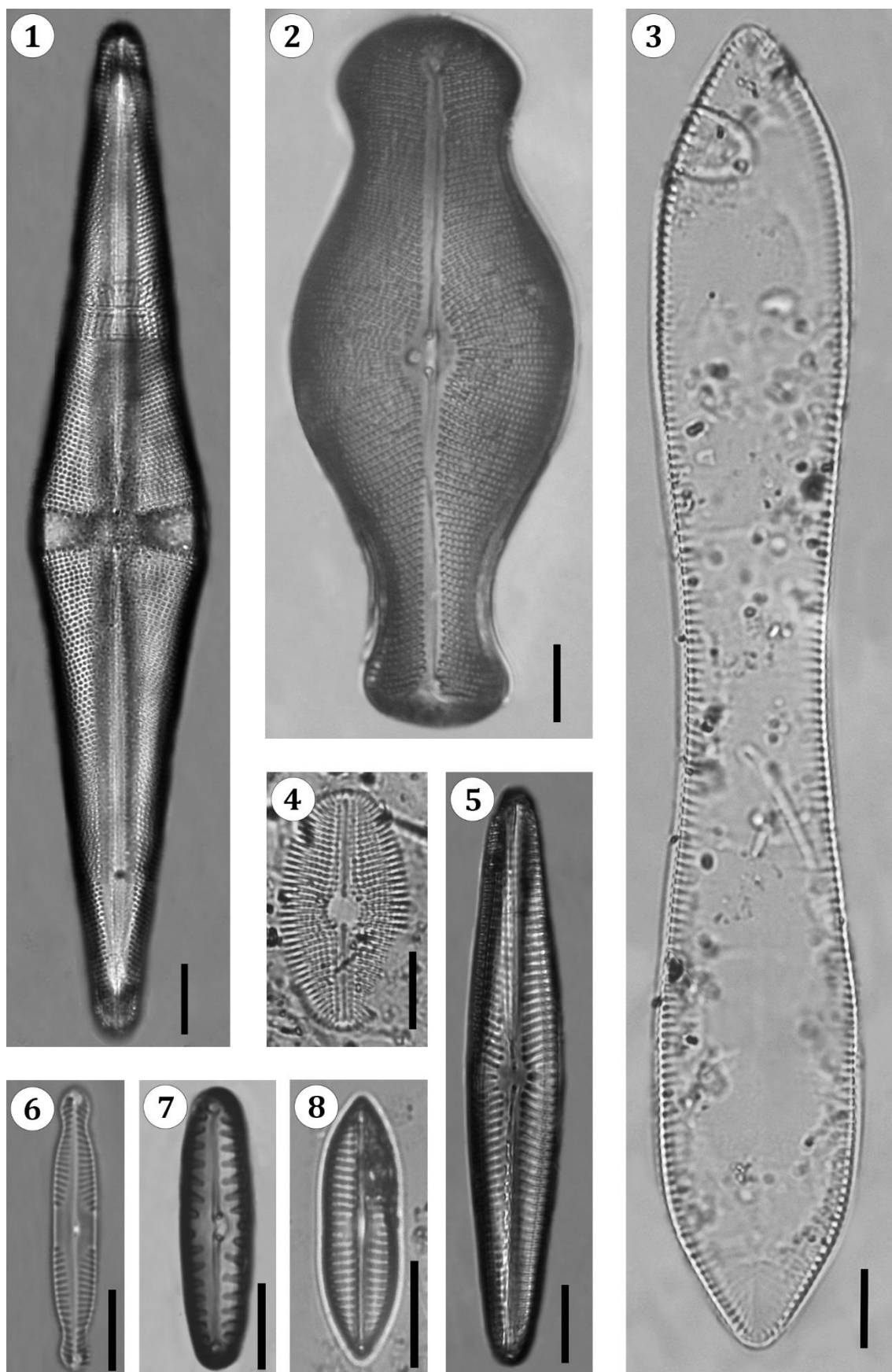
**Příloha V – Fotografie vybraných druhů řas a sinic ze světelného mikroskopu:**

**Tabule VI – Rozsivky s raphe na obou valvách, *Cymatopleura***

- 1 – *Stauroneis acuta* W. Smith
- 2 – *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt
- 3 – *Cymatopleura solea* var. *solea* (Brébisson) W. Smith
- 4 – *Diploneis krammeri* Lange-Bertalot & Reichardt
- 5 – *Navicula striolata* (Grunow) Lange-Bertalot
- 6 – *Pinnularia subcapitata* var. *subcapitata* W. Gregory
- 7 – *Pinnularia borealis* Ehrenberg
- 8 – *Mastogloia grevillei* W. Smith

Délka úsečky 10 µm

**Tabule VI** – Rozsivky s raphe na obou valvách, *Cymatopleura* (3):



**Tabule VII** – Ruduchy, zelené řasy, zlativky, sinice

**1** – *Batrachospermum turfosum* Bory

**2** – *Closterium rostratum* Ehrenberg ex Ralfs

**3** – *Cosmarium reniforme* var. *reniforme* (Ralfs) W. Archer

**4** – *Mougeotia* sp.

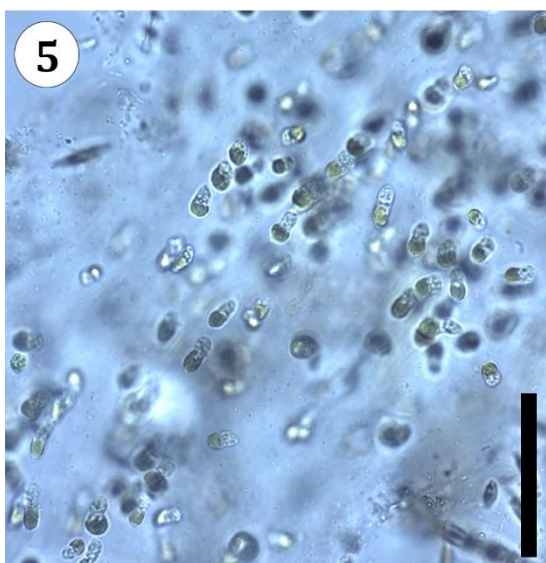
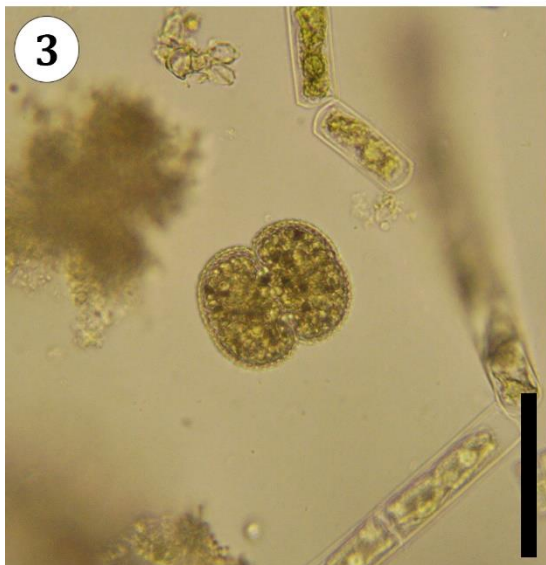
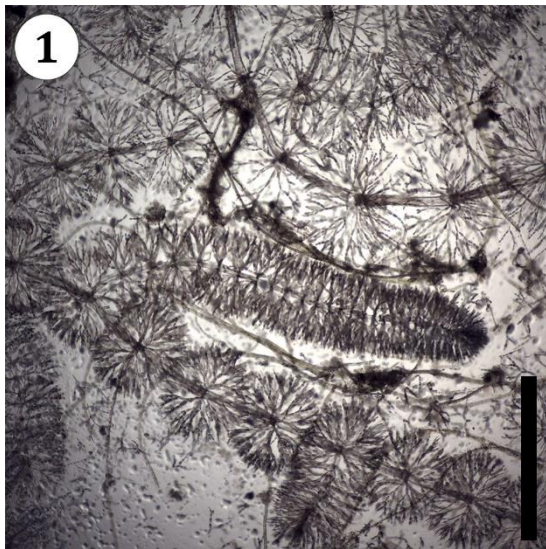
**5** – *Hydrurus foetidus* (Villars) Trevisan

**6** – *Chamaesiphon amethystinus* (Rostafinski) Lemmermann rostoucí epifyticky na *Scytonema crispum* Bornet ex De Toni

Délka úsečky 500  $\mu\text{m}$  (**1**); 70  $\mu\text{m}$  (**2**); 50  $\mu\text{m}$  (**3-6**)



**Tabule VII** – Ruduchy (1), zelené řasy (2-4), zlativky (5), sinice (6):





**Příloha VI – Fotodokumentace jednotlivých odběrových profilů z října 2019:**



**Obr. 7 – Fotodokumentace odběrových profilů v Lysečinském potoce ze dne 17. 10. 2019: 1 – Nad vodopádem, 2 – Pod lesem; (foto: autorka)**



**Příloha VI – pokračování:**



**Obr. 8** – Fotodokumentace odběrových profilů v Lysečinském potoce ze dne 17. 10. 2019: **3** – Nad nádrží, **4** – Horní Maršov; (foto: autorka)



**Příloha VI – pokračování:**



**Obr. 9 – Fotodokumentace odběrových míst v řece Labi ze dne 17. 10. 2019: 5 – Nad soutokem s Medvědí potokem, 6 – Špindlerův Mlýn, Dívčí lávky; (foto: autorka)**



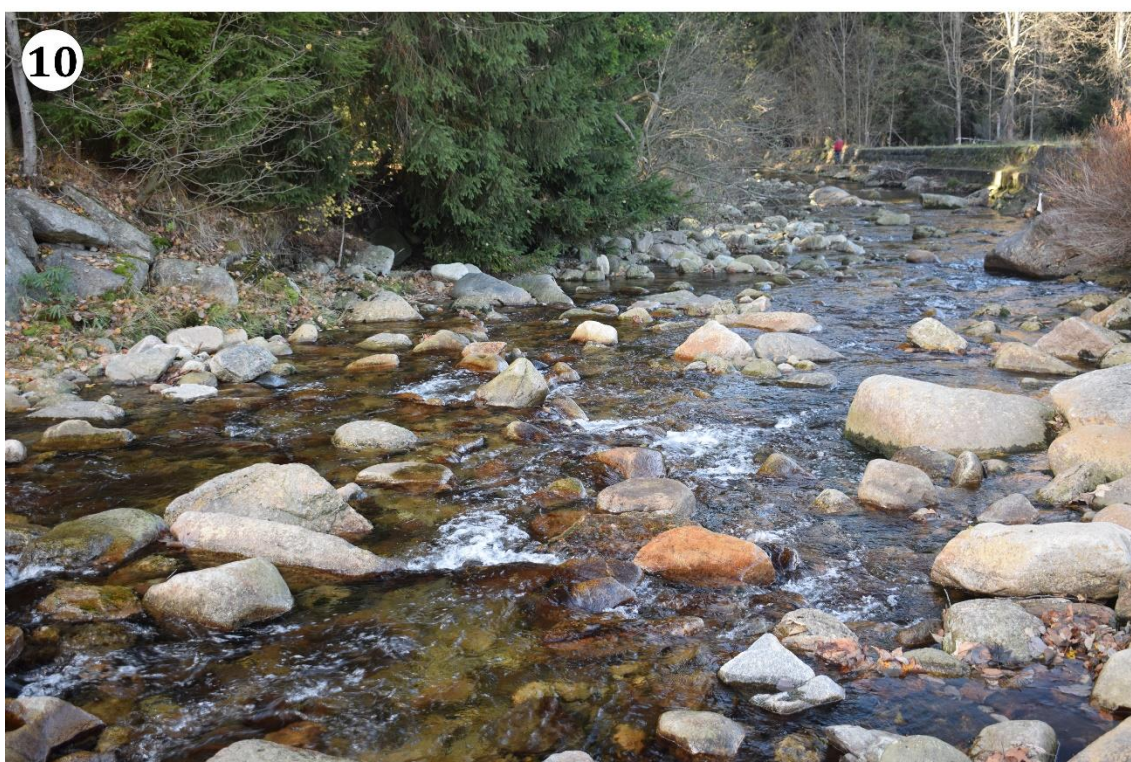
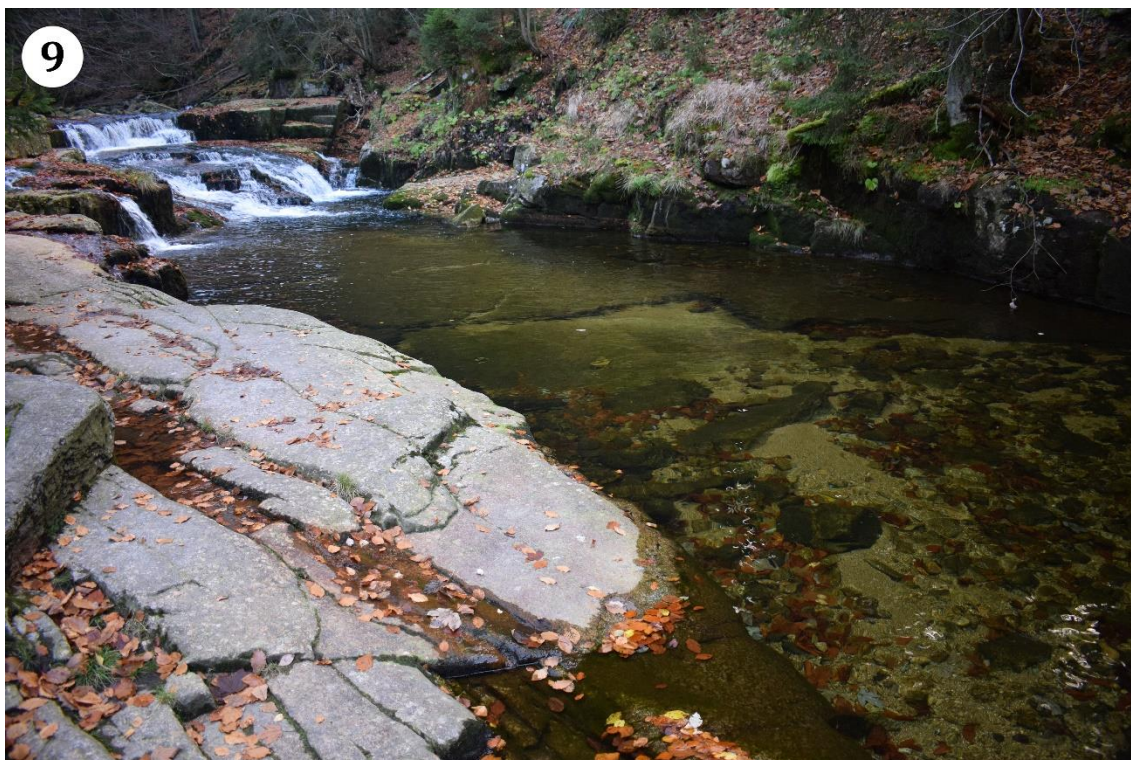
**Příloha VI – pokračování:**



**Obr. 10** – Fotodokumentace odběrových míst v řece Labi ze dne 17. 10. 2019: **7** – U sjezdovky Hromovka, **8** – Herlíkovice; (foto: autorka)



**Příloha VI – pokračování:**



**Obr. 11** – Fotodokumentace odběrových lokalit v řece Mumlavě ze dne 30. 10. 2019: **9** – Nad Mumlavským vodopádem, **10** – Harrachov; (foto: autorka)



**Příloha VI – pokračování:**



**Obr. 12 – Fotodokumentace odběrové lokality v řece Mumlavě ze dne 30. 10. 2019:  
11 – Polubný; 12 – detail epilithického nárostu mikrofyt; (foto: autorka)**